

## RINGKASAN

**Rian Irmansyah. 105040201111004. Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Karakteristik Retensi Hara pada Lahan Tanaman Kopi Robusta (*Coffea Canephora*) di Kecamatan Wagir Kabupaten Malang. Dibawah bimbingan Soemarno dan Sativandi Riza**

---

Kecamatan Wagir merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Malang yang juga mengembangkan tanaman kopi. Produk pertanian kopi yang sedang dikembangkan oleh warga Kecamatan Wagir adalah produk pertanian kopi robusta. Menurut petani kopi Kecamatan Wagir, kondisi pasar saat ini yang cenderung meminati produk pertanian kopi robusta. Kopi Robusta di Kecamatan Wagir memiliki kendala yaitu umur tanaman kopi sudah tua sehingga produktivitas tanaman kopi sangat menurun dan adanya peralihan komoditas tanaman kopi digantikan dengan tanaman cengkeh dan terjadinya degradasi lahan yang dapat menyebabkan turunnya karakteristik lahan.

Penelitian ini dilakukan untuk (1) Mengetahui karakteristik retensi hara tanah untuk tanaman kopi robusta di Kecamatan Wagir Kabupaten Malang, (2) Mengetahui hubungan karakteristik retensi hara tanah dengan produksi tanaman kopi robusta di Kecamatan Wagir Kabupaten Malang.

Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang. Penelitian dan pengambilan contoh tanah di lapangan dilaksanakan pada bulan September sampai dengan Oktober 2014, sedangkan analisis laboratorium dilaksanakan pada bulan Oktober sampai dengan Desember 2014, di laboratorium kimia tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Penelitian ini dilakukan dengan metode survei lapangan dan analisis laboratorium dengan tahapan sebagai berikut 1) Persiapan Penelitian, 2) Survei Lapangan (Operasional), 3) Analisis Laboratorium, 4) Analisis Data, 5) Analisis Statistika

Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) Tingkat Kesuburan Tanah pada Setiap SPL (Satuan Peta Lahan) memiliki kriteria kesuburan tanah yaitu Rendah. Semua SPL (Satuan Peta Lahan) tergolong dalam tingkat kesuburan tanah rendah. Upaya perbaikan yaitu dengan pemupukan sesuai dengan dosis dan pengelolaan lahan yang baik. (2). Parameter karakteristik retensi hara yang memiliki hubungan erat dengan produksi tanaman kopi robusta yaitu C organik tanah dengan nilai korelasi ( $r = 0,518$ ) menunjukkan bahwa semakin tinggi C organik tanah maka diikuti dengan peningkatan produksi tanaman kopi robusta.

## SUMMARY

### **Rian Irmansyah 105040200111192.Characteristics of the Soil Plant Nutrient Retention Robusta coffee (*Coffea Canephora*) in the district of Malang Regency Wagir . Supervised by Soemarno dan Sativandi Riza**

---

Wagir sub-district is one of the districts in Malang who also developed the coffee plants. Coffee agricultural products that are being developed by the citizens of District Wagir is robusta coffee farm products. According to the District Wagir coffee farmers, the current market conditions that are likely interested in agricultural products robusta coffee. Robusta coffee in District Wagir has disadvantages such as age old coffee plants so that the productivity of coffee plants greatly reduced and the transition of coffee crops were replaced with cloves and land degradation can cause a decline in land characteristics.

The purposes of this research are:(1) Knowing the characteristics of the soil nutrient retention for robusta coffee plant in the district of Malang Regency Wagir, (2) Knowing the soil nutrient retention characteristics of the relationship with the production of robusta coffee plants in the district of Malang Regency Wagir.Hypothesis of this research are: (1) Characteristics of nutrient retention in every SPL has low soil fertility.(2) There nutrient retention characteristics that influence the production of robusta coffee plants in the district of Malang Regency Wagir.

Research conducted in the District Wagir, Malang. Research and field soil sampling conducted in September to October 2014, while the laboratory analysis conducted in October to December 2014, at the chemical laboratory soil, Soil Department, Faculty of Agriculture, University of Brawijaya, Malang. This research was conducted by field survey and laboratory analysis with the following steps 1) Preparation Research, 2) Surveying (Operations), 3) Analysis Laboratory, 4) Data Analysis, 5) Statistical analysis

The results showed that (1) Level of Soil Fertility on each SPL (Unit Loading Land) criteria namely Low soil fertility. All SPL (Unit Loading Land) belong to the low soil fertility. Efforts to improve that by fertilizing according to the dosage and good land management. (2). Nutrient retention characteristic parameters that have a close relationship with the production of robusta coffee plants that soil organic C with a value of correlation ( $r = 0.518$ ) showed that the higher the soil organic C was followed by an increase in production of robusta coffee plants.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Karakteristik Retensi Hara pada Tanaman Kopi Robusta di Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang.”**

Pada kesempatan kali ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam melancarkan proses penyusunan skripsi ini dengan berbagai masukan, kritikan, dan dukungannya yaitu diantaranya:

1. Prof. Dr. Ir. Soemarno, MS dan Sativandi Riza SP, Msc. yang membimbing, memberikan dukungan, saran, nasihat dan mengarahkan penulis selama proses penyusunan skripsi hingga selesai,
2. Kepada orang tua tercinta serta keluarga dan teman-teman, terima kasih atas dukungan, perhatian, bantuan dan kenangan indah selama ini, serta semua pihak yang turut berpartisipasi atas terselesaikannya tugas akhir penulis
3. Dosen dan staf Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang,
4. Sahabat-sahabat Jurusan Tanah yang telah memberikan bantuan baik tenaga, pikiran dan doa kepada penulis, dan
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini.

Dalam segala kekurangan dan keterbatasan, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak sebagai bahan ilmu pengetahuan.

Malang, Maret 2015

Penulis

## RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Rian Irmansyah, dilahirkan pada tanggal 15 September 1992 di Kota Bekasi merupakan anak kedua dari empat bersaudara dengan seorang ayah yang bernama Wakijo dan seorang ibu bernama Lilis Suryani. Penulis memulai pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK KARTINI Kota Bekasi (1997-1999). Kemudian dilanjutkan ke pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri Jatiwaringin XII Kota Bekasi (1999-2004). Setelah itu penulis melanjutkan ke jenjang Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 9 Kota Bekasi (2004-2007), dan diteruskan ke tingkat selanjutnya yaitu Sekolah Menengah Atas di SMA Yadika 4 Kota Bekasi (2007-2010). Kemudian penulis melanjutkan studi S1 nya di Perguruan Tinggi tepatnya di Universitas Brawijaya-Malang, Fakultas Pertanian, Program Studi Agroekoteknologi angkatan 2010 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) .

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum Mata Kuliah, Ekologi Pertanian pada tahun pembelajaran 2013/2014; Survey Tanah dan Evaluasi Lahan pada tahun pembelajaran 2013/2014; Manajemen Agroekosistem pada tahun pembelajaran 2012/2013 dan 2013/2014; Manajemen Kesuburan Tanah tahun 2013/2014 dan Teknologi Konservasi Sumberdaya Lahan tahun 2013/2014. Selama menempuh pendidikan penulis pernah aktif dalam organisasi luar kampus yaitu JSC UB (Jabodetabek Student Community), selain itu penulis juga aktif dalam berbagai kepanitiaan didalam maupun diluar kampus. Pada tahun 2013, penulis melakukan kegiatan magang kerja di Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (BALITKABI), Malang.

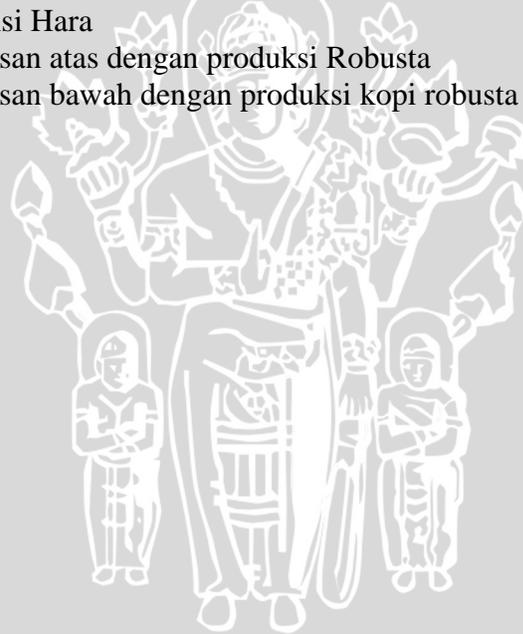
**DAFTAR ISI**

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
<b>I. PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Hipotesis	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Alur Pikir	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1. Karakteristik Tanaman Kopi Robusta	5
2.2. Karakteristik Lahan	13
2.3. Kebutuhan Hara Tanaman Kopi	17
2.4. Ketersediaan dan Retensi Hara dalam Tanah	22
2.4.1. Kandungan C-Organik Tanah	22
2.4.2. Kemasaman Tanah (pH)	30
2.4.3. Kapasitas Tukar Kation (KTK)	36
2.4.4. Kejenuhan Basa (KB)	45
2.5. Kesuburan Tanah di Kebun Kopi Robusta	46
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	<b>49</b>
3.1 Waktu dan Tempat	49
3.2 Alat dan Bahan	49
3.3 Prosedur Penelitian	50
3.3.1 Persiapan Penelitian	50
3.3.2 Survei Lapangan	52
3.3.3 Analisis Laboratorium	53
3.3.4 Analisis Data	54
3.4 Analisis Statistik	55
3.4.1 Analisis Korelasi	55
3.4.2 Analisis Regresi	56
3.5 Alur Penelitian	57
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>58</b>
4.1. Agroekosistem Kebun Kopi	58
4.1.1. Kebun Kopi di SPL 1	58
4.1.2. Kebun Kopi di SPL 2.	62
4.1.3. Kebun Kopi di SPL 3.	66
4.1.4. Kebun Kopi di SPL 4.	70

4.1.5. Kebun Kopi di SPL 5.	73
4.1.6. Kebun Kopi di SPL 6.	77
4.1.7. Kebun Kopi di SPL 7.	80
4.1.8. Kebun Kopi di SPL 8.	84
4.2. Evaluasi Retensi-Hara Tanah di Kebun Kopi Robusta	87
4.3. Hubungan Karakteristik Tanah dengan Produksi Kopi Robusta	89
4.3.1. Hubungan pH tanah dengan produksi kopi robusta	91
4.3.2. Hubungan C-Organik tanah dengan produksi kopi	92
4.3.3. Hubungan KTK tanah dengan produksi tanaman kopi robusta	93
4.3.4. Hubungan Kejenuhan Basa (KB) dengan Produksi Kopi Robusta.	94
4.3.5. Hubungan K-tukar dan Kejenuhan K dengan Produksi Kopi.	94
4.3.6. Hubungan Ca-tukar dan Kejenuhan Ca dengan Produksi Kopi.	96
4.3.7. Hubungan Mg-tukar dan Kejenuhan Mg dengan Produksi Kopi.	97
4.3.8. Hubungan Na-tukar dan Kejenuhan Na dengan Produksi Kopi.	98
<b>V. PENGELOLAAN TANAH DI KEBUN KOPI</b>	<b>100</b>
5.1. Kesehatan Tanah.	100
5.2. Pengelolaan Erosi Tanah di Kebun Kopi.	102
5.3. Pengelolaan Struktur Tanah dan Pemadatan Tanah di Kebun Kopi.	105
5.4. Pengelolaan Tanah Kebun Kopi untuk kecukupan Hara Tanaman.	107
5.5. Pengelolaan Lugas Tanah dan Panen Air Hujan di Kebun Kopi.	109
5.5.1. Memperbaiki ketersediaan air dalam tanah.	111
5.5.2. Prinsip-prinsip Panen Air Hujan.	115
5.5.3.. Kondisi yang dipersyaratkan panen air hujan	116
5.5.4. Input dan Rancangan Pemanen Air hujan	118
5.5.5. Sistem Air – Tanah.	120
5.5.6. Proses terjadinya runoff (limpasan permukaan).	126
5.6. Pengelolaan biologi tanah di kebun kopi.	129
5.7. Pengambilan Sampel Tanah di Kebun Kopi.	132
<b>VI. PENUTUP</b>	<b>133</b>
5.1. Kesimpulan	133
5.2. Saran	133
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>134</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>136</b>

## DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Alat dan Bahan	50
2.	Kuisisioner Penelitian	52
3.	Metode Analisis Laboratorium Kimia Tanah	54
4.	Kriteria Sifat Kimia Tanah (Hardjowigeno, 1995)	54
5.	Kriteria Kesuburan Tanah (Gugino <i>et al</i> , 2009)	55
6.	Hasil Analisis Karakteristik Retensi Hara SPL 1	59
7.	Hasil Analisis Karakteristik Retensi Hara SPL 2	64
8.	Hasil Analisis Karakteristik Retensi Hara SPL 3.	67
9.	Hasil Analisis Karakteristik Retensi Hara SPL 4	71
10.	Hasil Analisis Karakteristik Retensi Hara SPL 5.	76
11.	Hasil Analisis Karakteristik Retensi Hara SPL 6.	78
12.	Hasil Analisis Karakteristik Retensi Hara SPL 7.	81
13.	Hasil Analisis Karakteristik Retensi Hara SPL 8	86
14.	Hasil Skoring Retensi Hara	88
15.	Matriks korelasi lapisan atas dengan produksi Robusta	89
16.	Matriks korelasi lapisan bawah dengan produksi kopi robusta	90

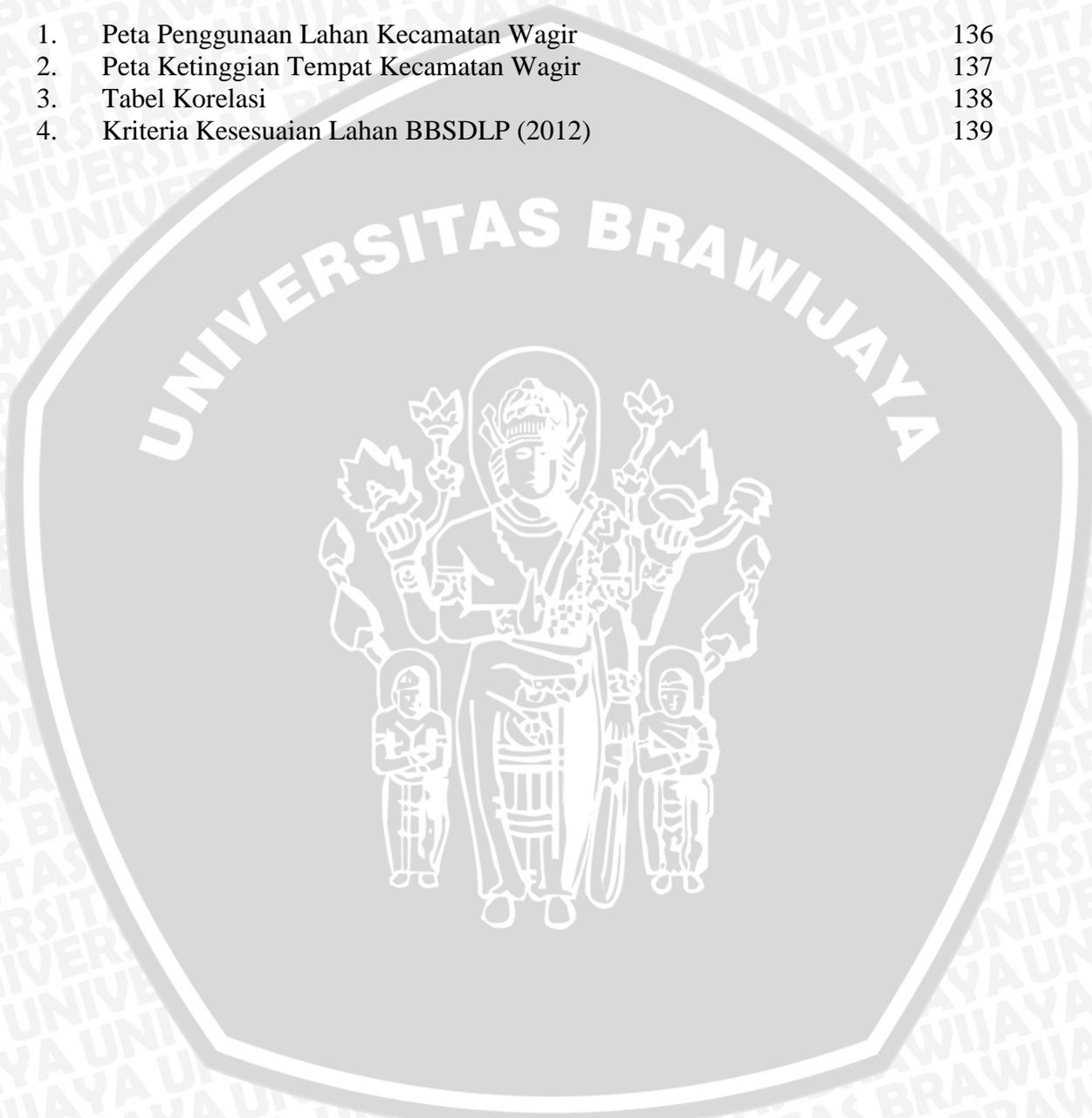


## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Alur Pikir Penelitian	4
2.	Peta Adminitrasi Kecamatan Wagir	49
3.	Peta Titik Pengamatan Kecamatan Wagir	53
4.	Alur Penelitian	57
5.	Tanaman Kopi SPL 1	59
6.	Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL1.	61
7.	Lahan Kopi Robusta pada SPL 2	63
8.	Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL 2.	65
9.	Lahan Tanaman Kopi Robusta pada SPL 3	67
10.	Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL 3.	68
11.	Lahan Tanaman Kopi Robusta pada SPL 4	71
12.	Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL 4.	72
13.	Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL5.	74
14.	Lahan Tanaman Kopi Robusta pada SPL 5.	76
15.	Lahan Tanaman Kopi Robusta pada SPL 6.	78
16.	Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL 6.	79
17.	Lahan Tanaman Kopi Robusta pada SPL 7.	82
18.	Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL7.	83
19.	Lahan Tanaman Kopi Robusta pada SPL 8.	85
20.	Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL8.	86
21.	Hubungan pH tanah dan produksi tanaman kopi robusta	91
22.	Hubungan C-Organik Tanah dengan Produksi Tanaman Kopi Robusta	92
23.	Hubungan KTK tanah dengan Produksi Tanaman Kopi Robusta	93
24.	Hubungan Kejenuhan Basa (KB) dengan Produksi Tanaman Kopi Robusta	94
25.	Hubungan K dengan Produksi Tanaman Kopi Robusta	95
26.	Hubungan Ca dengan Produksi Tanaman Kopi Robusta	96
27.	Hubungan Mg dengan Produksi Tanaman Kopi Robusta	97
28.	Hubungan Na dengan Produksi Tanaman Kopi Robusta	98
29.	Prinsip panen air hujan untuk produksi kebun kopi.	115
30.	Sistem Daerah Tangkapan Mikro (Critchley, 1991).	116
31.	Perakaran pohon berfungsi vital (sumber: snwa.com).	118
32.	Kolam penampung air hujan untuk mendukung diversifikasi pertanian.	119
33.	Pengaruh iklim terhadap kebutuhan air tanaman (Brouwer et al., 1986).	124
34.	Sistem Microcatchment untuk menanam pohon (sumber: fao.org)	126

### DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Wagir	136
2.	Peta Ketinggian Tempat Kecamatan Wagir	137
3.	Tabel Korelasi	138
4.	Kriteria Kesesuaian Lahan BBSDLP (2012)	139



## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kualitas lahan adalah sifat-sifat pengenal atau atribut yang bersifat kompleks dari sebidang lahan. Setiap kualitas lahan mempunyai keragaan yang berpengaruh terhadap kesesuaiannya bagi penggunaan tertentu dan biasanya terdiri atas satu atau lebih karakteristik lahan. Kualitas lahan ada yang bisa diestimasi atau diukur secara langsung di lapangan yaitu karakteristik lahan. Karakteristik lahan adalah sifat lahan yang dapat diukur atau diestimasi, penggunaan karakteristik lahan untuk keperluan evaluasi lahan bervariasi tetapi pada umumnya ditetapkan berdasarkan karakteristik lahan dapat dikelompokkan ke dalam 3 faktor utama, yaitu topografi, tanah dan iklim. Karakteristik lahan tersebut terutama topografi dan tanah merupakan unsur pembentuk satuan peta tanah (Ritung, 2003).

Saat ini lebih dari 90% dari areal pertanaman kopi Indonesia terdiri atas kopi Robusta. Tidak seperti biji kopi Arabika, biji kopi Robusta tidak jatuh dari pohon ketika menjadi matang, sehingga tidak perlu segera panen. Karena lebih murah biaya produksinya, Kopi Robusta kadang-kadang dikombinasikan dengan Kopi Arabika untuk mendapatkan cita aroma kopi yang lebih kental serta menurunkan kadar kafeinnya. Berdasarkan data dari Direktorat Jendral Perkebunan bahwa Jawa Timur memiliki produksi tertinggi se Jawa-Bali, produksi kopi mencapai 54.189 t/thn pada tahun 2012. Kabupaten Malang memiliki lahan Kopi Robusta seluas 13.568 ha dan lahan kopi arabika 1.020 ha. Seluruh lahan Kopi Robusta mencakup tanaman yang sudah menghasilkan, tanaman belum menghasilkan, dan tanaman rusak. Produksi kopi di Jawa Timur mengalami penurunan pada dari tahun 2012 sebesar 29.80 t/thn menjadi sebesar 29.00 t/thn pada tahun 2013 (Badan Pusat Statistik, 2014). Menurut Nurhayat (2014) penurunan produksi tanaman kopi dapat disebabkan oleh beberapa hal, seperti banyaknya pohon kopi yang usianya sudah tua dan mulai tergesernya tanaman kopi khususnya jenis kopi robusta dengan komoditas lain.

Kecamatan Wagir merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Malang yang juga mengembangkan tanaman kopi. Produk pertanian kopi yang sedang

dikembangkan oleh warga Kecamatan Wagir adalah produk pertanian kopi robusta. Menurut petani kopi Kecamatan Wagir, kondisi pasar saat ini yang cenderung meminati produk pertanian kopi robusta, sehingga perlu adanya inovasi untuk menjadikan tanaman kopi sebagai salah satu produk pertanian kopi robusta yang bernilai ekonomis yang juga akan berpengaruh pada peningkatan kesejahteraan petani kopi. Selain itu Kecamatan Wagir memiliki potensi dalam pengembangan tanaman kopi dengan luas pertanian yang cukup besar sebesar 919 ha area lahan pertanian di Kecamatan Wagir.

Kopi Robusta di Kecamatan Wagir memiliki kendala yaitu umur tanaman kopi sudah tua sehingga produktivitas tanaman kopi sangat menurun dan adanya peralihan komoditas tanaman kopi digantikan dengan tanaman cengkeh, hal ini disebabkan harga untuk hasil panen biji cengkeh lebih tinggi jika dibandingkan dengan tanaman kopi, sehingga sebagian petani mengganti tanaman kopi dengan tanaman cengkeh dan terjadinya degradasi lahan yang dapat menyebabkan turunnya karakteristik lahan. Menurut FAO (1999), definisi degradasi lahan secara umum adalah hasil satu atau lebih proses terjadinya penurunan kemampuan tanah secara aktual. Namun definisi degradasi yang dimaksudkan adalah degradasi dalam bidang pertanian dan produksi tanaman. Hal tersebut disamakan dengan kerusakan tanah atau hilang atau menurunnya fungsi tanah sebagai matrik tempat akar tanaman berjangkar dan air tanah tersimpan, tempat unsur hara ditambahkan (Arsyad, 1989).

Analisis mengenai sifat dan potensi sumberdaya lahan yang dibutuhkan untuk mengidentifikasi kualitas lahan aktual dan potensial pada bentangan lahan. Selain analisa faktortanamannya melalui penilaian kesesuaian lahan perlu juga penilaian faktor tanahnya melalui analisa kesuburan tanah dengan cara melakukan analisa sifat kimia tanah. Analisa yang dilakukan berupa penilaian pH tanah, Kapasitas Tukar Kation, Kejenuhan Basa, dan C-Organik yang merupakan parameter kesuburan tanah. Parameter tersebut juga termasuk dalam persyaratan penggunaan lahan pada penilaian kelas kesesuaian lahan. Adanya penilaian karakteristik retensi hara dapat memberikan rekomendasi pengolahan lahan kepada petani agar menghasilkan produksi kopi yang optimal.

### **1.2. Tujuan.**

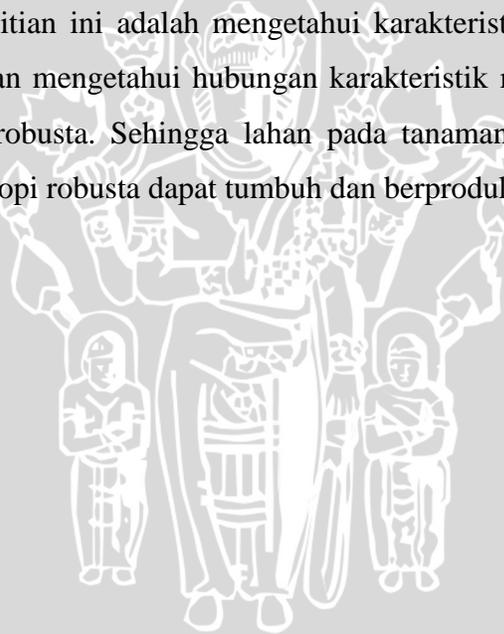
1. Mengetahui karakteristik retensi hara tanah untuk tanaman kopi robusta di Kecamatan Wagir Kabupaten Malang.
2. Mengetahui hubungan karakteristik retensi hara tanah dengan produksi tanaman kopi robusta di Kecamatan Wagir Kabupaten Malang.

### **1.3. Hipotesis.**

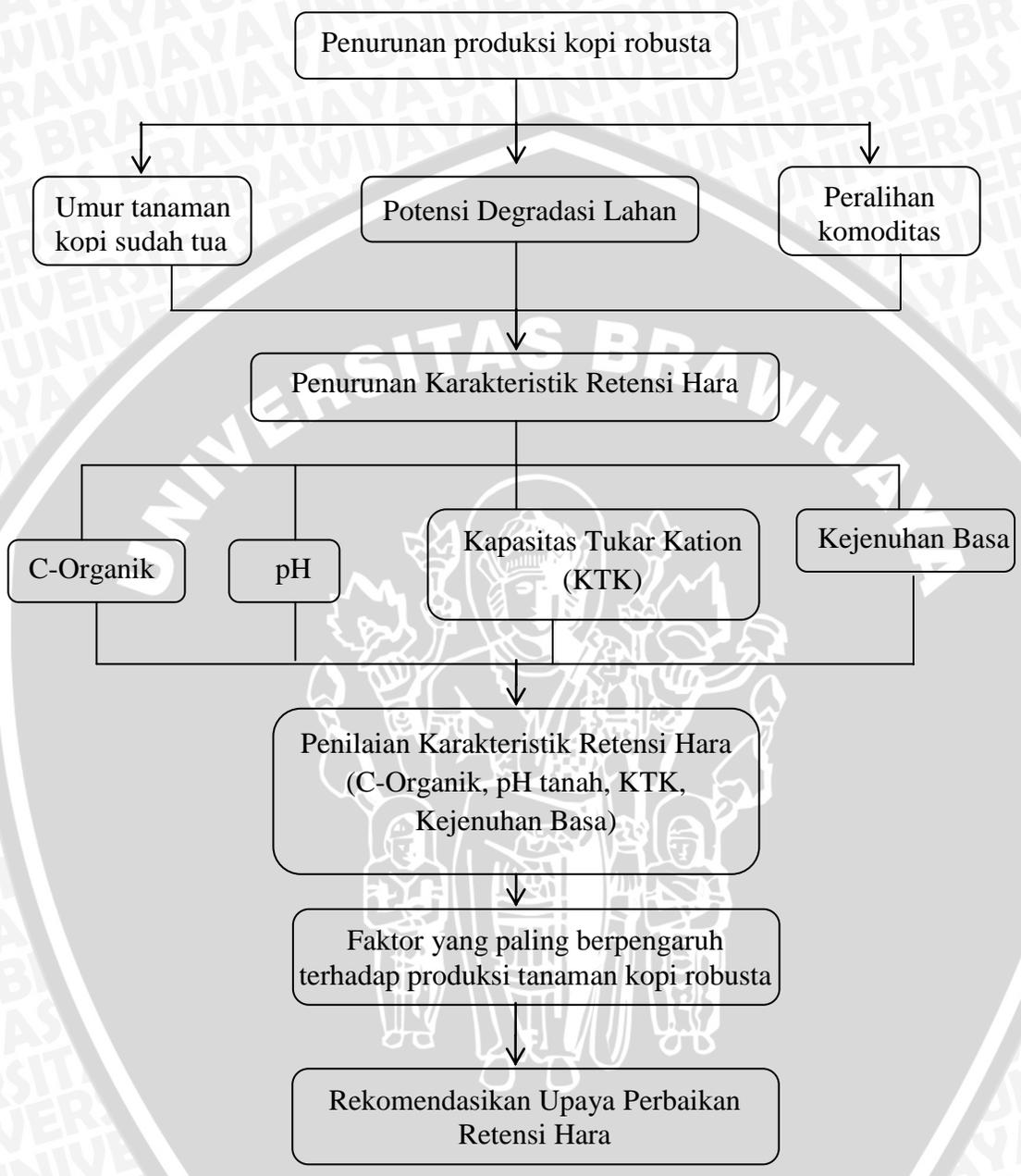
1. Karakteristik retensi hara pada setiap SPL (Satuan Peta Lahan) memiliki tingkat kesuburan tanah rendah.
2. Terdapat karakteristik retensi hara yang mempengaruhi produksi tanaman kopi robusta di Kecamatan Wagir Kabupaten Malang.

### **1.4. Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui karakteristik retensi hara pada tanaman kopi robusta, dan mengetahui hubungan karakteristik retensi hara terhadap produksi tanaman kopi robusta. Sehingga lahan pada tanaman kopi robusta dapat diperbaiki dan tanaman kopi robusta dapat tumbuh dan berproduksi dengan optimal.



1.5. Alur Pikir



Gambar 1. Alur Pikir Penelitian

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Karakteristik Tanaman Kopi Robusta

Kopi robusta (*Coffea canephora*) adalah spesies tanaman berbentuk pohon. Tanaman ini tumbuh tegak, bercabang dan bila dibiarkan akan mencapai tinggi 12 m. Kondisi lingkungan tumbuh tanaman kopi yang paling berpengaruh terhadap produktivitas tanaman kopi adalah tinggi tempat dan tipe curah hujan. Sebab itu, jenis tanaman kopi yang ditanam harus disesuaikan dengan kondisi tinggi tempat dan curah hujan di daerah setempat (Muljana 2010). Lingkungan tempat tumbuh merupakan faktor utama yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman kopi. Antara jenis kopi satu dengan lainnya menghendaki lingkungan tumbuh yang berbeda-beda. Untuk itu, faktor-faktor lingkungan mempengaruhi pertumbuhan tanaman kopi, seperti ketinggian tempat, curah hujan, kondisi tanah, intensitas cahaya dan angin harus disesuaikan agar pertumbuhannya bisa optimal.

Anggara *et al.* (2011) menjelaskan bahwa tanaman kopi robusta biasanya tumbuh di dataran dengan ketinggian 400-700 m di atas permukaan laut dan masih toleran pada ketinggian di bawah 400 m di atas permukaan laut. Tanaman kopi robusta menghendaki curah hujan 2.000-3.000 mm/tahun. Namun, dengan pemberian mulsa dan teknik pengairan yang baik, tanaman kopi masih dapat tumbuh baik di lingkungan dengan curah hujan 1.000-1.300 mm/tahun. Pada tanaman kopi, curah hujan sangat berpengaruh terhadap produktivitas tanaman, terutama selama proses pembungaan dan pembentukan buah. Umumnya, tanaman kopi dapat tumbuh di area dengan kondisi tanah yang gembur dan subur (kaya akan bahan organik) serta memiliki pH sekitar 4,5-6,0. Untuk menunjang pertumbuhannya, tanaman kopi harus mendapatkan penyinaran yang teratur, tetapi kopi kita menyukai intensitas cahaya matahari yang terpapar langsung. Tanaman kopi termasuk yang tidak tahan terhadap guncangan angin kencang. Selain merusak percabangan dan membuat pohon rebah, angin kencang juga meningkatkan terjadinya penguapan air di permukaan tanah dan daun yang menyebabkan tanaman mengalami kekeringan (Anggara *et al.*, 2011).

Sebagai salah satu komoditas perkebunan andalan, kopi memegang peranan penting bagi perekonomian nasional, khususnya sebagai sumber pendapatan para

petani dan sumber devisa negara. Saat ini, Indonesia menjadi negara produsen kopi terbesar keempat setelah Brazil, Kolombia, dan Vietnam. Dari total komoditas kopi yang diproduksi di Indonesia, sekitar 67% digunakan untuk keperluan ekspor dan sisanya (33%) untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Tanaman kopi beradaptasi dengan kondisi kekeringan dengan sistem perakarannya yang lebih dalam dan lebih kuat untuk menjaga pasokan air dari dalam tanah untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Sistem perakaran tanaman kopi sangat “fleksibel” dan dapat bervariasi sesuai dengan kondisi lingkungan tumbuhnya. Namun demikian, tanaman kopi robusta menunjukkan bahwa sistem perakarannya sebagian besar terbatas pada tanah lapisan atas. Achar, *et al.* (2011) mengidentifikasi tanaman kopi mempunyai perakaran yang ekstensif, jumlah bahan kering (biomasa) yang banyak dan nilai efisiensi penggunaan air (WUE) sangat tinggi. Pendekatan gravimetri diikuti dalam percobaan dengan perlakuan lengas-tanah 60% KL dan 80% KL sebagai perlakuan stres-air dan non-stres-air. Pengamatan dilakukan terhadap biomassa akar, rasio biomassa akar dan total tanaman, WUE dan sifat-sifat fisiologis lainnya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ada variabilitas genetik yang signifikan dalam hal biomassa akar dalam rezim kelembaban tanah. Namun demikian pada perlakuan 60% KL, biomassa akar ternyata dipertahankan sama besarnya dengan perlakuan 80% KL. Hal ini menunjukkan bahwa “menjaga” berat kering akar dalam kondisi stres-air merupakan strategi adaptif untuk melawan ancaman dehidrasi tanaman. Penurunan relatif total biomassa tanaman dengan peningkatan WUE menandakan bahwa tanaman kopi mampu memanfaatkan air yang tersedia dalam tanah secara efisien dengan mengurangi tingkat transpirasinya. Hal ini menyediakan pilihan untuk mengidentifikasi tanaman kopi yang lebih baik, yang memiliki WUE moderat dengan RSR tinggi. Dalam penelitian ini, jenis-jenis kopi Robusta-35, Java, Madagaskar, Saigon, Kosta Rika, Pantai Gading dan DR-8 mampu mempertahankan biomassa akaryatetap tinggi dan nilai-nilai WUE moderat. Biomassa akar yang rendah dan WUE rendah ternyata ditemukan pada jenis-jenis Kopi DR-14, DR-15 dan SIB-7 (Achar, *et al.*, 2011).

Kopi (*Coffea canephora* var. Robusta) yang dibudidayakan di Togo-Barat dengan naungan pohon *Albizia adianthifolia* asli merupakan sistem pertanaman kopi dengan input rendah. Namun demikian, tidak ada informasi mengenai siklus karbon dan siklus hara dalam sistem kebun kopi ber-naungan ini. Oleh karena itu, Dossa, et al. (2008) melakukan penelitian yang di perkebunan kopi dewasa di Togo-Barat untuk menentukan kontribusi karbon dan hara-tanaman dalam kebun kopi bernaungan dibandingkan dengan kebun kopi yang terbuka tanpa naungan. Biomassa pohon naungan *Albizia* diperkirakan dengan metode alometri, sedangkan biomassa tanaman kopi diperkirakan dengan metode sampel destruktif. Estimasi biomassa bagian tanaman di atas tanah dan di bawah tanah masing-masing sebesar 140 dan 32 ton.ha-1 pada asosiasi Kopi+*Albizia*, sebesar 29.7 dan 18.7 ton.ha-1 dalam sistem kebun kopi yang terbuka tanpa naungan. Pohon *Albizia* berkontribusi 87% dari total biomassa di atas tanah dan 55% dari total biomassa akar dalam sistem kebun kopi ber-naungan. Tanaman kopi individual secara konsisten memiliki biomassa yang lebih tinggi di tempat tumbuh yang terbuka dibandingkan dengan tanaman kopi yang tumbuh dengan naungan. Jumlah kontribusi C sebesar 81 ton.ha-1 dalam sistem kopi dengan naungan dan hanya sebesar 22.9 ton.ha-1 untuk kopi yang ditanam di tempat terbuka. Terlepas dari hara P dan Mg, jumlah yang cukup banyak hara utama disimpan dalam biomassa pohon naungan yang tidak mudah didaur ulang. Jaringan tanaman dalam sistem kopi naungan memiliki konsentrasi N yang lebih tinggi, hal ini menunjukkan kemungkinan adanya fiksasi N<sub>2</sub>. Mengingat potensi persaingan antara pohon naungan dengan tanaman kopi untuk mendapatkan hara dari tanah, terutama pada kondisi kesuburan tanah yang rendah, maka disarankan untuk memangkas pohon naungan secara berkala dan dikembalikan ke tanah, dalam rangka meningkatkan bahan organik dan hara dalam tanah (Dossa, et al., 2008).

Sakai, et al. (2015) meneliti irigasi tetes pada berbagai jarak tanam kopi. Hasil analisisnya menunjukkan bahwa jarak tanam 1.60×0.50 m menghasilkan tinggi tanaman paling besar dan diameter tajuk yang terkecil. Penerapan irigasi menyebabkan efek signifikan pada parameter biometrik, irigasi kopi menyebabkan peningkatan tinggi tanaman, diameter tajuk tanaman dan diameter batang. Kopi

irigasi menghasilkan produksi kopi olahan yang lebih tinggi, terutama pada jarak tanam rapat. Kopi irigasi menghasilkan rata-rata  $2623 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , sedangkan kopi tanpa irigasi menghasilkan rata-rata  $1.026 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Tanaman kopi irigasi memiliki konsentrasi akar yang lebih besar dibandingkan dengan tanaman kopi non-irigasi. Selain itu, konsentrasi akar lebih besar pada tanah lapisan 0-0.5 m pada jarak-tanam rapat (Sakai, *et al.*, 2015).

Manjunatha, et al. (2010) melakukan percobaan lapangan untuk mengevaluasi kinerja formula bio-aktif, Zintrac-700, dibandingkan dengan metode tradisional hara Zn di pada tanaman kopi arabika dan kopi robusta di CCRI, Stasiun Penelitian Kopi. Tiga konsentrasi Zintrac (0.13, 0.19 dan 0.25%) dan semprotan tradisional Zn-sulfat sebesar 0.25%, yang terutama digunakan di perkebunan kopi untuk melengkapi hara Zn, dievaluasi secara komparatif. Berdasarkan hasil analisis dalam percobaan lapangan, aplikasi Zintrac-700 sebesar 0.25% bersama dengan dosis yang dianjurkan pupuk NPK ternyata mampu meningkatkan hasil kopi sama efektifnya dengan perlakuan semprotan tradisional Zn-sulfat (Manjunatha, et al., 2010).

Kopi dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah di Vietnam, kecuali pada tanah-tanah dengan muka-air tanah sangat dangkal dan solum tanah yang tipis <70 cm. Kualitas tanah dan kondisi iklim mendukung pertumbuhan kopi robusta, yang lebih banyak dibudidayakan daripada kopi Arabika. Sebagian besar perkebunan kopi ditanam di tanah-basaltik, kaya N dan P, tetapi miskin K. Hasil percobaan pemupukan menunjukkan bahwa pertumbuhan dan produksi tanaman kopi, ditentukan oleh kandungan hara N, P dan K dalam daun kopi Arabika, dan kandungan hara N, P, K, dan Mg dalam daun kopi Robusta (Nhan dan Son, 1988).

Hara tanaman memainkan peran penting dalam metabolisme tanaman kopi dan daun adalah situs utama metabolisme hara yang menentukan produktivitas tanaman kopi. Sistem Diagnosa dan Rekomendasi Terpadu (DRIS) dapat digunakan untuk mengembangkan norma-norma diagnostik bagi tanaman kopi robusta. D'Souza, et al. (2010) melakukan survei hara pada zona penghubung Koppa di Chikmagalur-Karnataka, dengan memilih enam puluh empat perkebunan kopi yang mewakili kopi robusta. Kandungan hara daun N, P, K, Mg dan S berkisar 2.97-3.56%, 0.16-0.18,

1.35-2.07, 0.24-0.46 dan 0.14-0.31% dan hara mikro Fe, Zn, Bo dan Mn berkisar 270-400 ppm, 28.83-43.66, 43.34-74.64 dan 28.14-48.48 ppm selama periode pra-musim hujan. Demikian pula, selama periode pasca hujan kandungan hara tanaman ini berkisar 3.22-3.99%, 0.14-0.21%, dan 1.57-2.06% , 0.19-0.39%, 0.09-0.28%; 175-322 ppm, 12.7-36.31 ppm, 41.09-70.56 ppm dan 40.47-57.13 ppm. Komponen fisiologis seperti total karbohidrat dan rasio C/N juga menunjukkan variasi musiman dan berkisar 2.36-5.90 dan 2.63-7.11% dan 0.71-1.95 dan 0.63-1.96% selama pra musim dan pasca periode monsun. Hasil indeks DRIS dan diagnosis hara perkebunan kopi unggul-rendah menunjukkan bahwa lebih dari satu macam hara yang membatasi produktivitas tanaman. Dalam sebagian besar perkebunan kopi ternyata N, P, Mg, Fe, Zn dan B selama periode pra-monsoon dan kandungan hara N, P, Fe, Zn dan S selama periode pasca hujan merupakan faktor pembatas utama untuk produksi tanaman kopi robusta. Perkebunan kopi unggul-rendah juga menunjukkan indeks ketidakseimbangan hara (NII). Selain aplikasi dosis optimal hara makro, ternyata hara mikro S, Zn dan B dapat berguna untuk meningkatkan hasil tanaman kopi (D'Souza, et al., 2010).

Pezzopane, et al. (2011) melakukan pengukuran radiasi matahari secara global, kecepatan angin, suhu udara dan kelembaban relatif udara dilakukan dalam perkebunan kopi (*Coffea Arabica* berbagai L. Icatu Vermelho-IAC 4045), dengan kondisi naungan oleh pohon *Grevillea* (*Grevillea robusta*) di wilayah Mococa (21° 28'S, 47° 01'W, ketinggian 665 m), selama Januari dan Desember 2005, untuk menunjukkan efek dari sistem naungan tanaman kopi terhadap kualitas iklim mikro. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ada penurunan sekitar 26% dari radiasi matahari global dalam sistem naungan, dengan variasi bulanan 24-30%. Hal ini menunjukkan beberapa perbedaan transmisi radiasi global pada pohon kopi karena variasi spasial naungan tajuk *Grevillea*. Ada pengurangan sekitar 35% dalam lima hari-rata-rata kecepatan angin pada kondisi sistem naungan, yang juga mengurangi suhu udara maksimum dan pengurangan defisit tekanan uap selama periode hari-cahaya, terutama di titik-titik sampel dekat pohon naungan *Grevillea* (Pezzopane, et al., 2011).

Sakai, et al. (2015) meneliti pertumbuhan vegetatif, hasil, dan perkembangan akar kopi selama budidaya kopi dengan dan tanpa irigasi tetes dan pengaturan populasi yang berbeda selama lima tahun. Sebuah percobaan factorial  $6 \times 2$  digunakan dengan rancangan acak dan empat ulangan. Enam kepadatan tanaman dengan jarak tanam  $1.60 \times 0.50$  m;  $1.60 \times 0.75$  m;  $1.60 \times 1.00$  m;  $3.20 \times 0.50$  m;  $3.20 \times 0.75$  m; dan  $3.20 \times 1.00$  m. Kepadatan tanaman ini dibagi menjadi perlakuan irigasi dan non-irigasi. Analisis ragam interaksi antara kepadatan penanaman dan irigasi mengungkapkan adanya sinergisme dalam mengubah parameter biometrik. Namun demikian, analisis masing-masing perlakuan menunjukkan efek signifikan kepadatan tanamanan, dengan jarak-tanam  $1.60 \times 0.50$  m mendapatkan nilai maksimum tinggi tanaman dan diameter mahkota terkecil, selama siklus tanaman kopi. Penerapan irigasi menyebabkan efek signifikan terhadap parameter biometrik, irigasi kopi menyebabkan peningkatan tinggi tanaman, diameter tajuk dan diameter batang. Kopi irigasi di empat siklus mengakibatkan produksi kopi olahan yang lebih tinggi, terutama ketika kopi ditanam dengan jarak tanam rapat. Kopi irigasi menghasilkan rata-rata dari  $2623 \text{ kg.ha}^{-1}$ , sedangkan kopi tanpa irigasi menghasilkan rata-rata  $1.026 \text{ kg.ha}^{-1}$ . Tanaman kopi dengan perlakuan irigasi memiliki konsentrasi akar yang lebih besar dibandingkan dengan tanaman kopi non-irigasi. Selain itu, konsentrasi akar lebih besar pada lapisan tanah atas 0-0.5 m ketika jarak tanamnya lebih rapat (Sakai, et al., 2015).

Integrasi pohon naungan dalam sistem produksi kebun kopi dapat berkontribusi positif terhadap peningkatan hasil panen kopi. Namun demikian, sedikit penelitian mengenai dinamika-hara mikroba dalam rhizosfer kopi di bawah pohon naungan. Munroe, et al. (2015) membandingkan konsentrasi hara dan populasi bakteri nitrifier dalam tanah rizosfir kopi di bawah naungan dan rizosfir kopi monokultur serta tanah massal. Penelitian ini dilakukan pada ketinggian rendah, zona kopi iklim basah Kosta Rika, pada sistem agroforestri kopi umur 12 tahun (*Coffea arabica*), tanaman kopi yang tumbuh di bawah sinar matahari penuh dan di bawah pohon naungan *Erythrina poeppigiana*. Rizosfer dan tanah massal dikumpulkan dan dianalisis untuk N-anorganik, P-tersedia, kation basa tukar dan pH. Real-time PCR

digunakan untuk menentukan kelimpahan relatif bakteri oksidasi amonia (AOB). Hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan hara (11-158%), terutama nitrat, dalam tanah rizosfir kopi dibandingkan dengan tanah massal. Selain itu, akumulasi hara ini ternyata lebih besar dalam rizosfer kopi yang berasosiasi dengan pohon naungan *E.poeppigiana* daripada tanaman kopi monokultur. Kelimpahan bakteri AOB sangat terkait dengan pH tanah ( $r = 0.83$ ;  $p = 0.002$ ) di kedua kondisi pertanaman, sedangkan kelimpahan AOB berkaitan dengan rasio amonium:nitrat dalam tanah ( $r = -0.82$ ;  $p = 0.0420$ ) secara eksklusif di bawah kondisi kopi-monokultur. Penelitian ini menggambarkan perbedaan hara tanah dan hubungan-hara-mikroba pada kondisi kebun kopi di monokultur dan kebun kopi dengan pohon legume sebagai naungannya (Munroe, et al., 2015).

Produksi yang berkelanjutan dan konservasi keanekaragaman hayati dapat saling mendukung dalam memberikan jasa-jasa ekosistem bagi petani dan masyarakat. Souza, et al. (2012) menganalisis kontribusi sistem agroforestry, seperti yang dialami oleh keluarga petani di wilayah hutan hujan Brasil sejak tahun 1993, terhadap keanekaragaman hayati pohon dan mengevaluasi kriteria menurut petani untuk pemilihan jenis pohon. Selain itu, efek jangka panjang pada kondisi suhu lingkungan mikro terhadap produksi kopi, proses-proses kimia dan biologi tanah dalam skala lapangan dibandingkan dengan sistem kopi tanpa naungan. Komunitas flora dari 8 wanatani dan 4 lokasi hutan referensi mengandung 231 jenis pohon. Tujuh puluh delapan persen dari spesies pohon ditemukan dalam sistem agroforest yang asli. Variasi komposisi spesies di antara agroforest berkontribusi lebih besar terhadap  $\gamma$ -keragaman daripada  $\alpha$ -keberagaman. Suhu udara maksimum rata-rata bulanan sekitar  $6^{\circ}\text{C}$  lebih tinggi dalam kopi tanpa naungan daripada di dalam agroforest dan hutan. Kandungan C-organik tanah, N mineralisasi dan aktivitas mikroba tanah ternyata lebih tinggi dalam hutan daripada di kebun kopi, sedangkan proses-proses kimia dan kualitas biologi tanah dalam sistem agroforest tidak berbeda secara signifikan dengan kebun kopi tanpa naungan setelah 13 tahun. Mengingat kontribusinya terhadap konservasi keanekaragaman hayati dan kapasitasnya untuk

beradaptasi produksi kopi terhadap perubahan iklim di masa depan, system kopi agroforestri menawarkan strategi yang menjanjikan (Souza, et al., 2012).

Buresh, et al. (2004) membahas mekanisme hara pada lapisan tanah-bawah yang meliputi pencucian hara, dekomposisi biologis bahan organik tanah dan degradasi kimiawi mineral. Hara tanah tidak dapat diakses oleh akar tanaman semusim, ternyata dapat diekstraksi oleh tanaman tahunan (perennial) melalui dua proses, yaitu : (i) penyerapan hara yang tersedia di lapisan tanah yang masih terjangkau oleh perakaran tanaman semusim; dan (ii) intersepsi hara yang bergerak ke bawah atau ke luar zona perakaran tanaman semusim. Beberapa agroekosistem dengan potensi lebih efisien untuk penggunaan sumber hara dalam tanah adalah: (i) tumpangsari tanaman tahunan dan tanaman semusim untuk saling melengkapi dalam penggunaan sumber daya; (ii) memasukkan tanaman semusim ke zona yang kurang dimanfaatkan dalam sistem hutan tanaman; dan (iii) spesies tanaman campur untuk melengkapi pemanfaatan ruang. Saran-saran untuk mencegah akumulasi nitrat di tanah lapisan bawah, yang mencakup aplikasi pupuk fosfor yang dapat mengurangi akumulasi nitrat dalam tanah lapisan bawah pada system budidaya jagung terus-menerus (Buresh, et al., 2004).

Cekaman kekeringan musiman sebagai akibat dari perubahan iklim global dan kondisi cuaca lokal merupakan salah satu faktor utama yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas kopi robusta (*Coffea canephora* Pierre ex froehner) di banyak daerah penghasil tanaman kopi. Hal ini diyakini bahwa ada berbagai keragaman genetik di antara klon-klon kopi robusta dalam hal sifat-sifat yang terkait dengan toleransi kekeringannya. Oleh karena itu, dalam upaya untuk menentukan perbedaan di antara klon-klon kopi robusta, dalam hal beberapa parameter pertumbuhan, parameter fisiologis dan biokimianya, dan untuk mengidentifikasi bahan-bahan toleran kekeringan, maka bibit berumur 12 bulan enam klon (IC-2, IC-3, IC-4, IC-6, IC-8 dan R-4) diberi dua perlakuan, yaitu: kontrol disiram secukupnya dan perlakuan cekaman kekeringan (pengeringan tanah) dengan menahan irigasi selama tiga minggu di tempat penampungan air hujan di Universitas Putra Malaysia, Malaysia. Laju perkembangan stres, dinyatakan sebagai tingkat layu dan kerusakan

daun, ternyata lebih tinggi untuk klon-klon IC-8, IC-4, R-4 dan IC-2 daripada klon-klon IC-3 dan IC-6 selama periode stres (Tesfaye, et al., 2014). Potensial air-daun (LWP), konduktansi stomata (gs) dan laju fotosintesis neto (PN) semakin menurun, tetapi kandungan proline daun (LP) substansial meningkat dengan waktu paparan tanaman terhadap pengeringan tanah. Ada perbedaan besar di antara klon-klon kopi dalam hal tingkat perubahan parameter ini. Semua klon kecuali IC-6 dan IC-8 menunjukkan neraca karbon negatif dengan nilai paling negatif R-4 pada akhir periode stres. Enam hari setelah pengairan kembali, ternyata LWP, gs dan PN meningkat pesat, sedangkan konsentrasi LP menurun dan mencapai tingkat yang setara dengan tanaman yang disiram dengan baik, terutama untuk klon IC-3 dan IC-6. Di antara tanaman yang mengalami stress kekeringan, ternyata klon IC-6 dan IC-3 memiliki pertumbuhan tunas secara signifikan lebih tinggi, jumlah produksi bahan kering dan rasio akar/batang dibandingkan dengan klon IC-2, IC-4, IC-8 dan R-4. Secara umum, klon IC-6 dan IC-3 menunjukkan kinerja yang lebih baik pada hampir semua parameter pertumbuhannya dan tampaknya kurang sensitif terhadap cekaman kekeringan. Oleh karena itu, atribut toleransi kekeringan pada klon ini dapat dikaitkan dengan penyesuaian osmotik yang lebih efektif akumulasi LP lebih cepat dan mungkin beberapa parameter morfologi, seperti peningkatan rasio akar/batang (Tesfaye, et al., 2014).

## 2.2. Karakteristik Lahan

Karakteristik lahan biasanya mencakup faktor-faktor lahan yang dapat diukur atau ditaksir. Sebagai contoh lereng, curah hujan, tekstur tanah, kandungan air tersedia, kondisi drainase dan lain sebagainya (Siswanto, 1993). Setiap karakteristik lahan yang digunakan secara langsung dalam evaluasi ada yang sifatnya tunggal dan ada yang sifatnya lebih dari satu karena mempunyai interaksi satu sama lainnya. Oleh karena itu dalam interpretasi perlu mempertimbangkan atau membandingkan lahan penggunaannya dalam pengertian kualitas lahan. Sebagai contoh ketersediaan air sebagai kualitas lahan ditentukan dari bulan kering dan curah hujan rata-rata tahunan, tetapi air yang dapat diserap tanaman tentu tergantung pada kualitas lahan lainnya,

seperti kondisi atau media perakaran antara lain tekstur tanah dan kedalaman zone perakaran tanaman yang bersangkutan (Djaenudin et al, 2003).

Sakai et al. (2015) melaporkan efek signifikan kepadatan tanaman di kebun kopi (jarak tanam kopi  $1.60 \times 0.50$  m terhadap tinggi tanaman dan diameter tajuk tanaman kopi. Penerapan irigasi di kebun kopi meningkatkan tinggi tanaman, diameter tajuk dan diameter batang. Tanaman kopi dengan irigasi mampu menghasilkan buah kopi lebih tinggi, terutama kalau ditanam dengan jarak tanam rapat. Kopi irigasi menghasilkan rata-rata  $2623 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , sedangkan kopi tanpa irigasi menghasilkan rata-rata  $1.026 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Tanaman kopi irigasi memiliki konsentrasi akar yang lebih besar dibandingkan tanaman kopi tanpa irigasi. Selain itu, konsentrasi akar lebih besar di lapisan tanah atas 0-0.5 m ketika jarak antar barisan tanaman kopi lebih rapat (Sakai et al., 2015).

Kualitas lahan adalah sifat-sifat pengenal (*attribute*) yang bersifat kompleks dari sebidang lahan. Setiap kualitas lahan mempunyai keragaan (*performance*) yang berpengaruh terhadap kesesuaiannya bagi penggunaan tertentu dan biasanya terdiri atas satu atau lebih karakteristik lahan (*land characteristics*). Kualitas lahan ada yang bisa diestimasi atau diukur secara langsung di lapangan, tetapi pada umumnya ditetapkan dari pengertian karakteristik lahan (FAO, 1976). Kualitas dan karakteristik lahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu retensi hara (nr).

Retensi hara yang dijadikan karakteristik lahan terdiri dari KTK (Kapasitas Tukar Kation), ph, C-organik, KB (Kejenuhan Basa). KTK tanah sebagai kapasitas tanah untuk menyerap dan mempertukarkan kation. KTK biasanya dinyatakan dalam miliekuivalen per 100 gram tanah (Tan, 1991). Tanah dengan KTK tinggi mampu menyerap dan menyediakan unsur hara yang lebih baik daripada dengan KTK rendah didominasi kation basa seperti: Ca, Mg, Na, K tetapi bila didominasi oleh kation asam Al, H (kejenuhan basa rendah) dapat mengurangi kesuburan tanah (Hardjowigeno, 2003).

Dalam upaya untuk meningkatkan produktivitas kebun kopi, beragam teknologi dapat digunakan, seperti pengelolaan tanah secara intensif, aplikasi pupuk sintetis dan kontrol kimia tumbuhan pengganggu (gulma), semua ini memiliki

konsekuensi negatif dalam jangka panjang dan bersifat “menambang” produktivitas lahan pertanian (Martins dan Matsumoto, 2010). Keberlanjutan pertanian dapat dinilai sebagai sekelompok persyaratan agroekologi yang harus dipenuhi, secara independen dari manajemen, tingkat ekonomi, lokasi di lanskap dan perbedaan lainnya. Dengan demikian, ia memiliki kebutuhan mendesak untuk mengatur metode evaluasi yang menentukan keberlanjutan sistem pertanian. Dua sistem kebun kopi di Piata, Chapada Diamantina, Bahia, telah dipilih untuk evaluasi keberlanjutan kebun kopi dengan naungan dan tanpa naungan. Analisis tanah meliputi aktivitas mikroba tanah, bahan organik tanah dan parameter fisika-kimia tanah. Karakteristik tanaman kopi yang penting adalah nilai SPAD (kandungan khlorofil daun) dan kandungan hara makro dan mikro dalam daun. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kebun kopi organik mempunyai parameter yang lebih baik penutupan muka tanah, kandungan bahan organik tanah dan aktivitas mikroorganisme tanah. Namun demikian, kandungan hara dalam tanah dan daun kopi berada di bawah dari tingkat yang mencukupi (Martins dan Matsumoto, 2010).

Guimarães, et al. (2014) mengevaluasi indikator kualitas tanah dan kesehatan kopi pada sistem agroforestri (AS) dan pengolahan tanah kebun kopi konvensional (CT) di Alegre, Espírito Santo, Brazil. Sampel tanah dikumpulkan dari kedalaman 0-20 cm. Kesuburan tanah tergolong “sedang” dan “rendah” pada kondisi kebun kopi AS dan CT. Menurut indikator kualitas tanah, sistem AS menunjukkan keberlanjutan lebih tinggi dibandingkan dengan kebun kopi CT. Tidak ada variasi dalam indikator kualitas di antara kedua agroekosistem kebun kopi. Penyelidikan dan interpretasi parameter kualitas tiftanah dan tanaman kopi terbukti dapat diakses dan mudah ditafsirkan oleh petani produsen kebun kopi. (Guimarães, et al., 2014).

Kemasaman tanah atau pH merupakan nilai (pada skala 0-14) yang menggambarkan jumlah relative ion  $H^+$  dalam larutan tanah. Pentingnya pH tanah antara lain (1) menentukan mudah tidaknya unsur-unsur hara diserap oleh akar tanaman, (2) menunjukkan adanya unsur-unsur beracun, (3) mempengaruhi perkembangan organisme tanah (Hardjowigeno, 2003).

Hasil penelitian Kumar dan Devi (2009) di kebun kopi Karnataka menunjukkan bahwa tanah-tanah di kebun kopi cenderung memiliki cadangan C-organik (BOT) yang cukup bagus. Sampel tanah dari sembilan profil tanah kebun kopi di Chikmagalur, Kodagu dan Hassan dengan kondisi lingkungan tumbuhnya perhumid, lembab, subhumid lembab dan iklim subhumid kering, jenis kopi Robusta dan Arabika. Rezim suhu tanahnya adalah isohyperthermic dan rezim kelembaban tanahnya adalah ustik. Tanah diklasifikasikan ke dalam Ultisol, Inceptisol dan Alfisol. Cadangan BOT ( $17.3 \text{ kg.m}^{-2}$ ) terdapat di Pedon 4, diikuti oleh Pedon 6 ( $14.9 \text{ kg.m}^{-2}$ ) dan Pedon 1 ( $13.3 \text{ kg.m}^{-2}$ ) dengan kondisi iklim lembab. Dalam Pedon 8 dan Pedon 9, cadangan C-organik tanahnya sangat rendah ( $5.3$  dan  $3.7 \text{ kg.m}^{-2}$ ) karena iklimnya subhumid hampir kering. Perbedaan utama Cadangan BOT di antara tanah terutama disebabkan oleh variasi iklim, praktik manajemen dan ketebalan horizon yang memiliki kandungan C-organik tertinggi, BI dan kandungan fragmen kasar. Studi ini menyimpulkan bahwa kandungan BOT merupakan salah satu indikator terbaik dari kualitas tanah dan keberlanjutan sistem penggunaan lahan kebun kopi (Kumar dan Devi, 2009).

Bahan organik merupakan kandungan karbon organik tanah (Djaenudin et al., 2003, dalam Darliana, 2007). Dekomposisi bahan organik menghasilkan asam-asam organik, penambahan bahan organik ke dalam tanah dapat meningkatkan kandungan senyawa organik dalam tanah yang dicirikan dengan meningkatnya kandungan C-organik tanah. C-organik penting bagi mikroorganisme tanah, tidak hanya sebagai unsur hara, tetapi juga sebagai pengkondisi sifat fisik tanah, yaitu agregasi tanah dan ketersediaan air tanah.

Kebun kopi mempunyai nilai-nilai ekonomi, nilai-nilai budaya, dan nilai-nilai ekologi yang sangat beragam. Pada kondisi alamiahnya, kebun kopi dapat berupa hutan asli atau sistem agroforestry (Aga *et al.*, 2003; Gole 2003). Di beberapa Negara di dunia, petani tradisional menanam kopi dengan berbagai jenis pohon naungan, terutama jenis pohon legume (Taye, 2001; Gole, 2003). Praktek agroforestri meningkatkan ketersediaan hara dalam tanah dan mempercepat siklus hara, karena akar-akar pohon yang lebih dalam sangat membantu memperbaiki kualitas tanah

(Young, 1997). Pohon naungan polongan pada agroekosistem kebun kopi juga mempunyai kapasitas memfiksasi N<sub>2</sub> dari udara (Beer et al., 1998; Grossman et al., 2006). Pohon naungan (jenis legume) dalam kebun kopi juga berkontribusi terhadap penyerapan karbon dari atmosfer dan penyimpanan karbon dalam tanah. Beer *et al.* (1998) menunjukkan bahwa agroekosistem kopi dapat mencegah pelepasan (emisi) karbon hingga 1000 ton/ha karbon.

Nigussie dan Kissi (2012) menyelidiki kontribusi agroekosistem kopi terhadap kesuburan tanah, contoh tanah dikumpulkan pada kedalaman 0-20 cm dan 20-40 cm dari empat penggunaan lahan yang berbeda, yaitu agroekosistem kopi, perkebunan kayu putih, lahan penggembalaan dan lahan budidaya. Sampel tanah dianalisis teksturnya, keasaman aktif dan tukar, C-organik, N-total, N-tersedia dan P-tersedia, KTK, kation tukar dan hara mikro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem penggunaan lahan secara signifikan ( $p < 0.05$ ) mempengaruhi semua indikator kualitas tanah kecuali kandungan pasir, Fe-tersedia dan Mn-tersedia. Mg-tukar, Cu dan Zn tersedia merupakan indikator penting untuk kualitas tanah dari sistem penggunaan lahan kebun kopi. Nilai tertinggi Mg-tukar, Cu dan Zn tersedia diamati pada lahan gembalaan sedangkan nilai terendah tercatat pada lahan kebun kopi (Nigussie dan Kissi, 2012).

### **2.3. Kebutuhan Hara Tanaman Kopi**

Unsur hara tanaman mengalami daur ulang dalam sistem lingkungan alam dan lingkungan binaan. Lingkungan alam 'tertutup' seperti hutan hujan-tropis, mendaur ulang haranya sendiri dan "mandiri" dalam hal perharannya. Akan tetapi, kalau ada tanaman yang dibudidayakan dalam situasi komersial, maka harus ada penambahan sejumlah hara untuk menggantikan hara yang dipanen dari sistem-lingkungan, seperti kebun kopi. Tanpa penambahan hara dalam bentuk pupuk, ketersediaan hara dalam tanah akan berkurang terus melalui panen buah dan biji kopi. Pertumbuhan tanaman terganggu dan produksinya rendah kalau ketersediaan hara dalam tanah tidak mencukupi kebutuhannya. Tanaman dengan "kekurnagan hara tingkat ringan" akan pulih tepat waktu dengan adanya pemupukan yang tepat, pengairan dan pengelolaan gulma yang memadai.

Di India, ditemukan bahwa untuk setiap 6.000 kg buah masak kopi (1 ton buah hijau) memanen hara tanaman sekitar 40 kg N, 2.2 kg P dan 53 kg K; jumlah hara ini harus diganti setiap tahun (Winston, et al., 2005). Ada 16 unsur hara esensial untuk pertumbuhan tanaman kopi. Tiga unsur hara (C, H, O) membentuk sekitar 94% jaringan tanaman dan diperoleh dari udara dan air. Sebanyak 13 unsur hara lainnya diperoleh dari tanah dan dikelompokkan menjadi dua kategori besar, yaitu hara 'makro' dan 'mikro'. Unsur hara makro dibutuhkan dalam jumlah yang lebih besar daripada hara mikro untuk pertumbuhan tanaman kopi yang normal.

Kandungan hara dalam tanah dan dalam daun kopi sangat menentukan pertumbuhan dan produktivitas tanaman kopi. Setiap unsur hara ini mempunyai kisaran kadar optimal dalam tanah dan daun kopi. Uji tanah dan analisis jaringan tanaman sangat diperlukan untuk mengetahui kandungan hara dalam tanah dan tanaman. Hasil uji ini dibandingkan dengan kisaran "optimal" unsur hara, dan hal ini menjadi landasan untuk menentukan program pemupukan di kebun kopi.

Menurut Winston, et al. (2005), kisaran optimal kandungan hara dalam daun kopi adalah:

Unsur hara	Kisaran optimal (%)	Unsr Hara	kisaran optimal (ppm)
N	2.5-3.0	Na	<0.05%
P	0.15-0.20	Cu	16 – 20
K	2.1-2.6	Zn	15-30
S	0.12-0.30	Mn	50-100
Ca	0.75-1.50	Fe	70-200
Mg	0.25-0.40	B	40-100

Menurut Winston, et al. (2005), kisaran optimal kandungan hara dalam tanah untuk tanaman kopi adalah :

Unsur hara dan Metode ekstraksinya	Kisaran optimum dalam tanah
pH tanah (1:5 tanah/air)	5.5-6.0
Bahan organik (Walkley Black)	1-3%
Konduktivitas (1:5 tanah/air)	<0.2 dsm
N-nitrat (1:5 ekstraks air)	>20 ppm (lebih relevan analisis daun)
Fosfat (Colwell or Bicarb)	60 - 80 mg/kg
Kalium (Ammonium asetat)	>0.75 mg/kg
Sulfur (KCl-40)	>20 mg/kg
Kalsium (Ammonium asetat)	3-5 meq/100g
Magnesium (Ammonium asetat)	>1.6 meq/100g
Aluminium (Ekstraks KCl)	Sangat rendah
Natrium (Ammonium asetat)	<1.0 meq/100g
Khlorida (1:5 ekstraks air)	250 mg/kg
Tembaga (DPTA)	0.3-10 mg/kg
Seng (DPTA)	2-10 mg/kg
Mangan (DPTA)	<50 mg/kg
Besi (DPTA)	2-20 mg/kg
Boron (Kalsium khlorida panas)	0.5 - 1.0 mg/kg (tanah lempung berpasir)
	1.0-2.0 mg/kg (tanah lempung-liat)
KTK tanah	3.5 (tanah berpasir)
	>10 (tanah bertekstur berat)
Keseimbangan hara kation	Kalium (< 10%) Kalsium (65 - 80%) Magnesium (15 - 20%) Natrium (< 5%) Aluminium (< 1%)
Rasio Ca/Mg	3-5

Núñez, et al. (2011) melaporkan rendahnya hasil kopi di perkebunan kopi Barahona di Republik Dominika (<290 kg.ha<sup>-1</sup>). Secara umum, produsen kopi di daerah ini tidak menerapkan teknik diagnostik uji-tanah dan analisis jaringan tanaman. Penelitian ini dilakukan untuk mendiagnosa tingkat kesuburan tanah di perkebunan kopi di daerah Barahona seluas 637 hektar dan merancang strategi pengelolaan hara di kebun kopi. Tanah di kebun kopi ii didominasi oleh tekstur liat. Nilai pH tanah bervariasi antara 4.61-7.69 dan kandungan BOT berkisar 3.29-10.9%.

Kadar K-tukar dalam tanah tergorong rendah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa uji tanah di kebun kopi ini dapat digunakan sebagai alat untuk mendiagnosa status kesuburan tanah dan mengarahkan program pemupukan (Núñez, et al., 2011).

Kemasaman tanah (pH) adalah salah satu kendala utama yang membatasi produktivitas kebun kopi di Southern Rwanda. Cyamweshi, et al. (2014) mengevaluasi efek kapur terhadap ketersediaan hara dan hasil buah kopi Arabika yang ditanam di tanah masam dari distrik Nyamagabe. Dosis kapur (0 dan 1.25 ton.ha<sup>-1</sup> Ca(OH)<sub>2</sub>) diaplikasikan pada kondisi kebun kopi ber-mulsa dan tanpa-mulsa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi kapur meningkatkan pH tanah, menurunkan kejenuhan Al dan meningkatkan ketersediaan hara dengan nilai bervariasi 2-35.9 ppm, 3.1-5.5 cmol(+).kg<sup>-1</sup> dan 0.57-1.56 cmol(+).kg<sup>-1</sup> untuk P-tersedia, Ca-tukar dan Mg-tukar. Selain itu, interaksi kapur-mulsa menyebabkan kandungan N-tanah lebih tinggi (0.19%) dan hasil buah kopi yang tinggi (8.5 ton.ha<sup>-1</sup>) dibandingkan dengan kontrol (3.8 ton.ha<sup>-1</sup>). Hasil buah kopi berkorelasi positif dengan pH tanah ( $r^2 = 0.71$ ), Ca-tanah ( $r^2 = 0.56$ ), Mg-tanah ( $r^2 = 0.53$ ), N-total tanah ( $r^2 = 0.30$ ), P-tersedia ( $r^2 = 0.62$ ) dan berkorelasi negatif dengan kejenuhan Al ( $r^2=0.3$ ). Aplikasi kapur dalam kebun kopi bermulsa dianjurkan untuk meningkatkan ketersediaan hara dalam tanah dan hasil buah kopi pada tanah-tanah masam di Rwanda selatan (Cyamweshi, et al., 2014).

Malavolta (1990) merekomendasikan tanah yang bagus untuk kebun kopi mempunyai karakteristik: P (resin): 15-30  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ ; P (Mehlich1): 10-20 ppm; S-SO<sub>4</sub>: 10-15  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ ; K% KTK (pH 7.0): 10-15%; Ca% KTK(pH 7.0): 40-60%; Mg% KTK(pH 7.0): 10-15%; V%: 60-70%; KTK(pH 7.0): 7-10 meq/100 cm<sup>3</sup>; B (air panas): 0.4-0.5 ppm; B (0.05 N HCl): 1.0-1.2 ppm; Cu (Mehlich1): 2-3 ppm; Zn (Mehlich1): 4-7. Kapur seringkali digunakan untuk memperbaiki tanah-tanah masam hingga mencapai pH 4.5-5.5 dalam lapisan tanah atas 0-20cm. Ketika menanam bibit kopi, lubang tanam harus ditutup dengan 250-500g kapur (Mavolta, 1990, 2006). Kenaikan produksi hingga 500% telah diamati dengan menambahkan kapur. Di Brazil perkebunan yang produksinya tinggi ternyata tanahnya memiliki pH 6.0-6.5, kapasitas tukar kation (KTK)

40-50%, dan kejenuhan basa (KB) tanah lapisan atas 0-20 cm sebesar 60% (Malavolta, 1990 dan 2006).

Remobilisasi dan pemanfaatan-kembalicadangan N dan K berlabel 15N dan 85Rb untuk pertumbuhan dan pembentukan buah kopi diteliti di rumah kaca dengan menggunakan tanaman kopi muda normal dan kekurangan hara (Filho de Lima dan Malavolta, 2003). Ekspor N oleh organ-organ tanaman yang normal menunjukkan proporsi dari total seperti berikut: daun 47-58%, cabang dan kuncup bunga 21-27%, akar 21-32%. Angka-angka ini untuk tanaman yang kekurangan hara adalah: daun 49-65%, cabang dan kuncup bunga 21-27%, akar 14-25%. Pemanfaatan kembali K berlangsung dalam proporsi berikut untuk tanaman normal: daun 54-64%, cabang dan kuncup bunga 20-21%, akar 30-41%. Dalam K tanaman yang kekurangan hara adalah tersebut: daun 62-79%, cabang dan kuncup bunga 1.2-4.4%, akar 20-33%. Dalam jaringan yang terbentuk setelah mulai berbunga, permintaan N dipenuhi oleh cadangan sebagai berikut: tanaman yang normal: buah 20.6-24.8%, daun 15.6-19.4%, ranting 19-20.5%; tanaman yang kekurangan hara adalah: buah 43.5-48.5%, daun 48.1-51.9%, ranting 46-53%. Kebutuhan K untuk jaringan baru dipenuhi dalam urutan: tanaman yang normal: buah 40-45.8%, daun 27-37.6%, ranting 26-33.1%; tanaman yang kekurangan hara: buah 65.7-81.5%, daun 52.6-68.4%, ranting 62-86.1%. Buah mewakili simpanan utama untuk hara N dan K. Pemanfaatan kembali N dan K lebih tinggi dalam kasus tanaman yang kekurangan hara (Filho de Lima dan Malavolta, 2003).

Martins, *et al.* (2013) mengevaluasi efisiensi hara fosfor pada klon kopi conilon dalam kondisi rumah kaca. Sebuah desain faktorial 13 x 4 digunakan dengan tiga ulangan, dan faktor-faktornya adalah: 13 klon yang membentuk kultivar klonal "Vitória Incaper 8142" dan empat tingkat dosis pupuk P (0%, 50%, 100% dan 150% dari  $P_2O_5$  yang direkomendasikan untuk budidaya kopi) dalam rancangan acak lengkap (RAL). Budidaya dilakukan selama periode 150 hari, untuk mendapatkan nilai-nilai bahan kering dan kadar P bagian vegetatif tanaman kopi. Indeks efisiensi hara (penyerapan, translokasi dan pemanfaatan) dianalisis. Klon dari kopi conilon menunjukkan perilaku yang berbeda untuk semua variabel pada setiap tingkat

pemupukan  $P_2O_5$ . Biomassa kering, kadar P, dan efisiensi pemanfaatan P dari klon kopi ini meningkat secara linear dengan peningkatan dosis pupuk P. Efisiensi penyerapan P, tergantung pada tingkat dosis pupuk P pada klon kopi conilon dengan model kuadratik. Efisiensi translokasi P, tergantung pada dosis pupuk P, berbeda-beda di antara klon kopi conilon, dengan karakteristik linear dan kuadratik (Martins, et al., 2013).

#### **2.4. Ketersediaan dan Retensi Hara dalam Tanah**

Ketersediaan beberapa hara tanaman sangat dipengaruhi oleh pH tanah. Nilai pH tanah "Ideal" adalah di dekat netral, dan tanah-tanah netral dianggap berada dalam kisaran agak asam (pH 6.5) hingga agak basa (pH 7.5). Sebagian besar unsur hara mempunyai ketersediaan optimal dalam kisaran pH 6.5-7.5, dan kisaran pH ini umumnya sangat kompatibel untuk pertumbuhan akar tanaman (Jensen, 2010).

Nitrogen (N), Kalium (K), dan sulfur (S) adalah hara tanaman yang kurang terpengaruh langsung oleh pH tanah, tetapi masih sampai batas-batas tertentu. Hara P, secara langsung terpengaruh oleh kondisi pH tanah. Pada kondisi basa, lebih besar dari pH 7.5, anion fosfat cenderung bereaksi cepat dengan Ca dan Mg membentuk senyawa yang kurang larut. Pada kondisi pH masam, anion fosfat bereaksi dengan Al dan Fe membentuk senyawa kurang larut. Sebagian besar hara-hara lainnya (terutama hara makro) cenderung kurang tersedia bila pH tanah lebih dari 7.5, dan pada kenyataannya kondisi optimal untuk P-tersedia adalah pH sedikit masam (pH 6.5-6.8). Pengecualian adalah Mo, yang kurang tersedia pada kondisi pH masam dan lebih tersedia pada kondisi pH moderat-basa (Jensen, 2010).

##### **2.4.1. Kandungan C-Organik Tanah**

Tanaman mendapatkan unsur hara dari dua sumberdaya alam, yaitu bahan organik dan bahan mineral. Bahan organik meliputi setiap materi tumbuhan atau hewan yang kembali ke tanah dan hilang melalui proses dekomposisi. Selain memberikan hara dan habitat bagi organisme hidup dalam tanah, bahan organik juga mampu mengikat partikel tanah menjadi agregat dan meningkatkan kapasitas menahan air-tanah. Kebanyakan tanah mengandung 2-10 % BOT.

Tanah adalah ekosistem yang hidup dan dinamis. Tanah yang sehat penuh dengan mikro dan makro organisme yang melakukan banyak fungsi penting termasuk mengkonversi bahan organik dan bahan mineral menjadi hara tersedia bagi tanaman. Organisme tanah yang berbeda memakan substrat organik yang berbeda pula. Aktivitas biologisnya sangat tergantung pada pasokan bahan organik. Pertukaran hara antara bahan organik, air dan partikel tanah sangat penting untuk kesuburan tanah dan perlu dipertahankan untuk tujuan produksi tanaman yang berkelanjutan. Kalau tanah dimanfaatkan untuk produksi tanaman tanpa mengembalikan bahan organik dan menjaga ketersediaan hara dan mempertahankan struktur tanah yang baik, siklus hara akan rusak, terjadi penurunan kesuburan tanah dan kesetimbangan agro-ekosistem akan rusak.

Bahan organik tanah mempengaruhi sifat kimia dan fisika tanah dan kesehatan tanah secara keseluruhan. Komposisi dan tingkat kerusakan BOT dapat mempengaruhi: struktur tanah dan porositas tanah; laju infiltrasi air hujan dan kapasitas simpanan air-tanah; keragaman dan aktivitas organisme tanah; dan ketersediaan hara bagi tanaman. Banyak praktek pertanian, terutama pengolahan tanah dan pembakaran vegetasi, mempercepat dekomposisi bahan organik tanah dan meninggalkan tanah rentan terhadap erosi angin dan air. Pertanian konservasi mencakup berbagai praktek yang menggabungkan pengolahan atau persiapan tanah secara minimum dengan tanaman penutup tanah dan rotasi tanaman.

Kandungan BOT merupakan fungsi dari input bahan organik (biomasa residu dan akar) dan dekomposisi serasah. Hal ini terkait dengan kelembaban tanah, suhu dan aerasi tanah, sifat fisika dan kimia tanah, serta bioturbation BO (pencampuran oleh makrofauna tanah), pencucian hara oleh air dan stabilisasi humus (kompleks organomineral dan agregat tanah). Penggunaan lahan dan praktek manajemen kebun juga mempengaruhi kandungan BOT di kebun kopi. Bahan organik tanah (BOT) meliputi semua jenis senyawa organik yang terdapat di dalam tanah termasuk serasah, fraksi bahan organik ringan, biomassa, mikroorganisme, bahan organik terlarut di dalam air dan bahan organik yang stabil dan humus (Stevenson 1994). Karbon

organik tanah mempengaruhi kondisi fisik tanah, reaksi pertukaran kation, aktivitas biologi, dan reaksi kompleks logam-logam (Tan, 1995).

Evaluasi dampak dari berbagai sistem manajemen kebun kopi sangat penting untuk menentukan kualitas lahan di kebun kopi. Guimarães, et al. (2014) mengevaluasi dampak sistem produksi kopi organik dan agroforestri-kopiterhadap cadangan C-tanah, N-tanah dan kualitas bahan organik di kebun kopi di wilayah Caparaó-São Paulo-Brasil. Dalam system Pertanian-1 dievaluasi hutan primer, kopi organik dan kopi konvensional. Dalam sistem Pertanian-2 dievaluasi hutan sekunder, kopi organik tumpangsari dengan inga, kopi organik tumpangsari dengan lamtoro dan inga, kopi organik tumpangsari cedar, dan kopi konvensional dengan sinar matahari penuh. Sampel tanah dikumpulkan dari titik dalam proyeksi naungan tajuk kopi dengan kedalaman 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 dan 60-100 cm. C-tanah dan N-tanah mencerminkan sejarah manajemen kebun kopi dalam kaitannya dengan kawasan hutan, dengan dampak terbesar pada lapisan tanah atas 0-10 cm. Pada kedalaman tanah ini, Sistem Pertanian-1, ternyata kopi-konvensional menunjukkan nilai lebih rendah 27.3% untuk C-tanah dan 14.9% untuk N-tanah dibandingkan dengan kopi-organik. Dalam Sistem Pertanian-2, Kandungan C-tanah dan N-tanah pada kopi-konvensional dalam lebih rendah 22.1% dan 31.4% dibandingkan dengan kopi-agroforestri. Cadangan C-tanah sistem kebun kopi lebih rendah sebesar 28.6% dan 17.4% dibandingkan dengan hutan primer dan hutan sekunder. Kandungan C-mineralizable tanah lapisan atas lebih tinggi pada sistem kopi-organik dibandingkan dengan kopi konvensional, dalam Sistem Pertanian-2. Sistem agroforestri kopi mempunyai indeks manajemen karbon yang lebih tinggi dibandingkan dengan kebun kopi-organik dan kebun kopi konvensional, menyediakan kualitas tanah yang lebih baik (Guimarães, et al., 2014). Kandungan bahan organik tanah (BOT), fiksasi N<sub>2</sub> secara biologis dan simbiosis mikoriza, mempunyai peran penting dalam menentukan kualitas tanah di kebun kopi (Snoeck dan Vaast, 2009).

Penambahan bahan organik ke tanah seringkali dipandang sebagai intervensi penting untuk menjaga kualitas tanah di kebun kopi. Payan, Jones dan Beer (2007) meneliti respon temporal fraksi makro-organik tanah terhadap praktek budidaya

pertanian kopi organik (misalnya residu tanaman, cacing tanah dan mikroba non-inokulum). Tiga fraksi kerapatan materi makroorganik ( $> 150 \text{ m}$ ) dipelajari selama satu tahun setelah menambahkan hasil pangkasan pohon naungan (*Erythrina poeppigiana*) ke tanah ( $5 \text{ ton.ha}^{-1}$  dua kali dengan interval 6 bulanan). Fraksi makroorganik tanah hanya mewakili sebagian kecil dari total BOT (3-6% dari total). Meskipun jumlah total BOT tidak berubah dari waktu ke waktu, perubahan sementara signifikan ukuran fraksi makroorganik tampaknya tergantung pada pola manajemen kebun kopi. Fraksi kerapatan ringan tampaknya fraksi yang paling responsif dan mungkin menjadi indikator kualitatif fraksi 'aktif' dari BOT; ukuran fraksi makroorganik tidak memberikan indikator yang dapat diandalkan untuk tingkat dekomposisi BOT atau pelepasan hara. Penambahan inokulan mikroba dan cacing tanah hanya memiliki efek kecil dan tidak konsisten terhadap dinamika materi makroorganik dan praktek-praktek seperti ini hanya menawarkan sedikit keuntungan agronomis. Studi ini menyarankan masukan bahan organik ke tanah untuk mempertahankan cadangan C-tanah dan melestarikan kualitas tanah dalam sistem pertanian kopi-organik (Payan, Jones dan Beer, 2007).

Perubahan manajemen tanah dan penggunaan lahan berpengaruh terhadap kandungan BOT melalui perubahan kuantitas dan kualitas biomasa sisa tanaman yang masuk ke dalam tanah, distribusi musimannya dan spasialnya, rasio antara bagian di atas tanah dan bawah tanah, serta melalui gangguan-gangguan tanah. Pinheiro, et al. (2015) mengajukan hipotesis bahwa C disimpan dalam fraksi mineral (C terikat fraksi pasir, debu dan liat). Penelitian ini mengevaluasi cadangan C dan stabilisasinya pada tanah tropis distrofik Red Latosol (Typic Haplortox) (Paty do Alferes, Brazil) dengan sistem pengolahan tanah dan penutup tanah selama enam tahun. Perlakuan yang dicobakan termasuk tanpa olah tanah (NT), olah tanah dengan tenaga kerja hewan (AT) dan pengolahan tanah konvensional (CT). Dua perlakuan tambahan yang dievaluasi adalah: tutupan rumput (GC) dan tanah kosong (BS). Setelah enam tahun tanaman, cadangan C-tanah pada lapisan 0-10 cm lebih tinggi pada perlakuan NT daripada CT ( $17.6 \text{ vs } 12.3 \text{ Mg.ha}^{-1}$ ,  $p < 0,05$ ). Hal ini mengakibatkan peningkatan  $5.3 \text{ Mg C.ha}^{-1}$  pada perlakuan NT dibandingkan dengan CT. Pada perlakuan NT,

sebagian dari akumulasi C dibandingkan dengan CT terjadi pada sebagian kecil mineral. Meskipun demikian, hanya C- fraksi pasir yang secara statistik berbeda (6.7 vs 1.2 g.kg<sup>-1</sup> tanah,  $p < 0.05$ ). Perlakuan GC memiliki penyerapan C tertinggi, C dan N yang terkait dalam fraksi mineral (14.9 g C.kg<sup>-1</sup> dan 5.1 g N.kg<sup>-1</sup>) pada kedalaman 0-5 cm. Untuk semua perlakuan, sebagian besar C-organik tanah berada pada fraksi berat (> 55%). GC memasukkan ke dalam tanah setiap tahun 0.6 Mg C.ha<sup>-1</sup>. C-fraksi pasir adalah fraksi mineral yang paling masuk akal terkait dengan C, dibandingkan dengan C-fraksi debu dan C-fraksi liat, dan dapat digunakan sebagai indikator kualitas tanah yang cocok untuk penggunaan berkelanjutan (Pinheiro, et al., 2015).

Hasil penelitian Ekwue, Birch dan Chadee (2014) menunjukkan bahwa bahan organik menurunkan kekuatan tanah pada kondisi tanah yang dipadatkan pada kadar-lengas tanah yang rendah, efek ini berkurang dengan meningkatnya kadar lengas-tanah, dan ada sedikit peningkatan kekuatan tanah pada kondisi lengas tanah tinggi. Bahan organik menurunkan kekuatan tanah pada tiga kondisi lengas-tanah dengan menurunkan sudut gesekan partikel daripada gaya kohesi tanah.

Strategi manajemen bahan organik (BO) dan perubahan input energi mekanik ternyata mempengaruhi sistem tanah. Abdollahi, et al. (2014) melakukan percobaan lapangan jangka panjang (13-14 tahun) untuk mengevaluasi dampak strategi manajemen ini terhadap pembentukan struktur tanah, stabilisasi struktural dan hasil panen dari tanah lempung berpasir di Denmark. BO diaplikasikan sebagai pupuk dan dengan retensi sisa tanaman (ORG) untuk dibandingkan dengan plot hanya mengenakan dengan pupuk mineral (MIN). Tanah yang rotovated (ROT), dipadatkan (PAC) atau tanah yang terganggu (REF) sebagai perlakuan split-plot dengan plot utamanya manajemen OM lebih dari dua tahun sebelum sampling. Dalam dua tahun berturut-turut, sampel tanah terganggu dikumpulkan dari lapisan tanah 6-13 cm di lapangan yang ditanami gandum musim dingin untuk menilai fraksi karbon organik tanah (C) (Total C-organik, C-polisakarida C dan C-biomassa mikroba), total C-organik dan C-polisakarida dari makro-agregat 1-2 mm, bobot isi tanah, panjang hifa, stabilitas agregat, dispersibility liat, kekuatan-tarik agregat, kekuatan-tarik langsung dan kekuatan-geser. Kemudahan fragmentasi dan kekuatan-geser torsi tanah diukur di

lapangan. Aplikasi BO meningkat semua fraksi C-tanah. Pola respon dari fraksi C-organik dalam agregat tanah menunjukkan pola yang sama seperti pola pada keseluruhan tanah. C-polisakarida tampaknya menjadi agen penting dalam proses agregasi tanah. Pengaruh C-mikroba dan hifa jamur terhadap proses agregasi tanah tidak jelas. Pengolahan tanah intensif dan lalu lintas alsintan menghasilkan kondisi tanah yang tidak menguntungkan dari sudut pandang besarnya tingkat dispersi liat, rendahnya stabilitas agregat, kekuatan tarik tanah yang lebih tinggi dan fragmentasi tanah yang buruk (Abdollahi, et al., 2014).

Bahan organik tanah adalah agen penting yang bertanggung jawab atas penggerombolan partikel mineral tanah dan menciptakan stabilitas agregat tanah. Pengelolaan tanah dapat memodifikasi kandungan BOT dan stabilitas agregat tanah. Šimanský, Bajčan dan Ducsay (2013) mengevaluasi pengaruh BOT terhadap stabilitas agregat tanah pada kondisi praktek pengelolaan tanah yang berbeda-beda di Rendzic Leptosol, dalam tahun yang sangat lembab. Pada tahun 2006, dilakukan percobaan praktek manajemen yang berbeda-beda di sebuah kebun anggur yang produktif di Nitra-Dražovce (Slowakia). Perlakuan yang dicobakan adalah: Kontrol (rumput tanpa pemupukan), T (pengolahant tanah), T+FM (pengolahan tanah + pupuk kandang), G+NPK3 (rumput+NPK 120-55-195 kg.ha<sup>-1</sup>), dan G+NPK1 (rumput + NPK 80-35-135 kg.ha<sup>-1</sup>). Sampel tanah dikumpulkan setiap bulan, sepanjang tahun 2010. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses agregasi dan stabilitas struktur tanah terutama tergantung pada bentuk BOT yang stabil atau BOT yang dilindungi secara fisik dalam agregat tanah. Dalam perlakuan dengan dibajak dan pupuk-kandang, stabilitas struktur tanah menurun, selama 2010. Dalam hal ini, stabilitas zat humat berpengaruh signifikan terhadap stabilitas struktur tanah. Semakin rendah kandungan zat humat dalam tanah ternyata semakin rendah stabilitas struktur tanah (Šimanský, Bajčan dan Ducsay, 2013).

Pemeliharaan BOT melalui manajemen kesuburan tanah penting untuk melestarikan kualitas tanah dan produktivitas pertanian, dan untuk menjaga keanekaragaman fauna-tanah dan biomasnya. Interaksi manajemen kesuburan tanah dan keanekaragaman makrofauna tanah berpengaruh terhadap agregasi tanah dan

dinamika BOT dalam sistem tanam yang produktif. Ayuke, et al. (2011) melakukan percobaan jangka panjang di Kabete, Kenya Tengah, untuk menyelidiki efek masukan bahan organik (brangkasan jagung atau pupuk kandang) dan pupuk anorganik terhadap kelimpahan makrofauna tanah, biomasnya dan keragaman taksonominya, agregatanah yang stabil air, N dan C-organik seluruh tanah, N dan C-organik dalam agregat tanah, serta hubungan di antara variabel-variabel.

Aplikasi kompos (FYM) yang dikombinasikan dengan pupuk anorganik ternyata dapat meningkatkan keanekaragaman cacing tanah dan biomasnya, stabilitas agregat tanah, dan cadangan C dan N dalam tanah lapisan atas 0-15 cm. Kelimpahan cacing tanah secara signifikan berkorelasi negatif dengan persentase total makro-agregat dan mikro-agregat dalam makro-agregat, tetapi semua parameter cacing tanah berkorelasi positif dengan C-seluruh tanah dan C-agregat dan N, tidak seperti parameter rayap. Analisis faktor menunjukkan bahwa 35.3% dari variasi agregasi dan fraksi C dan N total tanah, dan fraksi C dan N agregat dapat dijelaskan oleh parameter cacing tanah, dan 25.5% oleh parameter rayap. Korelasi negatif antara kelimpahan cacing tanah dengan jumlah makro-agregat dan mikro-agregat dalam makro-agregat dapat dikaitkan dengan kehadiran tingginya jumlah *Nematogonia lacuumpada* perlakuan subur tanpa perubahan bahan-organik, spesies endogeic ini memakan kotoran cacing epigeic lainnya dan menghasilkan kotoran yang lebih halus. Kelimpahan cacing tanah, biomassa dan keragamannya berpengaruh terhadap stabilitas agregat tanah dan kandungan C dan N dalam tanah (Ayuke, et al., 2011).

Aplikasi bahan organik pembenah tanah dan pupuk N-anorganik ternyata berpengaruh terhadap kualitas tanah dan pertumbuhan tanaman. Kätterer, et al. (2011) menggunakan konsep 'setara massa tanah' untuk memperkirakan perubahan stok karbon dalam tanah lapisan atas pada berbagai perlakuan pengelolaan tanah. Input C dalam perlakuan dan kandungan C tanaman dihitung dengan menggunakan fungsi alometrik dan hasil panen tanaman. Input C dikelompokkan menjadi tujuh kategori dengan kualitasnya masing-masing, sehingga memungkinkan kita untuk menghitung koefisien 'humifikasi' untuk setiap kategori. Koefisien ini hanya berdasarkan fraksi dari total input-C yang masih tetap tinggal dalam tanah lapisan atas setelah sekitar 50

tahun. Seperti yang ditunjukkan dalam studi sebelumnya, koefisien ini tertinggi pada tanah gambut, diikuti oleh lumpur-limbah, pupuk kandang, serbuk gergaji dan biomasa sisa tanaman. Hasil yang paling menarik dari penyelidikan saat ini adalah bahwa koefisien untuk C yang berasal dari biomasa akar ternyata 2.3 kali lebih tinggi daripada biomasa bagian tanaman di atas tanah. Hasil penelitian ini mendukung hipotesis bahwa C-akar berkontribusi lebih banyak untuk cadangan C-tanah daripada C-biomasa bagian tanaman di atas tanah (Kätterer, *et al.*, 2011).

Aplikasi jangka panjang berbagai jenis pupuk organik (limbah lumpur, pupuk kandang, kompos) dapat memperbaiki stabilitas struktur tanah dan meningkatkan kandungan BOT (Lima, *et al.*, 2009). Metode elektroforesis kapiler dilakukan untuk kuantifikasi monosakarida dan senyawa fenolik, sedangkan Metode NMR dan FT-IR digunakan untuk karakterisasi bahan organik tanah. Aplikasi pupuk kandang meningkatkan kandungan bahan organik yang berasal dari angiosperma, karena lebih tinggi kandungannya fenol-syringic dan vanilat. Studi spektroskopi menunjukkan peningkatan lignin dan substansi seperti lignin dalam bahan organik tanah, yang mungkin berasal dari jerami sereal yang ada dalam pupuk kandang. Menurut analisis spektroskopi, <sup>13</sup>C-NMR CPMAS dan spektrum FT-IR, kandungan lebih tinggi dari gugus metilen (-CH<sub>2</sub>) dari protein dan senyawa seperti protein, serta tingkat yang lebih tinggi karbohidrat, ditemukan dalam tanah yang diberi kompos. Kandungan monosakarida (rhamnose, xylose, glukosa, manosa, arabinosa, fucose dan galaktosa) tidak signifikan dipengaruhi oleh pupuk organik. Hal ini menunjukkan bahwa jenis pupuk organik yang digunakan tidak mempengaruhi enam monomer organik tersebut. Aplikasi jangka panjang pupuk kandang ternyata dapat meningkatkan kandungan lignin dan senyawa seperti lignin dalam bahan organik tanah, sedangkan aplikasi kompos berkontribusi terhadap peningkatan kandungan protein dan senyawa seperti protein, serta karbohidrat dalam bahan organik tanah. Pengetahuan tentang perubahan ini penting untuk memahami penyerapan dan bioavailabilitas polutan, serta memanfaatkan residu limbah organik menjadi pupuk organik (Lima, *et al.*, 2009).

#### 2.4.2. Kemasaman Tanah (pH)

Kemasaman tanah menunjukkan tinggi rendahnya konsentrasi ion  $H^+$  di dalam tanah dan disebut sebagai pH tanah. Menurut Indarwanto (2010), pH atau derajat kemasaman terutama berhubungan dengan ketersediaan hara. Pada pH tinggi ketersediaan unsur hara menjadi terbatas. Sedangkan pada pH kurang dari 5 akan menyebabkan keracunan Fe dan Al pada tanaman.

Kemasaman (pH) tanah merupakan faktor penting yang mempengaruhi ketersediaan hara dalam tanah yang berdampak pada pertumbuhan tanaman. Mengingat kerentanan pH tanah terhadap efek pemupukan yang berlebihan dan semakin intensifnya penggunaan pupuk, maka perlu untuk menguji pengaruh pH tanah terhadap distribusi dan ketersediaan hara dalam tanah. (Zhao, et al. (2011) menganalisis contoh tanah coklat dari kebun pir di tiga belas kota di Wendeng. Sampel tanah ini dikumpulkan dari keun di antara deretan tanaman pir pada jarak tertentu dan kedalaman tanah tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH tanah berfluktuasi 4.06-6.59 pada bulan Oktober 2008 dan 4.24-7.57 pada bulan April 2009. Jumlah sampel tanah dengan pH di bawah 5.50 meningkat 34.6%. Analisis pH tanah pada sampel yang diperoleh di dalam barisan pohon menunjukkan bahwa pH menurun kalau kedalaman tanah meningkat (kecuali untuk kisaran 5.5-6.0); pH tanah dalam sampel yang diambil di antara barisan pohon menunjukkan tren yang berbeda. Rata-rata kandungan BOT, N-tersedia, P-tersedia, K, Cu, Zn, Fe, dan Mn dalam sampel tanah yang dikumpulkan pada bulan Oktober 2008 ternyata lebih tinggi daripada yang diamati pada bulan April 2009. Sebaliknya, nilai hara tersedia lainnya lebih rendah dibandingkan dengan sampel tanah yang dikumpulkan bulan April 2009. Kandungan hara tersedia dan BOT, pH ternyata bervariasi. pH tanah secara signifikan berkorelasi dengan N-tersedia, K, Cu, Fe, Ca-tukar pada sampel tanah Oktober 2008, sedangkan korelasi signifikan terjadi di antara N-tanah, P-tersedia, Zn, Ca tukar, dan Mg-tukar pada sampel tanah bulan April 2009. Korelasi antara pH tanah dan jumlah nutrisi yang tersedia dan BOT di dalam barisan pohon pada September 2009 hampir konsisten dengan kondisi di antara barisan pohon (Zhao, et al., 2011).

Efek terintegrasi dari faktor-faktor lingkungan terhadap proses nitrifikasi dalam tanah sebagian besar masih belum diketahui. Che, et al. (2015) melakukan percobaan mikrokosmos untuk menyelidiki efek interaktif dari pH dan  $\text{NH}_4^+$  terhadap aktivitas nitrifikasi dalam dua tanah masam dengan pola penggunaan lahan yang berbeda (tanah Anhui, tanah hutan, tanah Jiangxi, tanah sikat). Contoh tanah diinkubasi pada kondisi pH asli dan pH- $\text{CaCO}_3$  dengan adanya atau tidak adanya penambahan amonium selama 60 hari. Penambahan  $\text{CaCO}_3$  saja tidak mengubah aktivitas nitrifikasi dalam tanah. Penambahan amonium merangsang nitrifikasi pada tanah Anhui, tetapi tidak pada tanah Jiangxi, dan stimulasi ini lebih jelas dengan peningkatan aplikasi  $\text{CaCO}_3$ . Aktivitas enzim monooxygenase amonia (Amoa) pada bakteri oksidasi amonia (AOB) dan arche oksidasi amonia (AOA) jauh lebih tinggi pada tanah Anhui daripada tanah Jiangxi. Pada tanah Anhui, perubahan dalam elektroforesis denaturasi gradien gel (DGGE) pola sidik jari gen Amoa bakteri ternyata sejajar dengan perubahan Amoa jumlah salinan gen AOB. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa AOB memainkan peran penting dalam nitrifikasi yang dipacu oleh  $\text{CaCO}_3$  pada tanah Anhui dengan penambahan amonium. Tingkat nitrifikasi yang rendah pada tanah Jiangxi (terlepas dari efek  $\text{CaCO}_3$ ) dengan atau tanpa pasokan  $\text{NH}_4^+$  dapat dianggap berasal dari rendahnya aktivitas AOB dan AOA, terutama AOA (Che, et al., 2015).

Untuk memastikan dampak pupuk kandang terhadap pelapukan kapur pada tanah masam dan memahami kontribusi pelapukan karbonat terhadap  $\text{CO}_2$  udara tanah dalam profil tanah masam, maka dua macam profil tanah kontrasif (profil kontrol dan profil yang diberipupuk kandang) di lokasi HuaXi-Guiyang, dan pembenaman tablet batuan-karbonat pada kedalaman yang berbeda dari profil tanah untuk menentukan tingkat pelapukan kapur (Chao, et al., 2014). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa  $\text{CO}_2$  udara tanah meningkat karena penambahan pupuk kandang, namun pelapukan tablet batuan-karbonat melambat, yang disebabkan oleh peningkatan pH tanah masam setelah penambahan pupuk kandang. Hubungan antara laju disolusi tablet batuan-karbonat dan pH tanah menunjukkan bahwa tingkat pelapukan kapur dikontrol oleh pH tanah daripada  $\text{CO}_2$  dalam tanah masam. Dengan

demikian, kontribusi proton dalam tanah masam sebagai agen pelapukan terhadap alkalinitas dapat menyebabkan terlalu tingginya konsumsi  $\text{CO}_2$  melalui pelapukan kimia pada skala regional / global yang menggunakan metode hidrokimia (Chao, et al., 2014).

Beberapa hasil penelitian melaporkan adanya kelarutan fosfat yang minimal pada kondisi pH 5.5-7.0 tanah-tanah non-kapur. Hipotesis yang berbeda telah dirumuskan untuk menjelaskan fenomena ini. Gustafsson, Mwamila dan Kergoat (2012) melakukan penelitian dengan sepuluh sampel tanah dengan berbagai tekstur dan status P-tanah, menganalisis P- terlarut sebagai fungsi dari pH dan beban fosfat. Sampel tanah yang mengandung lebih dari 20% liat, semuanya memiliki kelarutan fosfat minimum pada pH 6-7, sedangkan untuk sampel tanah yang mengandung liat <10%, tidak ada batasan minimum. Percobaan yang melibatkan penambahan fosfat dan arsenat menunjukkan peningkatan adsorpsi anion dengan penurunan pH di bawah pH 6 pada tanah-tanah liat, hal ini menunjukkan bahwa efek pH terhadap adsorpsi dan desorpsi ternyata tidak sama. Percobaan kinetika menunjukkan bahwa desorpsi fosfat meningkat pada kondisi pH rendah tanah-tanah liat non-berkapur adalah proses cepat, yang konsisten dengan mekanisme adsorpsi / desorpsi yang mengatur retensi dan pelepasan P-anorganik. Selain itu, dengan membandingkan hasil ekstraksi dengan hasil percobaan inkubasi sampel tanah dari lokasi percobaan kesuburan jangka panjang, disimpulkan bahwa lebih dari 60% akumulasi fosfat-terfiksasi, yaitu tidak reaktif dalam waktu enam hari. Bukti-bukti tambahan tentang pentingnya P-terfiksasi berasal dari analisis serapan isotherm Freundlich pada tanah-tanah yang dipelajari. Polimer interlayered hidroksi-Al dan hidroksi-Fe mineral-liat memainkan peran penting dalam dinamika P pada tanah liat dengan menjebak sejumlah P-tanah dalam bentuk P-terfiksasi. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa peningkatan pengetahuan tentang spesiasi P-tanah dan dinamika P-tanah diperlukan untuk pemodelan reaksi absorpsi/desorpsi P-tanah (Gustafsson, Mwamila dan Kergoat, 2012).

Chotpantar, et al. (2011) meneliti efek pH terhadap transportasi  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  dan  $\text{Ni}^{2+}$  melalui kolom tanah laterit. Hasil model dengan

memasang kurva terobosan simetris (BTCS) bromida (Br-) dengan model yang CXTFIT menyarankan bahwa proses non-ekuilibrium fisika tidak hadir dalam kolom. The BTCS logam berat yang, bagaimanapun, asimetris dan dipamerkan fenomena tailing, menunjukkan adanya proses non-kesetimbangan kimia dalam kolom. Faktor retardasi  $Pb^{2+}$  adalah yang terbesar dari empat ion logam pada kedua pH 4.0 (33,3) dan pH 5.0 (35,4). Penggunaan Langmuir parameter isotherm dari studi batch Hydrus-1D tidak memprediksi BTCS baik. Sebaliknya model dua situs (TSM) menggambarkan BTCS logam berat lebih baik dari keseimbangan linear/ model Langmuir nonlinier. Fraksi situsjerapan sementara (f) dari empat ion logam di tanah laterit secara konsisten sekitar 30% -44% dari total situsjerapan (Chotpanarat, et al., 2011).

Mekanisme adsorpsi  $SO_4^{2-}$  pada tanah liat telah diselidiki oleh banyak peneliti. Namun, beberapa penelitian telah difokuskan pada fraksi  $SO_4^{2-}$  yang terserap di lapisan difus dengan total teradsorpsi  $SO_4^{2-}$ . Kami menyelidiki  $SO_4^{2-}$  adsorpsi secara rinci pada Andisol allophanic (tanah abu vulkanik), terutama fraksi  $SO_4^{2-}$  terserap di lapisan difus dengan total terserap  $SO_4^{2-}$ , melakukan eksperimen dalam kondisi pH rendah (pH 3.3 dan 4.3) dan konsentrasi ion rendah (1,0 dan 0,1 mol  $m^{-3}$ ) untuk menghindari muatan permukaan negatif yang kuat dari partikel tanah. Adsorpsi  $SO_4^{2-}$  dan  $NO_3^-$  dalam kondisi kompetitif mereka diukur dengan metode batch dengan menggunakan campuran  $HNO_3$  dan  $H_2SO_4$ . Anion tukar  $SO_4^{2-}$  dan  $NO_3^-$  diekstraksi 1000 mol  $m^{-3}$  KCl. Anion  $SO_4^{2-}$  yang terjerap kuat dapat diekstraksi dengan 10 mol  $m^{-3}$  NaOH setelah ekstraksi 1000 mol  $m^{-3}$  KCl. Anion  $SO_4^{2-}$  tukar dibuat hingga 72-77% dari total terserap  $SO_4^{2-}$ . Hasil ini menunjukkan bahwa kedua batin-bola dan luar-bola kompleks co-ada di allophanic Andisol pada pH rendah. Anion  $SO_4^{2-}$  adalah sangat selektif pada kondisi kelebihan  $NO_3^-$ . Kami membandingkan jumlah terserap dihitung dengan model Gouy-Chapman dengan nilai-nilai yang diukur pada kondisi larutan pH 3.3 dan 1.0 mol  $m^{-3}$ . Model berlebihan adsorpsi  $NO_3^-$  dan diremehkan  $SO_4^{2-}$  adsorpsi. Perbedaannya adalah karena fakta bahwa adsorpsi  $SO_4^{2-}$  di lapisan Stern diabaikan. Berikutnya, kita menghitung  $SO_4^{2-}$  terserap di lapisan difus menggunakan model Stern-Gouy-Chapman dengan asumsi bahwa semua  $NO_3^-$

dijerap dalam lapisan difus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa  $\text{SO}_4^-$  dalam lapisan difus hanya kurang 6% dari total  $\text{SO}_4^-$  terjerap. Sebagian besar  $\text{SO}_4^-$  terjerap ini kemungkinan kontak langsung dengan permukaan tanah (Ishiguro dan Makino, 2011).

Proses bahan organik meningkatkan pH tanah belum sepenuhnya dapat dipahami. Li, et al. (2008) menguji peran kation dan anion organik dalam mengatur pH tanah dengan menggunakan senyawa organik. Tanah berkapur, tanah masam, dan tanah tergenang diinkubasi dengan berbagai jenis senyawa organik sederhana. Nilai pH tanah ditentukan secara berkala dan emisi  $\text{CO}_2$  juga diukur. Pencampuran asam organik dengan tanah menyebabkan penurunan pH tanah. Besarnya penurunan pH tanah ini tergantung pada kondisi awal kemasaman tanah dan tingkat disosiasi asam. Dekomposisi asam organik hanya dapat memulihkan pH tanah menjadi seperti kondisi semula. Pencampuran garam organik dengan tanah menyebabkan peningkatan pH tanah. Dekomposisi garam Na-organik menghasilkan peningkatan pH tanah yang stabil, dengan pH tanah akhir menjadi sekitar 2.7-3.2 unit pH di atas kontrol. Garam organik dengan anion yang sama (sitrar), tetapi kationnya berbeda menyebabkan besaran peningkatan pH yang berbeda, sedangkan mereka yang memiliki kation yang sama tetapi berbeda anion menyebabkan peningkatan pH hampir sama. Garam Na-organik dan Na-karbonat menyebabkan kenaikan pH hampir sama ketika mereka ditambahkan ke tanah masam pada konsentrasi molar  $\text{Na}^+$  yang sama. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kation memainkan peran sentral dalam mengatur pH tanah. Dekarboksilasi mungkin hanya mengkonsumsi sejumlah proton. Konversi garam organik menjadi garam anorganik (karbonat) mungkin bertanggung jawab atas peningkatan pH selama dekomposisinya. Hal ini menunjukkan bahwa hanya residu biomasa tanaman yang kaya kation basa yang benar-benar dapat meningkatkan pH tanah (Li, et al., 2008).

Denitrifikasi respiratif dikendalikan oleh faktor-faktor lingkungan dan tanah termasuk pH, tetapi beberapa dari interaksi antara pH dan denitrifikasi dalam tanah yang masih belum pasti. Šimek, Jiřová dan Hopkins (2002) meneliti hubungan antara pH tanah dan aktivitas enzim denitrifikasi (DEA), untuk menentukan potensi

denitrifikasi, yaitu DEA jangka pendek dan potensi denitrifikasi jangka panjang (DP), pada kondisi pH optimal, terutama berkenaan dengan lapanya pengukuran, dan untuk menjelaskan pengaruh pH tanah terhadap sifat-sifat produk denitrifikasi ( $N_2O$ ,  $N_2$ ). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tidak ada hubungan sederhana antara DEA dan pH tanah, nilai DEA yang sangat tinggi ditemukan pada tanah-tanah masam dan alkalis. Populasi mikroba tanah denitrifiers yang beradaptasi dengan pH tanah alami, dalam arti bahwa mereka menunjukkan nilai DEA tertinggi pada kondisi pH tanah alami. Penghambatan aktivitas enzim reduktase nitrat dengan memperkenalkan nitrit (bukan nitrat) sebagai akseptor elektron tidak berpengaruh terhadap interaksi antara DEA dengan pH tanah. Jika inkubasi tanah yang berkepanjangan dalam kondisi optimum untuk denitrifikasi (surplus nitrat atau nitrit dan tersedia karbon, tekanan parsial  $O_2$  sangat rendah) dan DP diperkirakan, pH optimal untuk evolusi produk denitrifikasi akan bergeser ke arah netralitas. Perkembangan komunitas denitrifiers dapat tumbuh lebih baik pada pH netral, atau populasi yang mampu beradaptasi dengan kondisi habitat yang baru. Pergeseran pH optimum terjadi setelah sekitar 12 jam, tetapi butuh waktu sekitar 1-2 hari untuk stabil sepenuhnya. Pada pH di atas 7, ternyata  $N_2$  menjadi produk denitrifikasi yang lebih penting daripada  $N_2O$ . Penelitian ini juga menunjukkan bahwa ekspresi pH optimal untuk denitrifikasi harus dihindari, karena karakteristik denitrifikasi yang diperoleh dengan menggunakan metodologi yang berbeda sangat tergantung pada pH tanah (Šimek, Jiřova dan Hopkins, 2002).

Kemasaman (pH) tanah sering menjadi faktor utama yang mengatur siklus bahan organik dan produksi N-anorganik dalam tanah-tanah pertanian. Kemmitt, et al. (2007) menguji secara kritis hubungan antara pH tanah dan tingkat siklus C dan N, dan N-organik terlarut (DON), dalam dua percobaan lapangan jangka panjang dimana pH telah dimanipulasi (Rothamsted lempung-liat-, pH 3.5-6.8; Woburn lempung berpasir, pH 3.4-6.3). Perubahan pH tanah selama 37 tahun secara signifikan mempengaruhi produksi tanaman, namun tidak berpengaruh signifikan terhadap total C-tanah dan N-tanah atau tingkat N-mineral. Hal ini berarti bahwa pada kondisi yang sudah mapan, peningkatan masukan bahan organik ke tanah diimbangi dengan peningkatan emisi  $CO_2$ . Hal ini didukung oleh korelasi positif antara produktivitas

tanaman dan respirasi mikroba intrinsik dengan pH tanah. Selain itu, kandungan C dan N biomassa mikroba tanah, dan nitrifikasi juga secara signifikan berkorelasi positif dengan pH tanah. Pengukuran respirasi setelah aplikasi urea dan asam amino menunjukkan penurunan yang signifikan dalam hal evolusi CO<sub>2</sub> dengan meningkatkan kemasaman tanah, sementara mineralisasi glukosa tidak menunjukkan respon terhadap pH. Perubahan pH tanah secara signifikan mempengaruhi aktivitas mikroba tanah dan tingkat siklus C-tanah dan N-tanah. Bukti-bukti menunjukkan bahwa respons ini sebagian bersifat tidak langsung, terutama terkait dengan pH yang disebabkan oleh perubahan produksi primer neto dan ketersediaan substrat. Selain itu, peningkatan kemasaman tanah juga dapat berpengaruh langsung terhadap fungsi komunitas mikroba tanah (Kemmitt, et al., 2007).

#### **2.4.3. Kapasitas Tukar Kation (KTK)**

Kapasitas tukar kation (KTK, me/100 g tanah) dimaknai sebagai kemampuan koloid tanah untuk menyerap dan mempertukarkan kation dengan muatan (*charge*) yang sama (+ atau -) dan permukaan koloid bermuatan negatif. KTK tanah yang sesuai untuk pertumbuhan kopi robusta lebih dari 16 me/100 g (BBSDLP, 2012).

Tanah-tanah yang berkembang dari bahan induk loess di daerah semi-arid di Argentina Pampas (SAP) mengandung sejumlah tertentu bahan abu vulkanik. Pengaruhnya terhadap komposisi mineral dan beberapa sifat fisikokimia tanah, seperti luas-permukaan spesifik (SSA) dan kapasitas tukar kation (KTK) masih belum banyak dilaporkan. Hepper, et al. (2006) menganalisis 24 sampel tanah lapisan atas (0-20 cm) dari tanah-tanah yang kaya abu vulkanik dan miskin fraksi liat, dan pengaruhnya terhadap sifat kimia dan fisika tanah, KTK dan SSA. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa fraksi liat didominasi oleh mineral amorf dan smectit dalam tanah yang kaya abu vulkanik, dan didominasi oleh illites dalam tanah yang miskin abu vulkanik. Liat berukuran halus (<0.2 µm) didominasi oleh illites dan intergrades illit-montmorillonite pada tanah miskin abu-vulkanik dan didominasi oleh smectit pada tanah-tanah abu vulkanik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa montmorillonites cenderung lebih banyak pada tanah abu vulkanik tetapi kristalinitas dan daya

ekspansifnya tidak berubah dengan kandungan abu vulkan. SSA positif terkait dengan kadar liat pada kedua tanah ( $r^2 = 0.70$ ,  $p < 0.05$ ). Fraksi liat ( $< 2 \mu\text{m}$ ) hanya menjelaskan 9% variabilitas SSA dan fraksi liat halus ( $< 0.2 \mu\text{m}$ ) tidak mempengaruhi SSA. Pengaruh liat terhadap SSA disebabkan oleh adanya mineral tipe 2:1 dalam fraksi liat. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa kandungan abu vulkan tidak mempengaruhi SSA. Nilai KTK berkorelasi positif dengan fraksi liat ( $R^2 = 0.67$ ,  $p < 0.001$ ) dalam tanah abu vulkan, dan berkorelasi dengan bahan organik dalam tanah bukan abu vulkan ( $R^2 = 0.837$ ,  $p < 0.001$ ). Kecenderungan ini dijelaskan atas dasar KTK yang tinggi pada mineral smectite pada tanah abu vulkan oleh BOT pada tanah bukan abu vulkan. Proses degradasi tanah yang mengakibatkan kehilangan partikel halus, oleh erosi angin atau erosi air, dapat menurunkan SSA pada semua tipe tanah, tetapi hanya menurunkan KTK pada tanah abu vulkan. Kehilangan bahan organik karena budidaya tanaman yang berlebihan akan menurunkan KTK tanah bukan abu vulkan (Hepper, et al., 2006).

Bahan organik tanah (BOT) memiliki pengaruh penting terhadap status fisikokimia tanah yang sangat lapuk-lanjut di daerah tropis. Kandungan fraksi-fraksi BOT berkontribusi terhadap kapasitas tukar kation (KTK) tanah-tanah tropis dan kualitas masukan BO berpengaruh terhadap KTK dari BOT (Oorts, Vanlauwe dan Merckx, 2003). Sampel tanah dikumpulkan dari arboretum yang telah berumur 20 pada tanah Ferri-Lixisol, di bawah komunitas pohon serbaguna: *Azelia africana*, *Dactyladenia barteri*, *Gamal*, *Gmelina arborea*, *Leucaena leucocephala*, *Pterocarpus santalinoides*, dan *Treculia africana*. Hasil analisis menunjukkan bahwa KTK dari fraksi halus  $< 0.053 \text{ mm}$  berbanding terbalik dengan ukuran partikelnya: partikel liat ( $< 0.002 \text{ mm}$ ) > debu halus ( $0.002-0.02 \text{ mm}$ ) > debu kasar ( $0.02-0.053 \text{ mm}$ ), kecuali untuk tanah di bawah tegakan *T. africana*, *D. barteri* dan *L. leucocephala*, dimana fraksi debu-halus mempunyai KTK tertinggi atau sebanding dengan KTK fraksi liat. Fraksi liat dan debu-halus bertanggung jawab atas 76-90% dari KTK tanah pada pH 5.8. Kontribusi fraksi debu-halus terhadap KTK pada pH 5.8 berkisar 35-50%, yang menekankan pentingnya fraksi debu-halus untuk sifat-sifat fisikokimia tanah. Perbedaan antar perlakuan dalam hal KTK tanah dan KTK fraksi

dapat dijelaskan oleh perbedaan kandungan karbon. BOT memiliki kontribusi yang signifikan pada intersep (KTK pada pH 0) dan kemiringan (pH-dependent charge) dari hubungan KTK-pH untuk seluruh tanah dan fraksi partikel tanah. KTK dari BOT pada pH 5.8 bervariasi antara 283 cmolc.kg<sup>-1</sup> C untuk bahan organik partikulat, dan 563 cmolc.kg<sup>-1</sup> C untuk fraksi debu-halus. Komposisi biokimia dari input bahan organik tidak memiliki efek penting terhadap KTK dari BOT. Secara total, BOT bertanggung jawab atas 75-85% dari KTK tanah (Oorts, Vanlauwe dan Merckx, 2003).

Komposisi mineralogi dari fraksi debu 2-20 m dalam dua profil tanah, yang berkembang pada sedimen loess di wilayah Chaco selatan Argentina, dipelajari dengan Metode difraksi sinar-X, mikroskop elektron scanning (SEM) dan mikroskop elektron transmisi (TEM ). Fraksi debu dari wilayah Chaco mengandung lebih banyak kuarsa dan sedikit feldspardan gelas dibandingkan dengan fraksi debu dari wilayah Pampa. Analisis Mikroskopis membuktikan beberapa kompleksitas yang berkaitan dengan baik komposisi dan kondisi konstituen fraksi debu. Meskipun jumlah besar debu mempunyai ukuran butir yang cukup besar, proses yang pelapukan yang berbeda, transformasi, dan pembentukan konstituen mineral juga telah dibuktikan berbeda. Kapasitas tukar kation fraksi debu berkisar 8-23 cmolc.kg<sup>-1</sup> dan menyumbang sekitar 1/6 sampai 1/3 dari nilai-nilai KTK tanah. Tingginya nilai KTK partikel debu, mungkin karena mineral mika yang mengalami proses transformasi, tetapi juga ada kontribusi partikel liat lainnya (Morrás, 1995).

Berbagai jumlah Ca(OH)<sub>2</sub> atau Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> dimasukkan ke sampel tanah dari horizon A dan horizon B dari tiga profil tanah di Selandia Baru. Bahan tanah liat memiliki permukaan dengan muatan-variabel yang dominan. Sampel tanah diperlakukan setiap hari dengan air atau larutan CaCl<sub>2</sub> deionisasi selama 23 minggu. Setelah periode pencucian yang berbeda-beda, kapasitas tukar kation (KTK) diukur. Pemberian bahan pembenah tanah (amandemen) meningkatkan KTK semua sampel tanah. Besarnya kenaikan KTK ini terkait dengan tingkat penambahan bahan pembenah tanah (amandemen), kandungan bahan organik dan Al-tukar dalam sampel tanah. Peningkatan KTK yang dihasilkan dari perlakuan Ca(OH)<sub>2</sub> menurun perlahan-

lahan dengan periode pencucian. Tidak ada pengaruh yang signifikan dari kekuatan ion larutan pencucian terhadap tingkat penurunan KTK. Kalau diaplikasikan  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ , sebagian sampel tanah menunjukkan peningkatan KTK setelah periode pertama pencucian. Hal ini disebabkan peningkatan pH dan redistribusi fosfat dalam sampel tanah. Pencucian selanjutnya mengakibatkan efek serupa dengan yang diamati pada aplikasi  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Dalam kedua perlakuan, ternyata perubahan KTK tanah berkaitan dengan peningkatan kemasaman tanah (Phillips, Black dan Cameron, 1988).

Nilai kapasitas tukar kation ditentukan pada pH 4.8 dan pada pH 8.2 dilaporkan untuk tanah-tanah liat yang berasal dari berbagai bahan induk. Korelasi antara kedua pengukuran ternyata tidak signifikan. Perbedaan antara nilai KTK (pH-dependent KTK) berkisar 0.1-58.6 meq/100 g, dengan rata-rata 12.9 meq/100 g. Nilai tertinggi dikaitkan dengan tanah liat dari horizon spodik dan tanah liat dari bahan induk batuan basalt. KTK pada pH 8.2 dan KTK-tergantung pH sangat berkorelasi dengan kandungan Al ekstraks sitrat-dithionite-bikarbonat (CDB). Sebaliknya, KTK pada pH 4.8 berkorelasi negatif dengan parameter ini, hal ini menunjukkan bahwa oksida-hidrous menurunkan KTK pada pH rendah (Curtin dan Smillie, 1979).

Nilai-nilai KTK pH 4.8 dan pH 8.2 juga dilaporkan untuk 16 liat yang diekstraks secara berurutan dengan CDB dan NaOH. Perlakuan CDB menurunkan KTK tergantung pH 20.4-9.0 meq/100 g, menjadi 3.9 meq/100 g dengan ekstraksi selanjutnya dengan NaOH. Bahan yang diekstraks oleh CDB bermuatan positif pada pH 4.8 dan bermuatan negatif pada pH 8.2. Sebagian besar KTK tergantung pH yang tersisa setelah perlakuan CDB berkaitan dengan tanah liat dari horizon spodik. Bahan yang diekstraks dengan NaOH bermuatan negatif pada kedua pH 4.8 dan pH 8.2. Tidak ada bukti langsung tentang sifat fisik bahan ini, tetapi bahan ini hadir dalam jumlah yang cukup besar dalam fraksi liat dari horizon spodik. Setelah perlakuan pelarutan, korelasi antara nilai-nilai KTK pada pH 4.8 dan pH 8.2 sangat signifikan ( $r = 0.99$ ) (Curtin dan Smillie, 1979).

Erosi tanah, yang merupakan masalah tersebar di daerah semi-arid, dapat menyebabkan penurunan produktivitas tanah karena partikel tanah terbaik dan paling

subur biasanya terkikis dan terangkut. Distribusi bahan organik, fosfor, kalium dan kapasitas tukar kation dalam fraksi halus ( $<2 \mu\text{m}$  dan  $2-20 \mu\text{m}$ ) dalam tanah. Sampel tanah diambil dari lapisan atas 20 cm tanah-tanah pertanian (14 tanah) dan enam tanah hutan. Fraksi ukuran organo-mineral dari sampel tanah diisolasi tanpa pretreatment kimia dengan dispersi ultrasonik dalam air diikuti dengan sedimentasi-syphonation. Distribusi bahan organik dalam fraksi ukuran bervariasi dengan penggunaan lahan. Tanah yang dibudidayakan memiliki persentase yang lebih besar (rata-rata, sekitar 30%) dari total C-tanah C dalam fraksi  $<2 \mu\text{m}$  dari tanah dengan vegetasi alami (rata-rata, sekitar 18%), dimana total C-tanah yang berkaitan dengan fraksi ukuran  $2-20 \mu\text{m}$  lebih besar dibandingkan dengan tanah-tanah budidaya pertanian. Distribusi N-tanah di antara fraksi liat dan fraksi debu halus mengikuti pola yang sama dengan yang ditunjukkan oleh tanah C. Nilai rasio C/N menjadi lebih kecil kalau ukuran partikel menurun. Nilai rasio C/N lebih tinggi ditemukan pada fraksi  $2-20 \mu\text{m}$  untuk tanah-tanah hutan dan tanah pertanian. Hal ini menunjukkan adanya bahan organik yang belum lapuk, sedangkan bahan organik terkait dengan fraksi  $<2 \mu\text{m}$  dapat dianggap lebih lapuk dan humifikasi. Kapasitas tukar kation dari seluruh fraksi tanah dan organo-mineral ternyata berkorelasi dengan kandungan karbonnya. Fraksi liat memiliki KTK tertinggi, yang terkait dengan komposisi mineraloginya. Data mengkonfirmasi bahwa proporsi BOT tergantung pada kapasitas stabilisasi dari fraksi partikel tanah, fraksi liat dan fraksi debu memainkan peran penting dalam tanah-tanah di daerah semi-arid. Kehilangan BOT akan memudahkan fraksi liat dan debu terkikis dan tererosi dalam kondisi arid dan semi-arid, sehingga tanah-tanah seperti ini untuk budidaya intensif pertanian (Caravaca, Lax dan Albaladejo. 1999).

Bahan organik tanah (BOT) di tanah hutan ternyata sangat penting untuk mengikat kation dan penyangga kemasaman, tetapi karakteristiknya mungkin berbeda-beda antara tanah-tanah di bawah jenis pohon yang berbeda. Gruba dan Mulder (2015) menyelidiki kemasaman, sifat tukar kation dan ikatan-Al dengan BOT pada lahan hutan pinus Skotlandia, pedunculate oak, Norwegia cemara, beech Eropa dan Hornbeam di selatan Polandia. Kandungan C-total (Ct) ternyata menjadi

penyumbang utama terhadap total kapasitas tukar kation (KTKT), dan ada hubungan signifikan antara Ct dan KTKT. Kemiringan koefisien regresi KTKT dengan Ct meningkat dengan urutan Hornbeam  $\approx$  oak < beech < cemara  $\approx$  pinus. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah situs bermuatan negatif dari BOT pada kondisi kisaran pH masam ternyata nilainya terkecil untuk Hornbeam dan Oak, dan terbesar pada tanah-tanah Hutan cemara dan Hutan-pinus. Hal ini didukung oleh nilai konstante disosiasi ( $pK_{app}$ ) dari BOT, yang nilainya terbesar pada tanah-tanah di bawah vegetasi pohon. Nilai maksimum kejenuhan Al relative sama pada semua kondisi tanah. Namun demikian, maksimum ikatan Al-BOT terjadi pada pH yang lebih tinggi pada tanah-tanah di bawah pohon pinus daripada pohon cemara. Oleh karena itu, pada setiap nilai dalam kisaran pH masam, BOT di tanah hutan-pinus memiliki lebih sedikit Al-kompleks dan lebih banyak H-terjerap daripada BOT di hutan oak. Perbedaan jerapan Al dan H tersebut sangat penting untuk pH-buffer dan kelarutan logam, dan juga sangat penting untuk stabilisasi BOT melalui penjenuhan gugus fungsionalnya oleh Al dan H (Gruba dan Mulder, 2015).

Studi efek dari perubahan status redoks besi (Fe) terhadap KTK, sifat fisika dan kimia tanah pada tanah liat biasanya fokus pada fraksi debu yang dimurnikan atau fraksi liat, tetapi sedikit perhatian telah diberikan kepada sistem dengan campuran mineral, yang lebih mencerminkan kondisi tanah-tanah alami. Favre, et al. (2006) mengukur korelasi antara perubahan KTK dan Fe-mineralogi yang terjadi dalam sistem tanah liat dengan mineral campuran. Fraksi liat (SE1089) dari tanah yang mengandung campuran smektit, kaolinit, dan Fe-oksida diselidiki dengan menggunakan spektroskopi Mössbauer suhu variabel, analisis kimia, dan disolusi reduktif media CBD. Penelitian ini mengungkapkan bahwa dalam fraksi liat yang tidak direduksi ternyata setengah dari Fe-total berupa besi struktural (FeStr) dalam smektit dan setengahnya dalam goethite. Partikel goethite yang diperkirakan berdiameter 9 nm adalah kristal (MCD) dan mengandung 9% Al disubstitusi oleh Fe (Favre, et al., 2006).

Sebuah evolusi dari cadangan Fe yang berbeda dan perubahan KTK campuran mineral diteliti. KTK dari SE1089 fraksi smektit meningkat tajam pada proses

reduksi, hal ini mirip dengan referensi liat SWA-1, meskipun kandungan FeStr dari SE1089 jauh lebih sedikit. Hasil penelitian menunjukkan adanya korelasi antara peningkatan KTK dengan pengurangan FeStr dan disolusi oksida, mencerminkan hubungan langsung antara tinmgkat “penyelimutan” dengan tingkat disolusi. Dengan alasan inilah maka kinetika disolusi tampaknya menjadi faktor kunci dalam memahami kontrol KTK oleh bahan yang dilapisi (diselimuti) besi. Secara khusus, media alam yang dikendalikan oleh aktivitas bakteri, diharapkan mempunyai kinetika disolusi yang berbeda (Favre, et al., 2006).

Kapasitas tukar kation yang ditimbulkan oleh muatan-tetap (KTKp) dan muatan variabel (KTKv) dan KTK pada pH 8.2 (KTKT) ditentukan dalam sampel tanah sebelum dan setelah penghapusan bahan organik dengan  $H_2O_2$  untuk mempelajari pengaruh interaksi antara bahan organik dan tanah liat terhadap berbagai fraksi KTK. Lima tanah yang berbeda-beda kandungan BOT dan mineralogiliat yang berbeda, dipilih dan digunakan menjadi sampel penelitian, yaitu seri tanah Dubuque, Tubac, Tama, Greenville dan Houston-Hitam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai KTKp terendah (2.9 meq/100 g tanah) terdeteksi pada horizon Ap seri-tanah Greenville dengan kandungan bahan organik rendah dan mineraloginya kaolinitik. Nilai KTKp tertinggi (11.3 meq/100 g tanah) ditemukan pada horizon seri-tanah Houston Hitam, yang miskin BOT tetapi kaya liat montmorillonitik. Horison A seri-tanah Dubuque, Tubac dan Tama, dengan campuran mineralogi, memiliki nilai-nilai KTKp (4.6-6.5 meq/100 g tanah) berada di antara nilai-nilai KTKp pada seri-tanah Greenville dan Houston Hitam. Setelah penghapusan bahan organik, nilai KTKp seri-tanah Houston Hitam meningkat, hal ini menunjukkan bahwa muatan permanen dari tanah liat montmorillonitik telah diblokir oleh interaksi antara bahan organik dengan partikel liat. Interaksi antara dua komponen tanah ini menyebabkan penurunan KTKp dan dikenal sebagai “antagonisme”. Di sisi lain, penghapusan bahan organik dari tanah yang mempunyai campuran mineralogi mengakibatkan penurunan KTKp. Interaksi antara bahan organik dan partikel liat dalam tanah ini menghasilkan kompleks liat-organik dengan efek sinergis dengan muatan permanen, yang menghasilkan lebih tinggi nilai-nilai KTKp. Pada horizon Ap seri-tanah Greenville,

dekomposisi bahan organik tidak berpengaruh terhadap KTKp (Tan dan Dowling, 1984).

Berdasarkan nilai-nilai absolutnya, horizon A memiliki nilai KTKv rendah, Seri-tanah Houston Hitam menunjukkan nilai KTKv tertinggi (24.0 meq/100 g tanah). Horison Ap Seri-tanah Greenville memiliki KTKv (6.7 meq/100 g tanah), yang 3.5 kali lebih kecil dibandingkan dengan horizon A1p Seri-tanah Houston Hitam. Ketika KTKv berkontribusi terhadap KTKT, ternyata di horizon Ap Seri-tanah Greenville 70% dari KTKT disebabkan oleh KTKv, dibandingkan dengan 68% pada horizon A1p Seri-tanah Houston Hitam. Muatan variabel sangat dominan dalam tanah-tanah ini, dengan tidak adanya bahan organik, ternyata % KTKv pada horizon A nilainya rendah (Tan dan Dowling, 1984).

Korelasiantarakapasitas tukarkation(KTK) tanah dankeuatansementasi tanahyang stabiltelah dilaporkan, namun mekanismenyamasih belum jelas. Yu, et al. (2014) meneliti satu setsampel tanahdenganKTKsberbedayang distabilkandenganberbagai proporsi semen dankalsium hidroksida( $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{CH})$ ). PengaruhKTK tanahterhadap kekuatanstabilitas tanahdiselidikidengan menganalisis saturasiCHdalam larutantanahdanmengukur kekuatanspesimentanahstabil. Hal ini menunjukkan bahwakation-tukardalam tanahdapatmengurangi kejenuhanCHtanahstabil. JikaKTKtanahterlalu tinggi, CHdalam larutantanahstabiltidak dapat mencapaitingkat kejenuhan, dankation-tukar lebih lanjut akanmengonsumsi $\text{Ca}^{++}$ yangseharusnyadigunakanuntuk menghasilkankalsium silikahidrat, sehingga mengakibatkanrendahnya stabilitas tanah(Yu, et al., 2014).

Studi tentang variabilitas spasial KTK tanah dilakukan untuk memberikan dasar teoritis dalam pengelolaan perkebunan teh dan pengelolaan pupuk di perkebunan teh. Geostatistik digunakan untuk menganalisis variabilitas spasial KTK tanah di situs perkebunan teh di Mengding, Provinsi Sichuan China (Wang, et al., 2008). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa, (1) pada skala kecil, KTK tanah secara intensif berkorelasi secara spasial, tingkat ambang adalah 18.84% dan kisaran spasial terikat adalah 1.818 m, dan faktor-faktor struktural menjadi faktor utama yang

mempengaruhi variabilitas spasial KTK tanah; (2) pada skala mikro tersebut, KTK tanah juga beragam secara spasial, dan tingkat ambangnya adalah 16.52%, kisaran spasial terikat adalah 311M, dan faktor-faktor utama yang mempengaruhi variabilitas spasial ternyata sama seperti yang disebutkan sebelumnya. Pada skala kecil, KTK tanah memiliki struktur anisotropik kuat pada aspek lereng, dan satu lemah pada sisi lateral. Menurut metode Kriging biasa, kesetaraan KTK tanah didistribusikan sepanjang aspek lateral lereng timur laut dari ke barat daya, dan KTK tanah berkurang kalau elevasinya menurun. Pada skala mikro, struktur anisotropik berbeda dari yang diukur pada skala kecil. Hal ini memiliki struktur anisotropik kuat pada aspek yang dekat aspek lereng, dan lemah pada aspek lateral lereng. Nilai KTK tanah didistribusikan sepanjang aspek lateral lereng dan sebagian didistribusikan dalam bentuk plot. Dari atas ke bawah lereng, KTK tanah meningkat pada awalnya, dan kemudian menurun, dan akhirnya meningkat kembali (Wang, et al., 2008).

Sebuah metode untuk penentuan secara cepat nilai KTK tanah liat menggunakan kompleks ethylenediamine, metode ini diuji dengan tanah liat yang berbeda-beda. Prosedur satu-langkah cepat ini tidak memerlukan peralatan yang canggih. Pertukaran sebagian kation tidak dapat diubah dan dapat dilakukan selama rentang nilai pH. Hasil-hasil yang diperoleh dengan menggunakan berbagai macam teknik analisis umumny sesuai dengan hasil-hasil yang diperoleh dengan metode klasik Kjeldahl (Bergaya dan Vayer, 1997).

Kapasitas tukar kation tanah (KTK) sebagian besar dipengaruhi oleh mineralogi bahan induk tanah. Tanah dari Argentina Pampas berkembang dari bahan induk loess-illitic, campuran dalam proporsi yang beragam dengan abu vulkanik. Proses pedogenesis memodifikasi mineralogi ini dan mempengaruhi KTK tanah yang terbentuk. Analisis dilakukan pada empat contoh tanah, dua contoh tanah berasal dari lingkungan semi-arid dan dari bahan induk yang kaya abu vulkanik, dan dua contoh tanah berasal dari lingkungan humid di Pampas, berkembang pada bahan induk yang tidak mengandung abu vulkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pedogenesis telah mengubah illites-lithogenic kasar menjadi illites-halus dalam tanah yang tidak mengandung abu vulkan, mengakumulasi dalam fraksi liat dan debu. Dalam

tanah-tanah abu vulkan, illites tidak diubah oleh pedogenesis tetapi mereka gelas-vulkanik yang diubah menjadi smectites kurang mengkristal. Akumulasi Smectites terutama pada fraksi liat dan debu. Fraksi mineral dalam tanah non-abu vulkan memiliki KTK tinggi (15.07 kg-1 cmole) lebih tinggi dari pada tanah abnu vulkan (9.50 kg-1. cmole), kontribusi fraksi partikel halus <50  $\mu\text{m}$  terhadap total KTK ternyata sama besar dalam semua tanah yang diteliti (rata-rata 54%). Sebagai konsekuensi dari ini, fraksi liat dan debu dalam tanah non-abu vulkan berkontribusi rendah terhadap total KTK, sedandhngkan smectites tanah abu vulkan mempunyai kontribusi yang relatif tinggi. Hal ini dijelaskan atas dasar jenis mineral (mineral smectitic dengan KTK tinggi) bukan pada proporsi fraksi mineral itu sendiri dalam tanah, dan pada kandungan fraksi mineral yang relatif tinggi bukan pada mineraloginya (illites dengan KTK rendah) dalam taanh non-abu vulkan. Kontribusi fraksi debu terhadap KTK tanah ternyata sama dan relatif tinggi dalam semua tanah dipelajari: 17.5% dari total KTK dan 32% dari KTK fraksi mineral. Hasil ini mengkonfirmasi bahwa sifat elektrokimia tanah harus didefinisikan tidak hanya oleh fraksi liat tetapi juga oleh fraksi debunya, terutama yang memiliki ukuran antara 2 dan 20  $\mu\text{m}$  (Iturri dan Buschiazzo, 2014).

#### **2.4.4.. Kejenuhan Basa (KB)**

Kejenuhan Basa atau KB menunjukkan kualitas kation atau hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Tanaman kopi tumbuh sangat sesuai pada lahan yang memiliki kejenuhan basa lebih dari 16%. Menurut Djaenudin (2003), kejenuhan basa yang sangat sesuai atau masuk pada kelas kesesuaian lahan S1 lebih dari 16 %. Dalam evaluasi lahan, jumlah kation tukar biasanya dibatasi hanya pada K, Ca, Na, dan Mg (Sys, 1993).

Konversi ekosistem hutan asli menjadi lahan pertanian ternyata mempercepat degradasi tingkat hara tanah di situs Bale Mountains, dataran tinggi selatan-timur Ethiopia. Yimer, Ledin dan Abdelkadir (2008) meneliti efek perubahan penggunaan lahan melalui konversi hutan asli menjadi lahan pertanian dan / atau padang rumput terhadap perubahan pH tanah (ekstraksi  $\text{H}_2\text{O}$ ), kation basa ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ), KTK dan persentase kejenuhan basa (PBS) di tiga jenis penggunaan lahan, yaitu

lahan pertanian, lahan penggembalaan dan hutan asli. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pH tanah,  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$ , KTK, dan PBS bervariasi secara signifikan sehubungan dengan penggunaan lahan dan kedalaman tanah, sedangkan  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  bervariasi dengan kedalaman tanah ( $p < 0.05$ ). Konversi ekosistem hutan asli menjadi lahan pertanian selama periode 15-tahun meningkatkan pH tanah dan PBS sekaligus mengurangi  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$ . Nilai KTK tanah-tanah pertanian berkurang sebesar 37.7% (~2.6% per tahun) dibandingkan dengan tanah-tanah hutan asli; hal ini dapat dikaitkan dengan penurunan kandungan BOT (Yimer, Ledin dan Abdelkadir, 2008).

Dalam sebuah penelitian dengan menggunakan 158 contoh tanah dari Brasil, derajat kejenuhan basa (KB) berkorelasi positif dengan pH (air), pH (0.01M  $\text{CaCl}_2$ ) dan pH (1N KCl), terlepas dari jenis tanah atau horizon tanah. Korelasi tertinggi diperoleh antara KB dan pH ( $\text{CaCl}_2$ ) tanah-tanah kebun kopi (Castro, Barreto dan Anastacio, 1972).

### 2.5. Kesuburan Tanah di Kebun Kopi Robusta

Anggara *et al.* (2011) menjelaskan bahwa tanaman kopi robusta biasanya tumbuh pada ketinggian 400-700 m dpl. dan masih toleran hingga ketinggian tempat di bawah 400 m dpl. Tanaman kopi robusta menghendaki curah hujan 2.000-3.000 mm/tahun. Namun demikian, dengan pemberian mulsa dan teknik pengairan yang baik, tanaman kopi masih dapat tumbuh baik di lingkungan dengan curah hujan 1.000-1.300 mm/tahun. Pada tanaman kopi, curah hujan sangat berpengaruh terhadap produktivitas tanaman, terutama selama proses pembungaan dan pembentukan buah.

Tanaman kopi dapat tumbuh dengan baik di daerah dengan kondisi tanah yang gembur dan subur (kaya bahan organik) serta memiliki pH sekitar 4.5-6.0. Untuk menunjang pertumbuhannya, tanaman kopi harus mendapatkan penyinaran yang teratur, tetapi kopi tidak menyukai intensitas cahaya matahari yang terpapar langsung. Tanaman kopi termasuk yang tidak tahan terhadap guncangan angin kencang. Selain merusak percabangan dan membuat pohon rebah, angin kencang juga meningkatkan terjadinya penguapan air di permukaan tanah dan permukaan daun yang menyebabkan tanaman mengalami kekeringan (Anggara *et al.*, 2011).

Agroforestri dapat meningkatkan penyerapan karbon (C) ke dalam tanah melalui peningkatan pengembalian seresah dan biomasa pangkasan pohon ke dalam tanah. Dekomposisi BO ini adalah proses kunci dalam pembentukan BOT dan siklus hara dalam tanah. Youkhana dan Idol (2009) mempelajari dekomposisi biomasa pangkasan pohon dan efeknya terhadap kandungan C-tanah dan N-tanah dalam kebun kopi ber-naungan di Hawaii. Residu biomasa pemangkasan pohon (mulsa) ditambahkan ke kebun kopi bernaungan *Leucaena hybrid KX2* selama tiga tahun. Penelitian ini mengukur dekomposisi mulsa dan kehilangan N lebih satu tahun dan perubahan C-tanah dan N-tanah lebih dari dua tahun. Hilangnya biomasa mulsa sebesar 80% lebih satu tahun dan diikuti dinamika peluruhan orde pertama. Ada kehilangan yang signifikan dari semua komponen biokimia utama. Kehilangan N neto dari pupuk adalah positif sepanjang seluruh periode. Rasio C:N dan lignin:N pada mulsa menurun secara signifikan selama periode dekomposisi. Penambahan mulsa meningkatkan secara signifikan C-tanah dan N-tanah lapisan-atas 0-20 cm sebesar 10.8 dan 2.12 Mg.ha<sup>-1</sup>. Dalam perlakuan tanpa mulsa, tidak ada perubahan signifikan C-tanah atau N-tanah, namun penurunan BI tanah menyebabkan penurunan C-tanah. Mulsa biomasa pangkasan *Leucaena* dapat memberikan sumber penting C-organik dan N-tanah untuk kebun kopi dan dapat membantu mengembalikan C yang hilang dengan mengembalikan biomassa tanaman selama manajemen pohon naungan (Youkhana dan Idol, 2009).

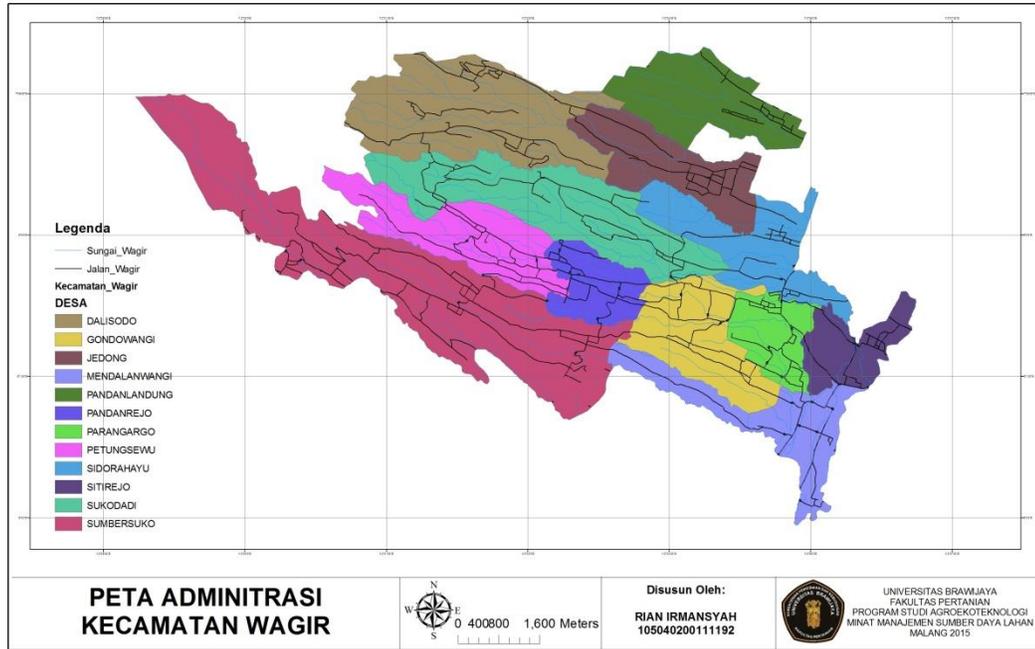
Sistem agroforestri kopi menyediakan kesempatan untuk mengurangi konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer dengan meningkatkan cadangan karbon (C) di lahan pertanian. Hergoualc'h, et al. (2012) mengevaluasi neraca GRK dalam dua perkebunan kopi yang berdekatan, keduanya dipupuk intensif (250 kg N ha<sup>-1</sup>.tahun<sup>-1</sup>): Monokultur (CM) dan budidaya dinaungi oleh jenis pohon legum yang memfiksasi N<sub>2</sub> *Inga densiflora* (CIN). Cadangan C, emisi N<sub>2</sub>O tanah dan CH<sub>4</sub> diukur selama siklus pertama di perkebunan kopi. Selama periode tiga tahun (6-9 tahun setelah pembentukan sistem kebun), C-tanah lapisan atas 0-10 cm tetap konstan di perkebunan CIN (0.09 ± 0.58 Mg C. ha<sup>-1</sup>.tahun<sup>-1</sup>) dan sedikit menurun di perkebunan CM (-0.43 ± 0.53 Mg C ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>). Cadangan karbon di atas

permukaan tanah pada kebun monokultur kopi dan sistem agroforestry sebesar  $9.8 \pm 0.4$  dan  $25.2 \pm 0.6$  Mg C ha<sup>-1</sup> pada umur tujuh tahun setelah penanaman. Tingkat penyimpanan C dalam fitomasa ternyata dua kali lebih besar dalam sistem CIN dibandingkan dengan sistem CM ( $4.6 \pm 0.1$  dan  $2.0 \pm 0.1$  Mg C ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>) (Hergoualc'h, et al., 2012). Emisi N<sub>2</sub>O tanah tahunan ternyata 1.3 kali lebih besar dalam sistem CIN daripada di perkebunan CM ( $5.8 \pm 0.5$  dan  $4.3 \pm 0.3$  kg N- N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>). Saldo GRK dalam tanah dihitung dari perubahan cadangan C-tanah dan emisi N<sub>2</sub>O, dinyatakan dalam setara-CO<sub>2</sub>, ternyata negatif di kedua perkebunan kopi, hal ini menunjukkan bahwa tanah adalah sumber neto gas rumah kaca. Saldo GRK di skala perkebunan kopi, yang meliputi tambahan simpanan C dalam fitomasa, ternyata positif dan sekitar empat kali lebih besar dalam sistem CIN ( $14.59 \pm 2.20$  Mg CO<sub>2</sub> eq ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>) daripada dalam perkebunan CM ( $3.83 \pm 1.98$  Mg CO<sub>2</sub> eq ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>). Dengan demikian mengubah kebun monokultur kopi menjadi perkebunan kopi-agroforestri yang dinaungi oleh jenis pohon penambat-N<sub>2</sub> *Inga densiflora* akan meningkatkan neto penyerapan gas rumah kaca dari atmosfer sebesar  $10.76 \pm 2.96$  Mg CO<sub>2</sub> eq ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup> selama siklus 8-9 tahun (Hergoualc'h et al., 2012).

### III.METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat.

Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Penelitian dilaksanakan pada bulan September-Oktober 2014.



Gambar 2. Peta Adminitrasi Kecamatan Wagir

#### 3.2.Alat dan Bahan.

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada saat survei dan juga parameter yang sudah diamati pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan

No	Kegiatan	Alat	Bahan
1.	Pra Survei	Peta Lokasi, GPS	
2.	Survei lapangan dan pengambilan sampel	Survei set, GPS, Plastik	Sampel tanah, Wawancara petani
3.	Analisis laboratorium	Peralatan Laboratorium Kimia tanah	Sampel tanah
4.	Analisis data dan pelaporan	Komputer dan perangkat lunak MS Office 2010, MS Excel 2010 ArcGIS	Data lapangan, peta dan data sekunder lainnya

### 3.3. Prosedur Penelitian.

Penelitian dilakukan dengan metode survei lapangan, analisis laboratorium dengan tahapan sebagai berikut : 1) Persiapan Penelitian, 2) Survei Lapangan (Operasional), 3) Analisis Laboratorium, 4) Analisis Data

#### 3.3.1. Persiapan Penelitian.

Tahapan yang dilakukan dalam kegiatan ini meliputi persiapan perlengkapan yang dibutuhkan dilapangan antara lain : a). Penyiapan Peta Dasar; b). Pembuatan Peta Administrasi; c). Pembuatan Peta Satuan Peta lahan (SPL); e). Teknis Pengambilan Sampel.

##### a. Penyiapan Peta Dasar

Dalam tahapan ini dilakukan beberapa pengolahan data untuk pembuatan peta dasar yang berfungsi sebagai peta acuan untuk melakukan survey tanah.

b. Pembuatan Peta Administrasi

Peta administrasi menggambarkan batasan wilayah kerja penelitian ini, yaitu di wilayah Kecamatan Wagir Kabupaten Malang yang didapatkan dari peta RBI Bakosurtanal tahun 2007 (*digital*).

c. Pembuatan Satuan Peta Lahan (SPL)

Pembuatan Satuan Peta Lahan (SPL) merupakan *overlay* dari peta ketinggian tempat dan peta penggunaan lahan yang tujuannya untuk memudahkan dalam survei tanah. SPL ini digunakan sebagai penentuan titik pengamatan, jadi setiap satuan peta lahan diasumsikan mempunyai kualitas lahan yang sama. Proses pengolahan peta SPL menggunakan bantuan software ArcGIS 9.3. Dalam hal pembuatan peta SPL ketinggian tempat dengan penentuan lokasi pengamatan dengan ketinggian 400 mdpl sampai dengan 1200 mdpl.

d. Teknis Pengambilan Sampel

Teknis pengambilan sampel dilakukan pada kedalaman 0-30 cm dan 30-60 cm. Pengambilan sampel tanah untuk analisis kandungan retensi hara (C-Organik Tanah, pH Tanah, Kapasitas Tukar Kation, dan Kejenuhan Basa).

e. Pembuatan Kuisisioner

Bertujuan untuk mengumpulkan data manajemen usaha tani, pengolahan lahan dan produksi tanaman kopi di lokasi pengamatan. Pengumpulan informasi dilakukan dengan wawancara petani yang lahannya termasuk dalam wilayah pengamatan. Kopi yang diamati adalah jenis kopi robusta yang banyak ditanam petani Kecamatan Wagir. Daftar pertanyaan kuisisioner/wawancara disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Kuisisioner Penelitian

No.	Parameter	Satuan Parameter
1	Luas Lahan	Ha
2	Sewa Lahan	Rp/Tahun
3	Kebutuhan Bibit	Batang/Ha
4	Produksi Kopi	Kg/Ha
5	Harga per kg	Rp
6	Pengolahan lahan	
	- Pengolahan lahan dan penanaman bibit	
	- Pemupukan	
	- Pemangkasan	

### 3.3.2. Survei Lapangan

#### 1. Survei tanah

Kegiatan survei tanah bertujuan untuk mengetahui karakteristik retensi hara. Selain itu survei lapangan ini juga bertujuan untuk mengetahui sistem penggunaan lahan beserta macam vegetasi dan keadaan kondisi aktual tanaman yang ada dilokasi pengamatan.

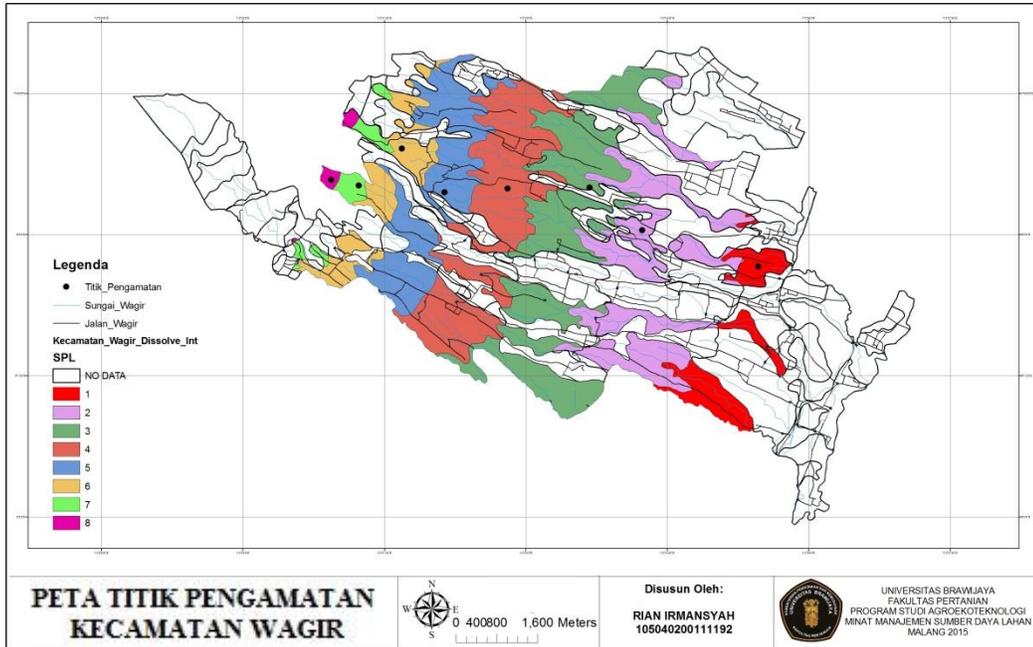
#### 2. Pengamatan penggunaan lahan

Pengamatan/survei lapangan yang dilaksanakan dengan pengamatan langsung kondisi penggunaan lahan di lapangan dalam hubungannya dengan kenampakan pada citra satelit. Pengamatan dilakukan pada beberapa titik sampel yang telah ditentukan pada gambar 3. Setelah melakukan pengamatan penggunaan lahan kemudian wawancara dengan petani kopi yang memiliki lahan tersebut sesuai dengan form wawancara yang telah dipersiapkan. Proses wawancara kepada petani kopi bertujuan untuk mengetahui hasil produksi di lahan tersebut selain itu untuk mengetahui cara pengelolaan lahan, umur tanaman dan jarak tanam.

#### 3. Pengambilan sampel tanah

Pengambilan sampel tanah diambil dengan dua kedalaman tanah yaitu 0-30 cm dan 30-60 cm dan dilakukan dibawah tegakkan tanaman kopi. Selain itu, pengambilan sampel tanah juga didasarkan pada ketinggian tempat yaitu setiap ketinggian 100 m. Sampel tanah yang diambil berupa sampel tanah terganggu, yang

digunakan untuk menetapkan C-Organik tanah, pH tanah, Kapasitas Tukar Kation, dan Kejenuhan Basa.



Gambar 3. Peta Titik Pengamatan Kecamatan Wagir

### 3.3.3. Analisis Laboratorium

Tahapan berikutnya setelah seluruh data, informasi dan obyek penelitian terkumpul dan siap dilakukan analisa lebih lanjut yaitu analisa laboratorium. Kegiatan analisa laboratorium bertujuan untuk mendapatkan data tentang sifat kimia dan fisika tanah. Kegiatan analisa laboratorium ini dilakukan di laboratorium jurusan tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Metode analisa sifat kimia tanah disajikan pada tabel berikut:

Tabel 3. Metode Analisis Laboratorium Kimia Tanah

No.	Sifat	Analisa	Metode
1.	Kimia	pH Tanah Kapasitas Tukar Kation (KTK)	H <sub>2</sub> O NH <sub>4</sub> Oac pH 7, penentuan dengan EDTA titrasi
		C – Organik Kejenuhan Basa (KB)	Walkey – Black $\sum (\text{Ca, Mg, K, Na}) / \text{KTK} \times 100\%$

### 3.3.4. Analisis Data

Analisis data dalam penelitian menggunakan acuan status hara ditentukan dengan menggunakan acuan kriteria penilaian sifat kimia tanah dari Hardjowigeno (1995) yang menggunakan kisaran untuk penilaian sifat kimia tanah.

Tabel 4. Kriteria Sifat Kimia Tanah (Hardjowigeno, 1995)

Sifat Tanah	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
pH H <sub>2</sub> O	< 4,5 Sangat Masam	4,5-5,5 Masam	5,5-6,5 Agak Masam	6,6-7,5 Netral	7,6-8,5/ > 8,5 Agak Alkalis / Alkalis
C-Organik (%)	<1,00	1,00-2,00	2,01-3,00	3,01-5,00	>5,00
K (me/100g)	<0,1	0,1-0,2	0,3-0,5	0,6-1,0	>1,0
Na (me/100g)	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,7	0,8-1,0	>1,0
Ca (me/100g)	<2	2-6	6-10	11-20	>20
Mg (me/100g)	<0,4	0,4-1,0	1,1-2,0	2,1-8,0	>8,0
KTK (me/100g)	<5	5-16	17-24	25-40	>40
Kejenuhan Basa (%)	<20	20-33	36-50	51-70	>70

Kriteria sifat kimia tanah pada tabel tersebut kemudian diberi skor untuk tiap tahapnya. Kriteria yang sangat rendah diberi skor 1, rendah diberi skor 2, sedang diberi skor 3, tinggi diberi skor 4 dan sangat tinggi diberi skor 5. Setelah diketahui skor pada masing-masing paramater maka selanjutnya adalah menjumlahkan skor kemudian dinilai dengan acuan dari Gugino *et al*, (2009). Dalam sistem ini digunakan cara skoring untuk menilai kriteria kesuburan tanah (Tabel 5).

Tabel 5. Kriteria Kesuburan Tanah (Gugino *et al*, 2009)

Persentase (%)	Kriteria Kesuburan Tanah
>85	Sangat Tinggi
70-85	Tinggi
55-70	Sedang
40-55	Rendah
<40	Sangat Tinggi

Rumus :

$$\text{Persentase Karakteristik Kimia Tanah} = (\text{Total skor}/40) \times 100\%$$

Setelah pemberian skor untuk masing-masing parameter maka selanjutnya skor di totalkan kemudian diubah dalam bentuk persen % . Kemudian setelah diketahui total skoring dalam bentuk persen maka langkah selanjutnya adalah melakukan kriteria dengan menggunakan acuan dari Gugino *et al* (2009). Selain pemberian skor pada parameter pengamatan juga dilakukan evaluasi lahan dengan cara *matching* parameter pengamatan dengan kriteria kesesuaian lahan BBSDLP (2012), kriteria kesesuaian lahan menurut BBSDLP (2012) disajikan pada (lampiran 5).

### 3.4 Analisis Statistik

#### 3.4.1 Analisis Korelasi

Analisis korelasi adalah metode statistika yang digunakan untuk menentukan kuatnya atau derajat hubungan linier antara dua variabel atau lebih. Semakin nyata hubungan linier (garis lurus), maka semakin kuat atau tinggi derajat hubungan garis lurus antara kedua variabel atau lebih. Ukuran untuk derajat hubungan garis lurus ini dinamakan koefisien korelasi.

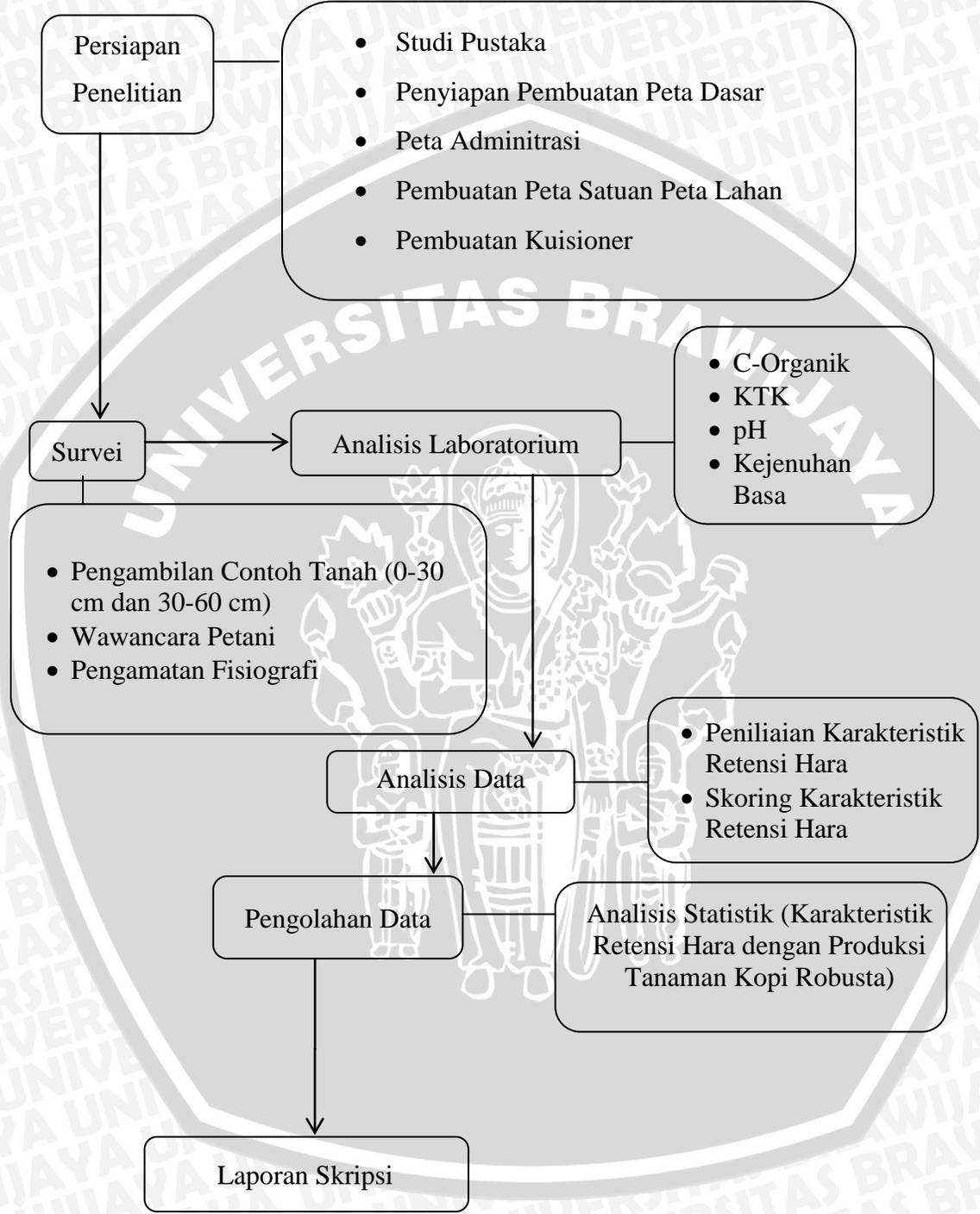
Kegunaan analisis korelasi untuk mengetahui derajat hubungan antara variabel bebas X (independent) dengan variabel terikat Y (dependent). Koefisien korelasi sederhana dilambangkan (r) adalah suatu ukuran arah dan kekuatan hubungan linier antara dua variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y), dengan ketentuan nilai r berkisar dari harga  $(-1 \leq r \leq +1)$ . Apabila nilai  $r = -1$  artinya korelasi negatif sempurna (menyatakan arah hubungan antara X dan Y adalah negatif dan sangat kuat),  $r = 0$  artinya tidak ada korelasi,  $r = 1$  berarti korelasinya sangat kuat dengan arah yang positif. Analisis korelasi dengan metode Pearson untuk mengetahui keeratan hubungan karakteristik retensi hara dengan produksi kopi robusta.

### 3.4.2 Analisis Regresi

Analisis regresi adalah metode statistika yang digunakan untuk menentukan kemungkinan bentuk hubungan / pengaruh antara dua atau lebih variabel bebas (X) dengan variabel terikat (Y). Tujuan pokok penentuan metode ini adalah untuk meramalkan atau memperkirakan nilai dari satu variabel (Y) dalam hubungannya dengan variabel yang lain (X). Analisis regresi dapat diartikan juga proses mengestimasi (menaksir) sebuah fungsi hubungan antara variabel dependen (Y) dengan variabel independen (X). Dalam suatu persamaan regresi besarnya nilai variabel dependen adalah tergantung pada nilai variabel lainnya. Metode dan teknik data yang digunakan untuk menganalisis parameter karakteristik retensi hara yang berpengaruh terhadap produksi kopi adalah regresi linier.



### 3.5 Alur Penelitian



Gambar 4. Alur Penelitian

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Agroekosistem Kebun Kopi

#### 4.1.1. Kebun Kopi di SPL 1

Hasil penyusunan peta satuan lahan Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang disajikan dalam bentuk Peta Titik Pengamatan pada skala 1: 25.000 (Gambar 3). Peta tersebut menyajikan satuan peta lahan (SPL) yang disusun menggunakan tumpang tindih informasi spasial (*spatial overlay*) yang berdasarkan dari peta dasar yang meliputi: penggunaan lahan dan ketinggian tempat. Lokasi SPL1 berada di Desa Sidorahayu terletak pada ketinggian 480 m dpl. dengan penggunaan lahan kopi robusta dengan naungan tanaman sengon. Pada SPL1 umur kopi robusta yaitu 20 tahun dengan luas lahan sebesar 0.4 ha dan memiliki produksi rata-rata 3 ton/ha/thn. Sedangkan jarak tanam pada kebun kopi robusta pada SPL1 sekitar 2 m x 2 m, dengan pemupukan per lubang tanam sekitar 2 kg pupuk kandang pada awal tanam. Namun petani pada SPL1 sudah tidak melakukan perawatan kebun kopinya secara rutin, dikarenakan umur kopi sudah tua. Untuk lahan pada SPL1 disajikan pada (Gambar 4).

#### **Karakteristik Tanah: Retensi Hara pada SPL 1**

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil karakteristik retensi hara pada SPL 1 yang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 7.

**Kebun kopi di SPL 1**



**Gambar 5. Tanaman Kopi SPL 1**

**Tabel 6. Hasil Analisis Karakteristik Retensi Hara SPL 1**

SPL	Produksi, ton/ha/tahun	Kedalaman 0-30 cm				Kedalaman 30-60 cm			
		pH	C-Org, %	KTK, me/100 g	KB, %	pH	C-Org, %	KTK, me/100 g	KB, %
1	3	5.2	0.45	38.52	23.48	5.1	0.37	38.00	24.73
Kriteria		Masam	Rendah	Tinggi	Rendah	Masam	Rendah	Tinggi	Rendah
Kelas Kesesuaian		S2	S3	S1	S1	S2	S3	S1	S1

Keterangan : Sifat Kimia Tanah (Hardjowogeno,1995). Kriteria Kesesuaian Lahan Tanaman Kopi Robusta (BBSDLP, 2012).

Berdasarkan (Tabel 7) pada SPL 1 memiliki nilai kriteria 2 yaitu rendah dan tinggi. Kriteria sifat kimia tanah yang rendah yaitu C-Organik tanah dan Kejenuhan

Basa. Sedangkan yang memiliki kriteria sifat tergolong tinggi yaitu nilai KTK (Kapastias Tukar Kation). pH tanah pada SPL 1 termasuk dalam kriteria masam. Selain penilaian kriteria sifat kimia tanah, dibandingkan juga dengan kriteria kesesuaian lahan pada tanaman Kopi Robusta, pada SPL 1 ini memiliki faktor pembatas C-Organik (S3), dikarenakan nilai C-Organik yang diperoleh pada SPL 1 tergolong rendah sebesar 0,45% pada kedalaman 0-30 cm sedangkan pada kedalaman 30-60 cm sebesar 0,37%. Tanaman Kopi Robusta membutuhkan C-Organik lebih dari 0,80% menurut kriteria kesesuaian lahan (BBSDLP, 2012).

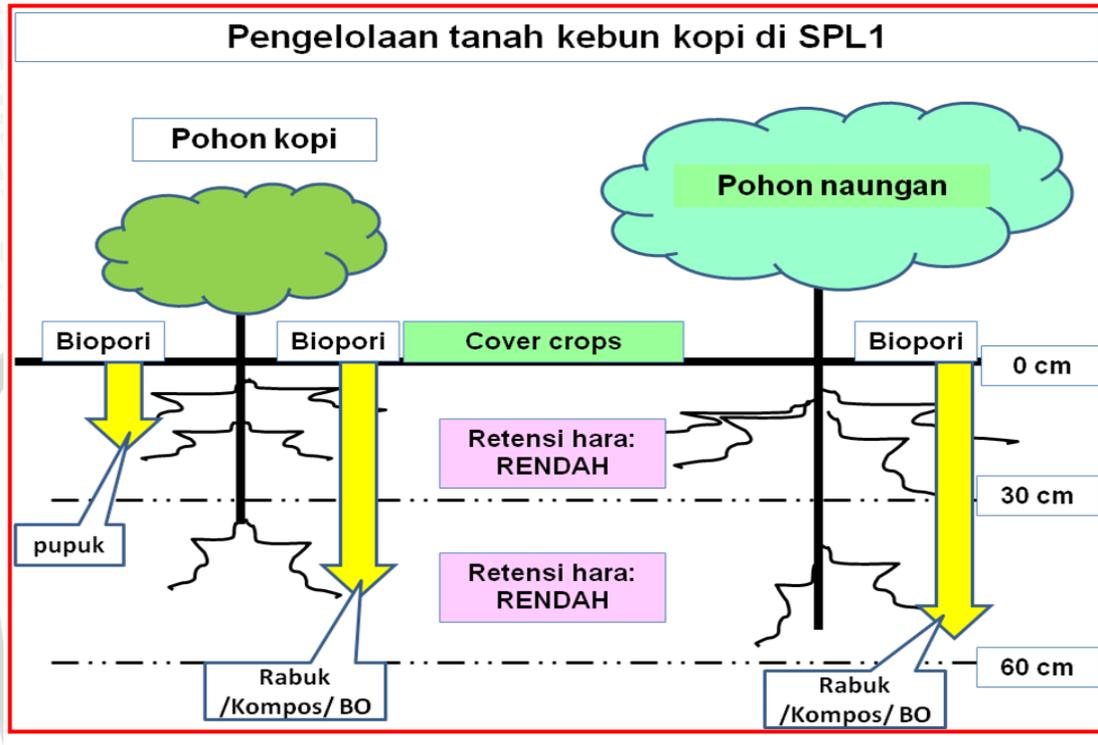
Petani pada SPL 1 cara memperoleh biji kopi dari kebun sendiri, biji diambil dari pohon yang telah diketahui mutunya. Pohon induk yang produksinya cukup tinggi, tahan terhadap nematoda, bubuk buah maupun bubuk batang, atau dengan kata lain yang tahan terhadap hama dan penyakit. Kegiatan selanjutnya yaitu pembuatan jalan-jalan, dan saluran drainase. Pembuatan teras-teras pada lahan yang memiliki kemiringan yang cukup curam. Menanam tanaman penayang sementara dan penayang tetap. Untuk pembuatan lubang tanam, Ukuran lubang yang lazim adalah 60 x 60 x 60 cm. Lubang dibuat 6 bulan sebelum tanam. Untuk tanaman yang kurang subur, ditambahkan pupuk kandang. Tutup lubang tanam, 1 - 3 bulan sebelum ditanam kopi dan dijaga agar batu-batu, cadas dan sisa-sisa akar tidak masuk kedalam lubang tanam. Selama persiapan lahan, pada areal yang kosong dapat ditanami beberapa jenis tanaman semusim, misalnya kedelai, ubi jalar, jagung, kacang-kacangan. Jenisnya dapat disesuaikan dengan kebutuhan petani, dan peluang pasar.

hama yang sering dijumpai petani pada lahan SPL 1 ini adalah serangga dewasa penggerek buah kopi atau bubuk buah kopi (BBK) *Coleoptera, Scolytidae*) berwarna hitam kecoklatan, panjang yang betina sekitar 2 mm dan yang jantan 1,3 mm. Telur diletakkan dalam buah kopi yang bijinya mulai mengeras, umur stadium telur 5 – 9 hari. Lama stadium larva 10 – 26 hari, prapupa 2 hari dan stadium pupa 4 – 9 hari. Masa perkembangan dari telur sampai dewasa 25 – 35 hari. Lama hidup serangga betina rata-rata 156 hari dan serangga jantan maksimum 103 hari. Gejala yang diakibatkan oleh serangga BBK masuk ke dalam buah kopi dengan cara membuat lubang di sekitar diskus. Serangan pada buah muda menyebabkan gugur buah,

serangan pada buah yang cukup tua menyebabkan biji kopi cacat berlubang-lubang dan bermutu rendah.

### Pengelolaan kebun kopi di SPL1

Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL1 diabstraksikan pada Gambar 1.



Gambar 6. Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL1.

Pengolahan tanah pada SPL 1 menyebabkan kondisi retensi hara masuk didalam kategori rendah sampai pada kedalaman 60 cm. Strategi pengelolaan lahan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan manajemen biopori dengan cara menambahkan pupuk pada kedalaman 0 – 30, dan penambahan bahan organik, kompos dan rabuk dilakukan pada kedalaman 0 – 60. Biopori merupakan lubang-lubang kecil yang terbentuk karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah. Dengan meningkatnya mikroorganisme dalam tanah tentunya dapat meningkatkan kesuburan tanah pada penggunaan lahan kopi. Hal pertama yang dilakukan dalam pembuatan biopori pilihlah daerah yang tepat untuk membuat lubang biopori, yaitu pada sekeliling pohon. Lubangi tanah dengan diameter 10-30 cm dan kedalaman 30-60 cm menggunakan alat pengebor biopori. Perkuat mulut lubang dengan semen sekitar 2-3

cm dan setebal 2 cm disekelilingnya. Isilah lubang tersebut dengan dedaunan, pangkasan tanaman atau rumput. Jika volume sampah berkurang, isilah kembali dengan sampah-sampah seperti yang disebutkan diatas. Kompos diambil setiap akhir musim kemarau bersamaan dengan pemeliharaan kembali Lubang Resapan Biopori tersebut.

Pada lahan SPL 1 yang harus diperbaiki dalam karakteristik retensi hara yaitu nilai C-Organik tanah dikarenakan termasuk dalam kelas kesesuaian lahan (S3) agak sesuai. Perbaiki pada lahan SPL 2 yang direkomendasikan dengan penambahan pupuk organik berupa pupuk kandang sapi pada awal penyiapan lahan. Pupuk kandang dari kotoran sapi memiliki kandungan serat yang tinggi. Serat atau selulosa merupakan senyawa rantai karbon yang akan mengalami proses dekomposisi lebih lanjut. Proses dekomposisi senyawa tersebut memerlukan unsur N yang terdapat dalam kotoran. Sehingga kotoran sapi tidak dianjurkan untuk diaplikasikan dalam bentuk segar, perlu pematangan atau pengomposan terlebih dahulu. Apabila pupuk diaplikasikan tanpa pengomposan, akan terjadi perebutan unsur N antara tanaman dengan proses dekomposisi kotoran. Selain serat, kotoran sapi memiliki kadar air yang tinggi. Atas dasar itu, para petani sering menyebut kotoran sapi sebagai pupuk dingin. Tingginya kadar air juga membuat ongkos pemupukan menjadi mahal karena bobot pupuk cukup berat. Kotoran sapi telah dikomposkan dengan sempurna atau telah matang apabila berwarna hitam gelap, teksturnya gembur, tidak lengket, suhunya dingin dan tidak berbau.

#### 4.1.2. Kebun Kopi di SPL 2.

Hasil penyusunan peta satuan lahan Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang disajikan dalam bentuk Peta Titik Pengamatan pada skala 1: 25.000 (Gambar 3). Peta tersebut menyajikan satuan peta lahan (SPL) yang disusun menggunakan tumpang tindih informasi spasial (*spatial overlay*) yang berdasarkan dari peta dasar yang meliputi: penggunaan lahan dan ketinggian tempat. Pada SPL 2 berada pada Desa Gondowangi terletak pada ketinggian 580 mdpl dengan penggunaan lahan kopi robusta dengan tanaman sengon sebagai tanaman naungan. Pada SPL 2 kegiatan pengolahan lahan, terlebih dahulu para petani kopi membersihkan lahannya dari

gulma. Pembuatan lubang tanam dilakukan setelahnya dengan ukuran 60 x 60 x60 cm. pembuatan lubang tanam dilakukan sekitar 3 bulan sebelum pembibitan dilapang. Jarak tanam 2,5 x 2,5 meter. Jarak tersebut diselingi antara kopi robusta dan tanaman sela yang berfungsi sebagai penayang ataupun sebagai tanaman tumpang sari. Sehingga dapat diestimasi dalam luasan 1 hektar akan didapatkan 1000 pohon kopi robusta. Pupuk kadang yang diberikan dengan dosis 2 kg/ lubang tanam. Umur tanaman pada SPL 2 yaitu 22 tahun, sedangkan luas lahan dan produksinya sebesar 0,25 ha dengan produksi rata-rata sekitar 2 ton/ha/thn. Lahan pada SPL 2 disajikan pada lebih jelas pada (Gambar 5).

### Kebun kopi di SPL 2



Gambar 7. Lahan Kopi Robusta pada SPL 2

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil karakteristik retensi hara pada SPL 2 yang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 8.

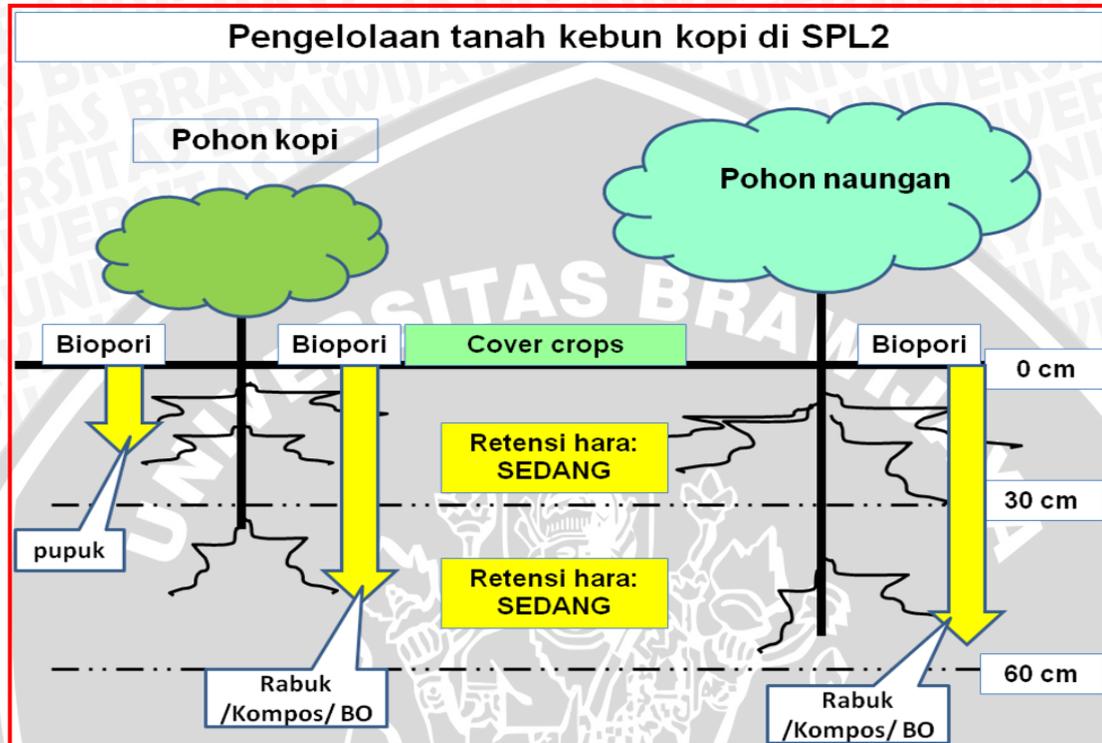
Tabel 7. Hasil Analisis Karakteristik Retensi Hara SPL 2

SPL	Produksi, ton/ha/ Tahun	Kedalaman 0-30 cm				Kedalaman 30-60 cm			
		pH	C-Org, %	KTK, me/100g	KB, %	pH	C-Org, %	KTK, me/100g	KB, %
2	2	4.7	0.36	41.17	24.46	4.5	0.33	43.27	21.06
Kriteria		Masam	Rendah	Sangat Tinggi	Rendah	Masam	Rendah	Sangat Tinggi	Rendah
Kelas Kesesuaian		S3	S3	S1	S1	S3	S3	S1	S1

Keterangan : Sifat Kimia Tanah (Hardjowogeno,1995). Kriteria Kesesuaian Lahan Tanaman Kopi Robusta (BBSDLP, 2012)

Berdasarkan (Tabel 8) pada SPL 2 memiliki nilai kriteria 2 yaitu rendah dan sangat tinggi. Kriteria sifat kimia tanah yang rendah yaitu C-Organik tanah dan Kejenuhan Basa. Sedangkan yang memiliki kriteria sifat tergolong tinggi yaitu nilai KTK (Kapastias Tukar Kation). pH tanah pada SPL 2 termasuk dalam kriteria masam. Selain penilaian kriteria sifat kimia tanah, dibandingkan juga dengan kriteria kesesuaian lahan pada tanaman Kopi Robusta, pada SPL 2 ini memiliki faktor pembatas C-Organik (S3) dan pH tanah (S3), dikarenakan nilai C-Organik yang diperoleh pada SPL 2 tergolong rendah sebesar 0,36% pada kedalaman 0-30 cm sedangkan pada kedalaman 30-60 cm sebesar 0,33%. pH tanah pada kedalaman 0-30 cm yaitu 4,7 sedangkan pada kedalaman 30-60cm sebesar 4,5. Tanaman Kopi Robusta membutuhkan C-Organik lebih dari 0,80% menurut kriteria kesesuaian lahan (BBSDLP, 2012). Sedangkan pH tanah yang dibutuhkan pada tanaman Kopi Robusta yaitu berkisar 5,3-6,0 termasuk dalam kategori sangat sesuai (S1).

Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL2 diabstraksikan pada Gambar 2.



Gambar 8.Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL 2.

Pengolahan tanah pada SPL 2 menyebabkan kondisi retensi hara masuk didalam kategori sedang sampai pada kedalaman 60 cm. Strategi pengelolaan lahan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan manajemen biopori dengan cara menambahkan pupuk pada kedalaman 0 – 30, dan penamabahan bahan organic, kompos dan rabuk dilakukan pada kedalaman 0 – 60. Biopori merupakan lubang-lubang kecil yang terbentuk karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah. Dengan meningkatnya mikroorganisme dalam tanah tentunya dapat meningkatkan kesuburan tanah pada penggunaan lahan kopi. Pada lahan SPL 2 yang harus diperbaiki dalam karakteristik retensi hara yaitu nilai C-Organik tanah dan nilai pH tanah, dikarenakan termasuk dalam kelas kesesuaian lahan (S3) agak sesuai. Perbaikan pada lahan SPL 2 yang direkomendasikan dengan penambahan kapur pada awal penyiapan lahan dan penambahan pupuk organik berupa pupuk kandang sapi. Pupuk kandang dari kotoran

sapi memiliki kandungan serat yang tinggi. Serat atau selulosa merupakan senyawa rantai karbon yang akan mengalami proses dekomposisi lebih lanjut. Proses dekomposisi senyawa tersebut memerlukan unsur N yang terdapat dalam kotoran. Sehingga kotoran sapi tidak dianjurkan untuk diaplikasikan dalam bentuk segar, perlu pematangan atau pengomposan terlebih dahulu. Apabila pupuk diaplikasikan tanpa pengomposan, akan terjadi perebutan unsur N antara tanaman dengan proses dekomposisi kotoran. Selain serat, kotoran sapi memiliki kadar air yang tinggi. Atas dasar itu, para petani sering menyebut kotoran sapi sebagai pupuk dingin. Tingginya kadar air juga membuat ongkos pemupukan menjadi mahal karena bobot pupuk cukup berat. Kotoran sapi telah dikomposkan dengan sempurna atau telah matang apabila berwarna hitam gelap, teksturnya gembur, tidak lengket, suhunya dingin dan tidak berbau.

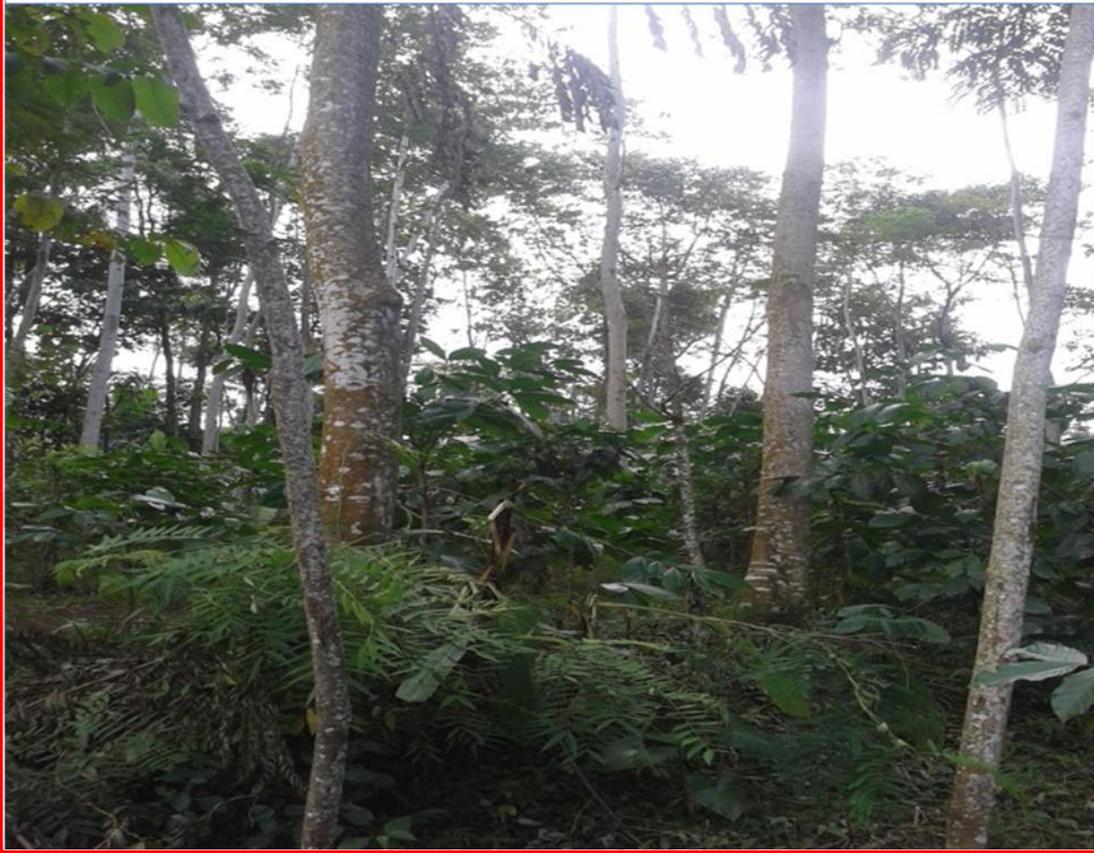
#### **4.1.3. Kebun Kopi di SPL 3.**

Hasil penyusunan peta satuan lahan Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang disajikan dalam bentuk Peta Titik Pengamatan pada skala 1: 25.000 (Gambar 3). Peta tersebut menyajikan satuan peta lahan (SPL) yang disusun menggunakan tumpang tindih informasi spasial (*spatial overlay*) yang berdasarkan dari peta dasar yang meliputi: penggunaan lahan dan ketinggian tempat. Pada SPL 2 berada pada Desa Jedong terletak pada ketinggian 680 mdpl dengan penggunaan lahan kopi robusta dengan tanaman sengon sebagai tanaman naungan. Pada lahan SPL 3 tanaman kopi robusta memiliki jarak tanam sekitar 2 m x 2 m dengan pemupukan 2 kg per lubang tanam, secara umum pengolahan lahan yang dilakukan di lahan SPL 3 ini sama dengan pengolahan lahan pada SPL 2 dikarenakan petani pada SPL 3 dan SPL 2 mengikuti kelompok tani yang sama. Lahan pada SPL 3 ini memiliki luas area sekitar 0,5 ha dengan rata-rata umur tanaman kopi di SPL 3 yaitu 25 tahun. Namun produksi rata-ratanya sama dengan SPL 2 yaitu sebesar 3 ton/ha/thn. Gambar lahan SPL 3 disajikan lebih lengkap pada (Gambar 5).

#### **Karakteristik Tanah: Retensi Hara**

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil karakteristik retensi hara pada SPL 1 yang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 9.

### Kebun kopi di SPL 3



Gambar 9. Lahan Tamanan Kopi Robusta pada SPL 3

Tabel 8. Hasil Analisis Karakteristik Retensi Hara SPL 3.

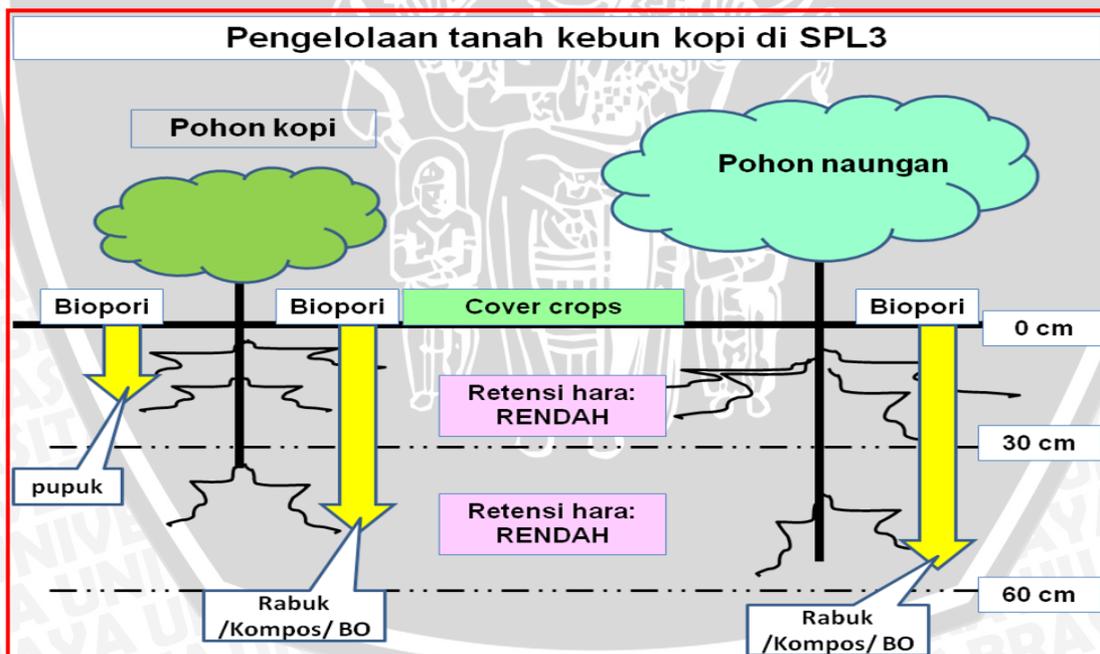
SPL	Produksi, ton/ha/tahun	Kedalaman 0-30 cm			Kedalaman 30-60 cm				
		pH	C-Org, %	KTK, me/100g	KB, %	pH	C-Org, %	KTK, me/100g	KB, %
3	3	5.1	0.66	48.75	15.28	5.0	0.54	47.5	13.8
Kriteria		Masam	Rendah	Sangat Tinggi	Sangat Rendah	Masam	Rendah	Sangat Tinggi	Rendah
Kelas Kesesuaian		S3	S3	S1	S1	S3	S3	S1	S1

Keterangan : Sifat Kimia Tanah (Hardjowogeno,1995). Kriteria Kesesuaian Lahan Tanaman Kopi Robusta (BBSDLP, 2012).

Berdasarkan (Tabel 9) pada SPL3 memiliki nilai kriteria 3 yaitu rendah, sangat rendah dan sangat tinggi. Kriteria sifat kimia tanah yang rendah yaitu C-Organik tanah, kriteria sifat kimia tanah sangat rendah yaitu Kejenuhan Basa. Sedangkan yang memiliki kriteria sifat tergolong sangat tinggi yaitu nilai KTK (Kapastias Tukar Kation). pH tanah pada SPL 3 termasuk dalam kriteria masam. Selain penilaian kriteria sifat kimia tanah, dibandingkan juga dengan kriteria kesesuaian lahan pada tanaman Kopi Robusta, pada SPL 3 ini memiliki faktor pembatas C-Organik (S3), dikarenakan nilai C-Organik yang diperoleh pada SPL 3 tergolong rendah sebesar 0,66% pada kedalaman 0-30 cm sedangkan pada kedalaman 30-60 cm sebesar 0,54%. Tanaman Kopi Robusta membutuhkan C-Organik lebih dari 0,80% menurut kriteria kesesuaian lahan termasuk dalam kategori sangat sesuai (S1) (BBSDLP, 2012).

### Pengelolaan kebun kopi di SPL3

Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL3 diabstraksikan pada Gambar 3.



Gambar 10. Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL 3.

Pengolahan tanah pada SPL 3 menyebabkan kondisi retensi hara masuk didalam kategori sedang sampai pada kedalaman 60 cm. Strategi pengelolaan lahan

yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan manajemen biopori dengan cara menambahkan pupuk pada kedalaman 0 – 30, dan penambahan bahan organik, kompos dan rabuk dilakukan pada kedalaman 0 – 60. Biopori merupakan lubang-lubang kecil yang terbentuk karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah. Dengan meningkatnya mikroorganisme dalam tanah tentunya dapat meningkatkan kesuburan tanah pada penggunaan lahan kopi. Pada lahan SPL 3 yang harus diperbaiki dalam karakteristik retensi hara yaitu nilai C-Organik tanah dan nilai pH tanah, dikarenakan termasuk dalam kelas kesesuaian lahan (S3) agak sesuai. Perbaikan pada lahan SPL 3 yang direkomendasikan dengan penambahan kapur pada awal penyiapan lahan dan penambahan pupuk organik berupa pupuk kandang sapi. Pupuk kandang dari kotoran sapi memiliki kandungan serat yang tinggi. Serat atau selulosa merupakan senyawa rantai karbon yang akan mengalami proses dekomposisi lebih lanjut. Proses dekomposisi senyawa tersebut memerlukan unsur N yang terdapat dalam kotoran. Sehingga kotoran sapi tidak dianjurkan untuk diaplikasikan dalam bentuk segar, perlu pematangan atau pengomposan terlebih dahulu. Apabila pupuk diaplikasikan tanpa pengomposan, akan terjadi perebutan unsur N antara tanaman dengan proses dekomposisi kotoran. Selain serat, kotoran sapi memiliki kadar air yang tinggi. Atas dasar itu, para petani sering menyebut kotoran sapi sebagai pupuk dingin. Tingginya kadar air juga membuat ongkos pemupukan menjadi mahal karena bobot pupuk cukup berat. Kotoran sapi telah dikomposkan dengan sempurna atau telah matang apabila berwarna hitam gelap, teksturnya gembur, tidak lengket, suhunya dingin dan tidak berbau.

#### 4.1.4. Kebun Kopi di SPL 4.

Hasil penyusunan peta satuan lahan Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang disajikan dalam bentuk Peta Titik Pengamatan pada skala 1: 25.000 (Gambar 3). Peta tersebut menyajikan satuan peta lahan (SPL) yang disusun menggunakan tumpang tindih informasi spasial (*spatial overlay*) yang berdasarkan dari peta dasar yang meliputi: penggunaan lahan dan ketinggian tempat. Pada SPL 4 berada pada Desa Parangargo terletak pada ketinggian 780 mdpl dengan penggunaan lahan kopi robusta dengan naungan tanaman sengon. Pada SPL 4 umur kopi robusta yaitu 22 tahun dengan luas lahan sebesar 0,5 ha dan memiliki produksi rata-rata 3 t/ha/thn. Sedangkan jarak tanam pada kebun kopi robusta pada SPL 1 sekitar 2 m x 2 m, dengan pemupukan per lubang tanam sekitar 2 kg pupuk kandang pada awal tanam. Penanaman disesuaikan dengan keadaan cuaca. Bila keadaan berawan, penanaman bisa dilakukan dari pagi hingga sore. Tetapi apabila cuaca sangat cerah, lebih baik dilakukan ketika masih pagi. Ketika menanamkan bibit kopi, perlu dijaga agar akar tanaman kopi tidak bengkok. Setelah itu tanah disekitar tanaman lebih dipadatkan.

### Kebun kopi di SPL 4



Gambar 11. Lahan Tanaman Kopi Robusta pada SPL 4

#### Karakteristik Tanah: Retensi Hara

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil karakteristik retensi hara pada SPL 1 yang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 10. Tabel 9. Hasil Analisis Karakteristik Retensi Hara SPL 4

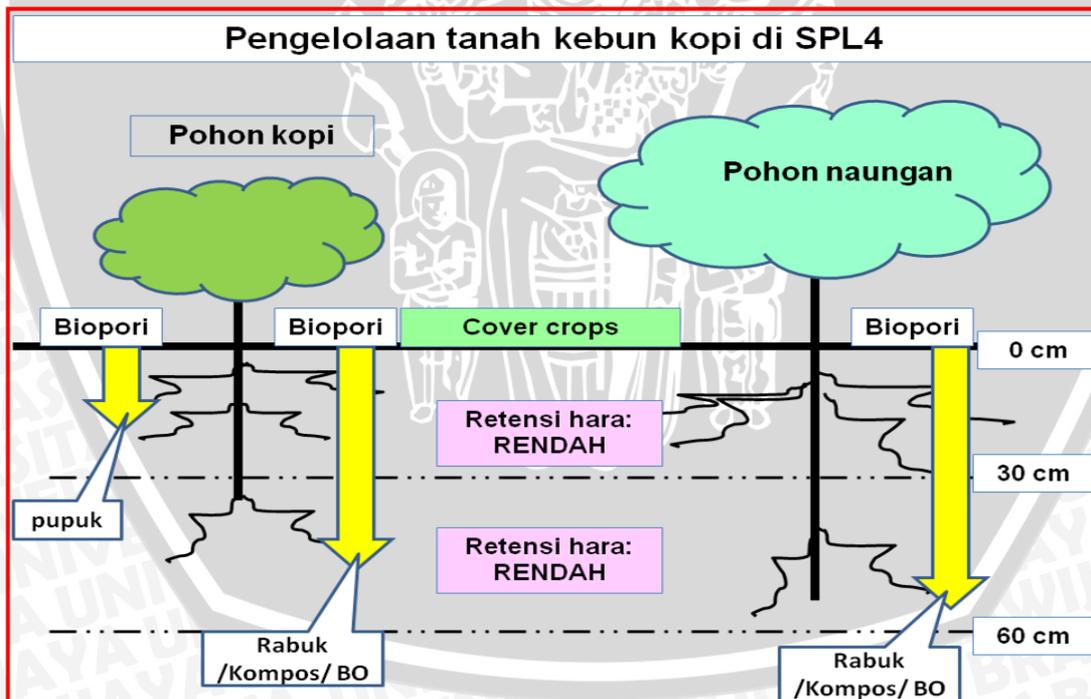
SPL	Produksi, ton/ha/tahun	Kedalaman 0-30 cm				Kedalaman 30-60 cm			
		pH	C-Org, %	KTK, me/100g	KB, %	pH	C-Org, %	KTK, me/100g	KB, %
4	4.0	5.0	0.51	39.82	20.53	5.0	0.44	38.52	13.8
Kriteria		Masam	Rendah	Tinggi	Rendah	Masam	Rendah	Tinggi	Rendah
Kelas Kesesuaian		S2	S3	S1	S1	S2	S3	S1	S2

Keterangan : Sifat Kimia Tanah (Hardjowogono,1995). Kriteria Kesesuaian Lahan Tanaman Kopi Robusta (BBSDLP, 2012)

Berdasarkan (Tabel 10) pada SPL 4 memiliki nilai kriteria 3 yaitu rendah, sangat rendah dan sangat tinggi. Kriteria sifat kimia tanah yang rendah yaitu C-Organik tanah, kriteria sifat kimia tanah sangat rendah yaitu Kejenuhan Basa. Sedangkan yang memiliki kriteria sifat tergolong sangat tinggi yaitu nilai KTK (Kapastias Tukar Kation). pH tanah pada SPL 4 termasuk dalam kriteria masam. Selain penilaian kriteria sifat kimia tanah, dibandingkan juga dengan kriteria kesesuaian lahan pada tanaman Kopi Robusta, pada SPL 4 ini memiliki faktor pembatas C-Organik (S3), dikarenakan nilai C-Organik yang diperoleh pada SPL 3 tergolong rendah sebesar 0,51% pada kedalaman 0-30 cm sedangkan pada kedalaman 30-60 cm sebesar 0,44%. Tanaman Kopi Robusta membutuhkan C-Organik lebih dari 0,80% menurut kriteria kesesuaian lahan termasuk dalam kategori sangat sesuai (S1) (BBSDLP, 2012).

#### Pengelolaan kebun kopi di SPL4

Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL4 diabstraksikan pada Gambar 4.



Gambar 12. Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL 4.

Pengolahan tanah pada SPL 4 menyebabkan kondisi retensi hara masuk didalam kategori sedang sampai pada kedalaman 60 cm. Strategi pengelolaan lahan

yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan manajemen biopori dengan cara menambahkan pupuk pada kedalaman 0 – 30, dan penambahan bahan organik, kompos dan rabuk dilakukan pada kedalaman 0 – 60. Biopori merupakan lubang-lubang kecil yang terbentuk karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah. Dengan meningkatnya mikroorganisme dalam tanah tentunya dapat meningkatkan kesuburan tanah pada penggunaan lahan kopi. Pada lahan SPL 4 yang harus diperbaiki dalam karakteristik retensi hara yaitu nilai C-Organik tanah, dikarenakan termasuk dalam kelas kesesuaian lahan (S3) agak sesuai. Perbaikan pada lahan SPL 4 yang direkomendasikan dengan pada penambahan pupuk organik berupa pupuk kandang sapi awal penyiapan lahan. Pupuk kandang dari kotoran sapi memiliki kandungan serat yang tinggi. Serat atau selulosa merupakan senyawa rantai karbon yang akan mengalami proses dekomposisi lebih lanjut. Proses dekomposisi senyawa tersebut memerlukan unsur N yang terdapat dalam kotoran. Sehingga kotoran sapi tidak dianjurkan untuk diaplikasikan dalam bentuk segar, perlu pematangan atau pengomposan terlebih dahulu. Apabila pupuk diaplikasikan tanpa pengomposan, akan terjadi perebutan unsur N antara tanaman dengan proses dekomposisi kotoran. Selain serat, kotoran sapi memiliki kadar air yang tinggi. Atas dasar itu, para petani sering menyebut kotoran sapi sebagai pupuk dingin. Tingginya kadar air juga membuat ongkos pemupukan menjadi mahal karena bobot pupuk cukup berat. Kotoran sapi telah dikomposkan dengan sempurna atau telah matang apabila berwarna hitam gelap, teksturnya gembur, tidak lengket, suhunya dingin dan tidak berbau.

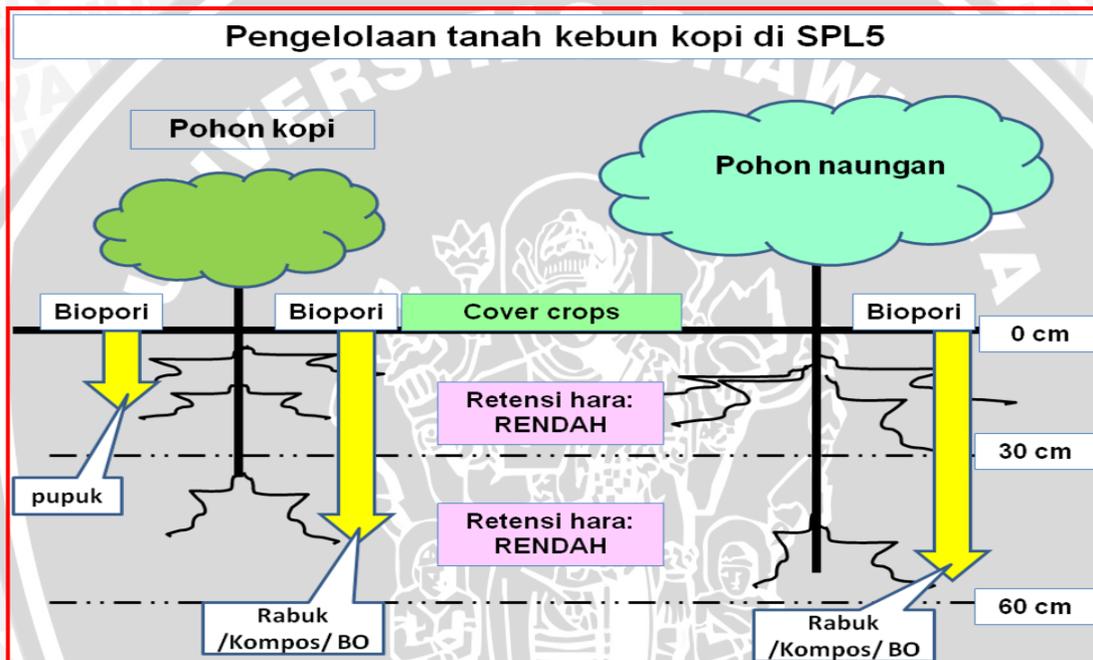
#### 4.1.5. Kebun Kopi di SPL 5.

Hasil penyusunan peta satuan lahan Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang disajikan dalam bentuk Peta Titik Pengamatan pada skala 1: 25.000 (Gambar 3). Peta tersebut menyajikan satuan peta lahan (SPL) yang disusun menggunakan tumpang tindih informasi spasial (*spatial overlay*) yang berdasarkan dari peta dasar yang meliputi: penggunaan lahan dan ketinggian tempat. Pada SPL 5 berada pada Desa Parangargo sama dengan SPL 4 namun SPL 5 terletak pada ketinggian 880 mdpl dengan penggunaan lahan kopi robusta dengan tanaman sengon sebagai tanaman naungan. Pada SPL 5 kegiatan pengolahan lahan, terlebih dahulu para petani kopi

membersihkan lahannya dari gulma. Pembuatan lubang tanam dilakukan setelahnya dengan ukuran 60 x 60 x 60 cm. pembuatan lubang tanam dilakukan sekitar 3 bulan sebelum pembibitan dilapang. Jarak tanam 2,5 x 2,5 meter. Jarak tersebut diselingi antara kopi robusta dan tanaman sela yang berfungsi sebagai penayang ataupun sebagai tanaman tumpang sari.

### Pengelolaan kebun kopi di SPL5

Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL5 diabstraksikan pada Gambar 5.



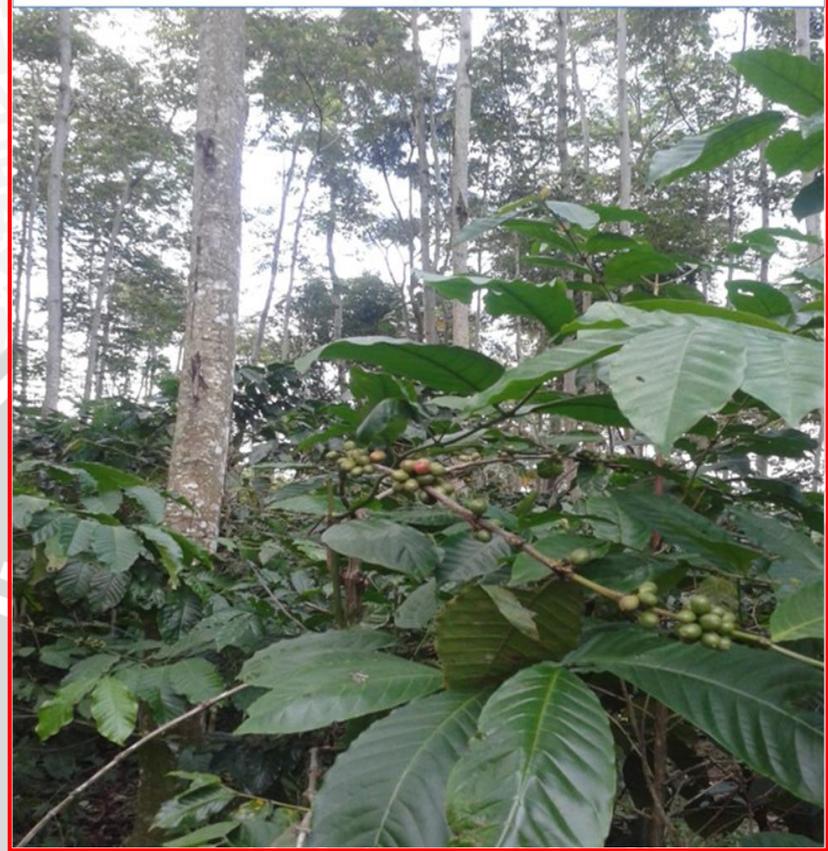
Gambar 13. Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL5.

Pengolahan tanah pada SPL 5 menyebabkan kondisi retensi hara masuk didalam kategori rendah sampai pada kedalaman 60 cm. Strategi pengelolaan lahan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan manajemen biopori dengan cara menambahkan pupuk pada kedalaman 0 – 30, dan penambahan bahan organik, kompos dan rabuk dilakukan pada kedalaman 0 – 60. Biopori merupakan lubang-lubang kecil yang terbentuk karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah. Dengan meningkatnya mikroorganisme dalam tanah tentunya dapat meningkatkan kesuburan tanah pada penggunaan lahan kopi. Pada lahan SPL 5 yang harus diperbaiki dalam karakteristik retensi hara yaitu nilai C-Organik tanah, dikarenakan termasuk dalam

kelas kesesuaian lahan (S3) agak sesuai. Perbaikan pada lahan SPL 5 yang direkomendasikan dengan pada penambahan pupuk organik berupa pupuk kandang sapi awal penyiapan lahan. Pupuk kandang dari kotoran sapi memiliki kandungan serat yang tinggi. Serat atau selulosa merupakan senyawa rantai karbon yang akan mengalami proses dekomposisi lebih lanjut. Proses dekomposisi senyawa tersebut memerlukan unsur N yang terdapat dalam kotoran. Sehingga kotoran sapi tidak dianjurkan untuk diaplikasikan dalam bentuk segar, perlu pematangan atau pengomposan terlebih dahulu. Apabila pupuk diaplikasikan tanpa pengomposan, akan terjadi perebutan unsur N antara tanaman dengan proses dekomposisi kotoran. Selain serat, kotoran sapi memiliki kadar air yang tinggi. Atas dasar itu, para petani sering menyebut kotoran sapi sebagai pupuk dingin. Tingginya kadar air juga membuat ongkos pemupukan menjadi mahal karena bobot pupuk cukup berat. Kotoran sapi telah dikomposkan dengan sempurna atau telah matang apabila berwarna hitam gelap, teksturnya gembur, tidak lengket, suhunya dingin dan tidak berbau.



**Kebun kopi di SPL 5**



Gambar 14. Lahan Tanaman Kopi Robusta pada SPL 5.

**Karakteristik Tanah: Retensi Hara**

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil karakteristik retensi hara pada SPL 5 yang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 10. Hasil Analisis Karakteristik Retensi Hara SPL 5.

SPL	Produksi, ton/ha/tahun	Kedalaman 0-30 cm			Kedalaman 30-60 cm				
		pH	C-Org, %	KTK, me/100g	KB, %	pH	C-Org, %	KTK, me/100g	KB, %
5	3.0	4.6	0.61	46.3	21.62	4.3	0.55	45.17	17.64
Kriteria		Masa m	Rendah	Sangat Tinggi	Rendah	Sangat Masam	Rendah	Sngat Tinggi	Sangat Rendah

Kelas Kesesuaian	S2	S3	S1	S1	S2	S3	S1	S2
------------------	----	----	----	----	----	----	----	----

Keterangan : Sifat Kimia Tanah (Hardjowogeno,1995). Kriteria Kesesuaian Lahan Tanaman Kopi Robusta (BBSDLP, 2012)

Berdasarkan (Tabel 11) pada SPL 5 memiliki nilai kriteria 3 yaitu rendah, sangat rendah dan sangat tinggi. Kriteria sifat kimia tanah yang rendah yaitu C-Organik tanah, kriteria sifat kimia tanah sangat rendah yaitu Kejenuhan Basa. Sedangkan yang memiliki kriteria sifat tergolong sangat tinggi yaitu nilai KTK (Kapastias Tukar Kation). pH tanah pada SPL 5 termasuk dalam kriteria masam. Selain penilaian kriteria sifat kimia tanah, dibandingkan juga dengan kriteria kesesuaian lahan pada tanaman Kopi Robusta, pada SPL 5 ini memiliki faktor pembatas C-Organik (S3), dikarenakan nilai C-Organik yang diperoleh pada SPL 3 tergolong rendah sebesar 0,61% pada kedalaman 0-30 cm sedangkan pada kedalaman 30-60 cm sebesar 0,55%. Tanaman Kopi Robusta membutuhkan C-Organik lebih dari 0,80% menurut kriteria kesesuaian lahan termasuk dalam kategori sangat sesuai (S1) (BBSDLP, 2012).

#### 4.1.6. Kebun Kopi di SPL 6.

Hasil penyusunan peta satuan lahan Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang disajikan dalam bentuk Peta Titik Pengamatan pada skala 1: 25.000 (Gambar 3). Peta tersebut menyajikan satuan peta lahan (SPL) yang disusun menggunakan tumpang tindih informasi spasial (*spatial overlay*) yang berdasarkan dari peta dasar yang meliputi: penggunaan lahan dan ketinggian tempat. Pada SPL 6 berada pada Desa Sidorahayu terletak pada ketinggian 980 mdpl dengan penggunaan lahan kopi robusta dengan naungan tanaman sengon. Pada SPL 6 umur kopi robusta yaitu 20 tahun dengan luas lahan sebesar 0,75 ha dan memiliki produksi rata-rata 4 t/ha/thn. Sedangkan jarak tanam pada kebun kopi robusta pada SPL 6 sekitar 2 m x 2 m, dengan pemupukan per lubang tanam sekitar 2 kg pupuk kandang pada awal tanam. Namun petani pada SPL 6 sudah tidak melakukan perawatan yang lebih rutin, dikarenakan umur kopi sudah tua.

**Kebun kopi di SPL 6**



Gambar 15. Lahan Tanaman Kopi Robusta pada SPL 6.

**Karakteristik Tanah: Retensi Hara**

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil karakteristik retensi hara pada SPL 6 yang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 11. Hasil Analisis Karakteristik Retensi Hara SPL 6.

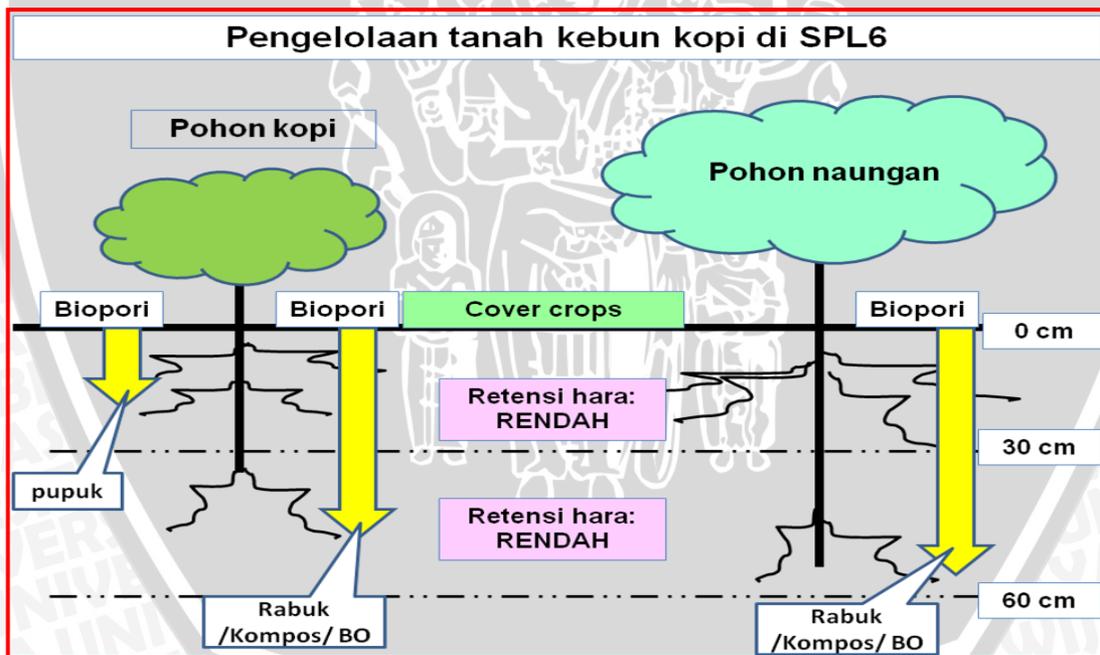
SPL	Produksi, ton/ha/tahun	Kedalaman 0-30 cm				Kedalaman 30-60 cm			
		pH	C-Org, %	KTK, me/100g	KB, %	pH	C-Org, %	KTK, me/100g	KB, %
6	4.0	5.5	0.71	40.22	25.15	5.3	0.57	40.17	19.6
Kriteria	Masam	Rendah	Sangat Tinggi	Rendah	Masam	Rendah	Sangat Tinggi	Sangat Rendah	
Kelas Kesesuaian	S2	S3	S1	S1	S2	S3	S1	S2	

Keterangan : Sifat Kimia Tanah (Hardjowogeno,1995). Kriteria Kesesuaian Lahan Tanaman Kopi Robusta (BBSLDP, 2012).

Berdasarkan (Tabel 12) pada SPL 6 memiliki nilai kriteria 3 yaitu rendah, tinggi dan sangat tinggi. Kriteria sifat kimia tanah yang rendah yaitu C-Organik tanah dan Kejenuhan Basa. Sedangkan yang memiliki kriteria sifat tergolong tinggi dan sangat tinggi yaitu nilai KTK (Kapastias Tukar Kation). pH tanah pada SPL 6 termasuk dalam kriteria masam. Selain penilaian kriteria sifat kimia tanah, dibandingkan juga dengan kriteria kesesuaian lahan pada tanaman Kopi Robusta, pada SPL 6 ini memiliki faktor pembatas C-Organik (S3), dikarenakan nilai C-Organik yang diperoleh pada SPL 3 tergolong rendah sebesar 0,71% pada kedalaman 0-30 cm sedangkan pada kedalaman 30-60 cm sebesar 0,57%. Tanaman Kopi Robusta membutuhkan C-Organik lebih dari 0,80% menurut kriteria kesesuaian lahan termasuk dalam kategori sangat sesuai (S1) (BBSDLP, 2012).

#### Pengelolaan kebun kopi di SPL6

Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL 6 diabstraksikan pada Gambar 6.



Gambar 16. Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL 6.

Pengolahan tanah pada SPL 6 menyebabkan kondisi retensi hara masuk didalam kategori rendah sampai pada kedalaman 60 cm. Strategi pengelolaan lahan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan manajemen biopori dengan cara

menambahkan pupuk pada kedalaman 0 – 30, dan penambahan bahan organik, kompos dan rabuk dilakukan pada kedalaman 0 – 60. Biopori merupakan lubang-lubang kecil yang terbentuk karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah. Dengan meningkatnya mikroorganisme dalam tanah tentunya dapat meningkatkan kesuburan tanah pada penggunaan lahan kopi. Pada lahan SPL 6 yang harus diperbaiki dalam karakteristik retensi hara yaitu nilai C-Organik tanah, dikarenakan termasuk dalam kelas kesesuaian lahan (S3) agak sesuai. Perbaikan pada lahan SPL 6 yang direkomendasikan dengan pada penambahan pupuk organik berupa pupuk kandang sapi awal penyiapan lahan. Pupuk kandang dari kotoran sapi memiliki kandungan serat yang tinggi. Serat atau selulosa merupakan senyawa rantai karbon yang akan mengalami proses dekomposisi lebih lanjut. Proses dekomposisi senyawa tersebut memerlukan unsur N yang terdapat dalam kotoran. Sehingga kotoran sapi tidak dianjurkan untuk diaplikasikan dalam bentuk segar, perlu pematangan atau pengomposan terlebih dahulu. Apabila pupuk diaplikasikan tanpa pengomposan, akan terjadi perebutan unsur N antara tanaman dengan proses dekomposisi kotoran. Selain serat, kotoran sapi memiliki kadar air yang tinggi. Atas dasar itu, para petani sering menyebut kotoran sapi sebagai pupuk dingin. Tingginya kadar air juga membuat ongkos pemupukan menjadi mahal karena bobot pupuk cukup berat. Kotoran sapi telah dikomposkan dengan sempurna atau telah matang apabila berwarna hitam gelap, teksturnya gembur, tidak lengket, suhunya dingin dan tidak berbau.

#### **4.1.7. Kebun Kopi di SPL 7.**

Hasil penyusunan peta satuan lahan Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang disajikan dalam bentuk Peta Titik Pengamatan pada skala 1: 25.000 (Gambar 3). Peta tersebut menyajikan satuan peta lahan (SPL) yang disusun menggunakan tumpang tindih informasi spasial (*spatial overlay*) yang berdasarkan dari peta dasar yang meliputi: penggunaan lahan dan ketinggian tempat. Pada SPL 7 berada pada Desa Petungsewu terletak pada ketinggian 1080 mdpl dengan penggunaan lahan kopi robusta dengan naungan tanaman sengon. Pada SPL 7 umur kopi robusta yaitu 24 tahun dengan luas lahan sebesar 0,4 ha dan memiliki produksi rata-rata 3 t/ha/thn. Pada SPL 5 kegiatan pengolahan lahan, terlebih dahulu para petani kopi membersihkan

lahannya dari gulma. Pembuatan lubang tanam dilakukan setelahya dengan ukuran 60 x 60 x 60 cm. pembuatan lubang tanam dilakukan sekitar 3 bulan sebelum pembibitan dilapang. Jarak tanam 2,5 x 2,5 meter. Jarak tersebut diselingi antara kopi robusta dan tanaman sela yang berfungsi sebagai penangung ataupun sebagai tanaman tumpang sari. Berikut gambar lahan pada SPL 7 disajikan lebih lengkap pada (Gambar 10).

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil karakteristik retensi hara pada SPL 7 yang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 12. Hasil Analisis Karakteristik Retensi Hara SPL 7.

SPL	Produksi, ton/ha/tahun	Kedalaman 0-30 cm				Kedalaman 30-60 cm			
		pH	C-Org, %	KTK, me/100g	KB, %	pH	C-Org, %	KTK, me/100g	KB, %
7	4.0	4.8	0.59	41.8	19.01	4.7	0.56	41.47	16.42
Kriteria	Masam	Rendah	Sangat Tinggi	Sangat Rendah		Masam	Rendah	Sangat Tinggi	Sangat Rendah
Kelas Kesesuaian	S2	S3	S1	S1		S2	S3	S1	S2

Keterangan : Sifat Kimia Tanah (Hardjowogono,1995). Kriteria Kesesuaian Lahan Tanaman Kopi Robusta (BBSDLP, 2012)

## Kebun kopi di SPL 7



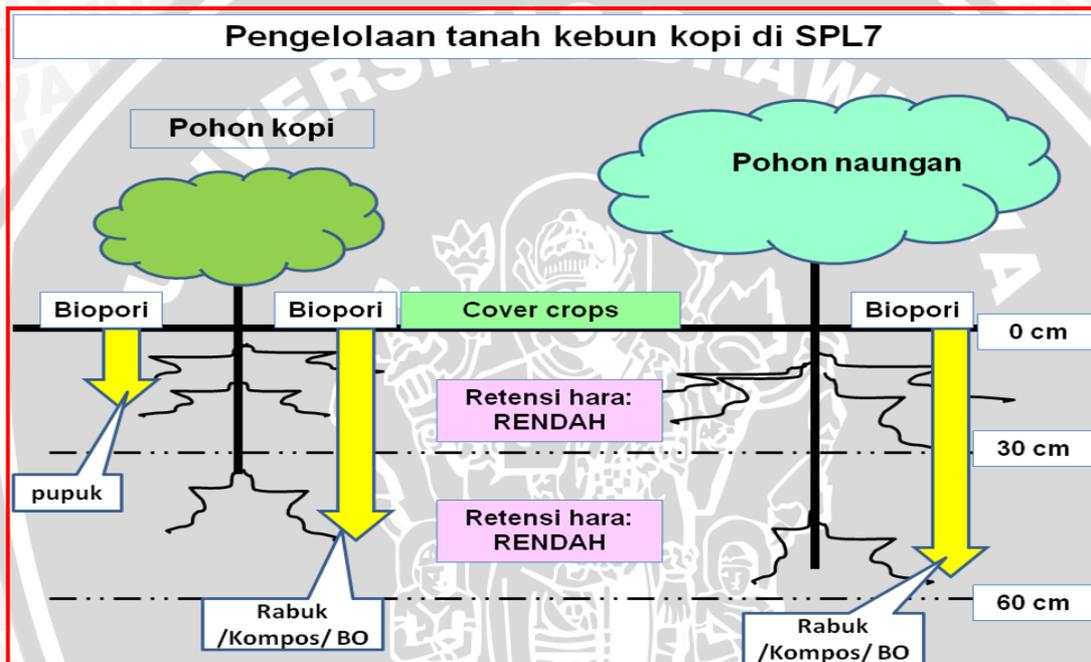
Gambar 17. Lahan Tanaman Kopi Robusta pada SPL 7.

Berdasarkan (Tabel 13) pada SPL7 memiliki nilai kriteria 3 yaitu sangat rendah, rendah, dan sangat tinggi. Kriteria sifat kimia tanah yang rendah yaitu C-Organik tanah dan Kejenuhan Basa. Sedangkan yang memiliki kriteria sifat tergolong tinggi dan sangat tinggi yaitu nilai KTK (Kapastias Tukar Kation). pH tanah pada SPL 7 termasuk dalam kriteria masam. Selain penilaian kriteria sifat kimia tanah, dibandingkan juga dengan kriteria kesesuaian lahan pada tanaman Kopi Robusta,

pada SPL 7 ini memiliki faktor pembatas C-Organik (S3), dikarenakan nilai C-Organik yang diperoleh pada SPL 7 tergolong rendah sebesar 0.59% pada kedalaman 0-30 cm sedangkan pada kedalaman 30-60 cm sebesar 0.56%. Tanaman Kopi Robusta membutuhkan C-Organik lebih dari 0.80% menurut kriteria kesesuaian lahan termasuk dalam kategori sangat sesuai (S1) (BBSDLP, 2012).

### Pengelolaan kebun kopi di SPL7

Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL7 diabstraksikan pada Gambar 7.



Gambar 18. Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL7.

Pengolahan tanah pada SPL 7 menyebabkan kondisi retensi hara masuk didalam kategori rendah sampai pada kedalaman 60 cm. Strategi pengelolaan lahan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan manajemen biopori dengan cara menambahkan pupuk pada kedalaman 0 – 30, dan penamabahan bahan organic, kompos dan rabuk dilakukan pada kedalaman 0 – 60. Biopori merupakan lubang-lubang kecil yang terbentuk karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah. Dengan meningkatnya mikroorganisme dalam tanah tentunya dapat meningkatkan kesuburan tanah pada penggunaan lahan kopi. Pada lahan SPL 7 yang harus diperbaiki dalam karakteristik retensi hara yaitu nilai C-Organik tanah, dikarenakan termasuk dalam

kelas kesesuaian lahan (S3) agak sesuai. Perbaikan pada lahan SPL 7 yang direkomendasikan dengan pada penambahan pupuk organik berupa pupuk kandang sapi awal penyiapan lahan. Pupuk kandang dari kotoran sapi memiliki kandungan serat yang tinggi. Serat atau selulosa merupakan senyawa rantai karbon yang akan mengalami proses dekomposisi lebih lanjut. Proses dekomposisi senyawa tersebut memerlukan unsur N yang terdapat dalam kotoran. Sehingga kotoran sapi tidak dianjurkan untuk diaplikasikan dalam bentuk segar, perlu pematangan atau pengomposan terlebih dahulu. Apabila pupuk diaplikasikan tanpa pengomposan, akan terjadi perebutan unsur N antara tanaman dengan proses dekomposisi kotoran. Selain serat, kotoran sapi memiliki kadar air yang tinggi. Atas dasar itu, para petani sering menyebut kotoran sapi sebagai pupuk dingin. Tingginya kadar air juga membuat ongkos pemupukan menjadi mahal karena bobot pupuk cukup berat. Kotoran sapi telah dikomposkan dengan sempurna atau telah matang apabila berwarna hitam gelap, teksturnya gembur, tidak lengket, suhunya dingin dan tidak berbau.

#### **4.1.8. Kebun Kopi di SPL 8.**

Hasil penyusunan peta satuan lahan Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang disajikan dalam bentuk Peta Titik Pengamatan pada skala 1: 25.000 (Gambar 3). Peta tersebut menyajikan satuan peta lahan (SPL) yang disusun menggunakan tumpang tindih informasi spasial (*spatial overlay*) yang berdasarkan dari peta dasar yang meliputi: penggunaan lahan dan ketinggian tempat. Pada SPL 7 berada pada Desa Petungsewu terletak pada ketinggian 1080 mdpl dengan penggunaan lahan kopi robusta dengan naungan tanaman sengon. Pengolahan lahan pada SPL 8 sama dengan pengolahan lahan pada SPL 7 dikarenakan pemilik lahan pada SPL 7 dan SPL 8 satu nara sumber yang sama. Berikut gambar lahan pada SPL 8 disajikan lebih lengkap pada (Gambar 11).

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil karakteristik retensi hara pada SPL 8 yang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 14. Berdasarkan (Tabel 14) pada SPL8 memiliki dua kriteria, yaitu rendah, dan tinggi. Kriteria sifat kimia tanah yang rendah yaitu C-Organik tanah dan Kejenuhan Basa. Sedangkan yang memiliki kriteria sifat termasuk tinggi yaitu nilai KTK

(Kapastias Tukar Kation).pH tanah pada SPL 8 termasuk dalam kriteria masam. Selain penilaian kriteria sifat kimia tanah, dibandingkan juga dengan kriteria kesesuaian lahan pada tanaman Kopi Robusta, pada SPL 8 ini memiliki faktor pembatas C-Organik (S3), dikarenakan nilai C-Organik yang diperoleh pada SPL 8 tergolong rendah sebesar 0.59% pada kedalaman 0-30 cm sedangkan pada kedalaman 30-60 cm sebesar 0.56%. Tanaman Kopi Robusta membutuhkan C-Organik lebih dari 0,80% menurut kriteria kesesuaian lahan termasuk dalam kategori sangat sesuai (S1) (BBSDLP, 2012).

### Kebun kopi di SPL 8



Gambar 19. Lahan Tanaman Kopi Robusta pada SPL 8.

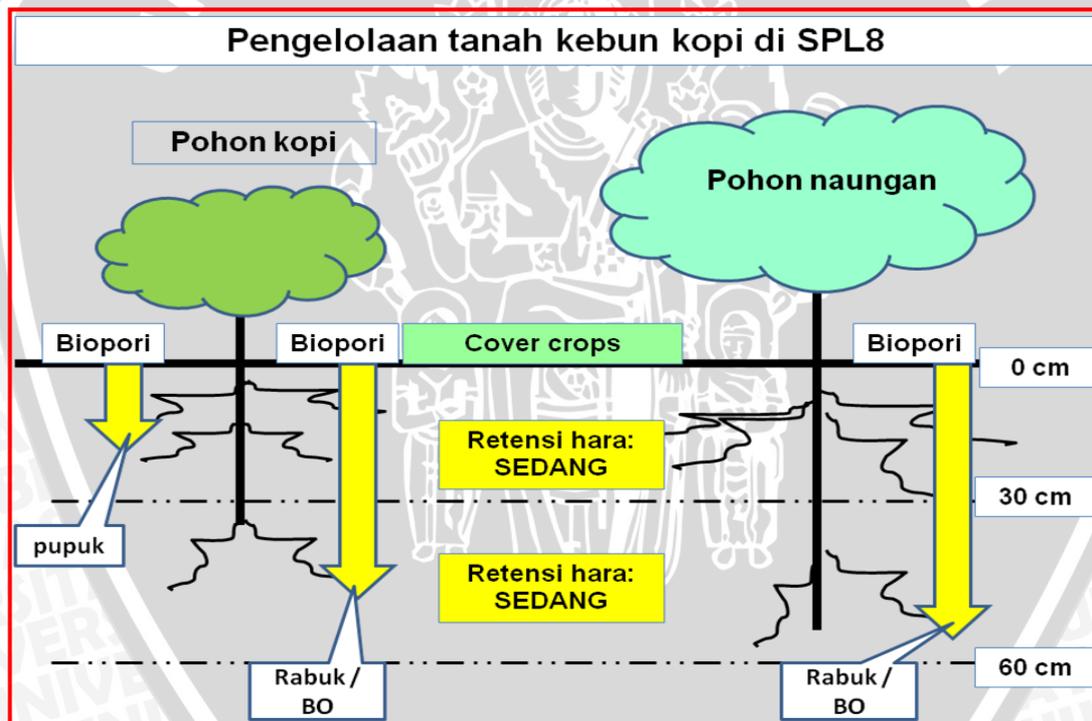
Tabel 13. Hasil Analisis Karakteristik Retensi Hara SPL 8

SPL	Produksi, ton/ha/ tahun	Kedalaman 0-30 cm				Kedalaman 30-60 cm			
		pH	C-Org, %	KTK, me/100g	KB, %	pH	C-Org, %	KTK, me/100g	KB, %
8	4.0	5.7	0.89	48.31	24.62	5.5	0.77	48.17	23.86
Kriteria		Masam	Rendah	Tinggi	Rendah	Masam	Rendah	Tinggi	Rendah
Kelas Kesesuaian		S2	S3	S1	S1	S2	S3	S1	S2

Keterangan : Sifat Kimia Tanah (Hardjowogeno,1995). Kriteria Kesesuaian Lahan Tanaman Kopi Robusta (BBSDLP, 2012)

### Pengelolaan kebun kopi di SPL8

Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL8 diabstraksikan pada Gambar 8.



Gambar 20. Gambar 8. Strategi pengelolaan tanah kebun kopi di SPL8.

Pengolahan tanah pada SPL 8 menyebabkan kondisi retensi hara masuk didalam kategori sedang sampai pada kedalaman 60 cm. Strategi pengelolaan lahan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan manajemen biopori dengan cara menambahkan pupuk pada kedalaman 0 – 30, dan penamabahan bahan organic,

kompos dan rabuk dilakukan pada kedalaman 0 – 60. Biopori merupakan lubang-lubang kecil yang terbentuk karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah. Dengan meningkatnya mikroorganisme dalam tanah tentunya dapat meningkatkan kesuburan tanah pada penggunaan lahan kopi. Pada lahan SPL 8 yang harus diperbaiki dalam karakteristik retensi hara yaitu nilai C-Organik tanah, dikarenakan termasuk dalam kelas kesesuaian lahan (S3) agak sesuai. Perbaikan pada lahan SPL 8 yang direkomendasikan dengan pada penambahan pupuk organik berupa pupuk kandang sapi awal penyiapan lahan. Pupuk kandang dari kotoran sapi memiliki kandungan serat yang tinggi. Serat atau selulosa merupakan senyawa rantai karbon yang akan mengalami proses dekomposisi lebih lanjut. Proses dekomposisi senyawa tersebut memerlukan unsur N yang terdapat dalam kotoran. Sehingga kotoran sapi tidak dianjurkan untuk diaplikasikan dalam bentuk segar, perlu pematangan atau pengomposan terlebih dahulu. Apabila pupuk diaplikasikan tanpa pengomposan, akan terjadi perebutan unsur N antara tanaman dengan proses dekomposisi kotoran. Selain serat, kotoran sapi memiliki kadar air yang tinggi. Atas dasar itu, para petani sering menyebut kotoran sapi sebagai pupuk dingin. Tingginya kadar air juga membuat ongkos pemupukan menjadi mahal karena bobot pupuk cukup berat. Kotoran sapi telah dikomposkan dengan sempurna atau telah matang apabila berwarna hitam gelap, teksturnya gembur, tidak lengket, suhunya dingin dan tidak berbau.

#### **4.2. Evaluasi Retensi-Hara Tanah di Kebun Kopi Robusta**

Sampel tanah yang sudah di analisis laboratorium kemudian diberikan skor dengan menggunakan acuan kriteria sifat kimia tanah Gugino (2009) dalam kriteria sifat kimia tanah ini dibagi menjadi 5 yaitu Sangat tinggi, Tinggi, Sedang, Rendah, dan Sangat rendah dan juga kriteria sifat kimia tanah menurut Hardjowogeno (1995). Dalam hal ini dapat disajikan lebih rinci pada Tabel 15.

Tabel 14. Hasil Skoring Retensi Hara

SPL	Kedalaman Tanah (cm)	Skor					Kriteria					
		C-Org	pH	KTK	KB	Ca	Mg	Na	K	Skor (%)		
1	0-30	1	2	3	2	1	1	4	5	19	54.29	Rendah
	30-60	1	2	3	2	1	1	4	5	19	54.29	Rendah
2	0-30	1	2	3	2	1	1	5	5	20	57.14	Sedang
	30-60	1	2	3	2	1	1	5	5	20	57.14	Sedang
3	0-30	1	2	3	1	1	1	4	3	16	45.71	Rendah
	30-60	1	2	3	1	1	1	4	3	16	45.71	Rendah
4	0-30	1	2	3	2	1	1	4	4	18	51.43	Rendah
	30-60	1	2	3	1	1	1	4	4	17	48.57	Rendah
5	0-30	1	2	3	2	1	1	4	5	19	54.29	Rendah
	30-60	1	2	3	1	1	1	4	5	18	51.43	Rendah
6	0-30	1	2	3	2	1	1	4	5	19	54.29	Rendah
	30-60	1	2	3	1	1	1	4	5	18	51.43	Rendah
7	0-30	1	2	3	1	1	1	4	4	17	48.57	Rendah
	30-60	1	2	3	1	1	1	4	5	18	51.43	Rendah
8	0-30	1	3	3	2	1	1	4	5	20	57.14	Sedang
	30-60	1	3	3	2	1	1	4	5	20	57.14	Sedang

Sumber: Data Primer, diolah (2014).

Berdasarkan hasil skoring dari setiap SPL yang diamati, maka ditemukan dari keseluruhannya memiliki dua kriteria sifat kimia tanah pada semua SPL yaitu kriteria Rendah dan Sedang. Hanya SPL 2 dan SPL 8 yang masuk dalam kategori sedang, sedangkan SPL 1, SPL 3, SPL 4, SPL 5 SPL 6 dan SPL 7 masuk dalam kategori rendah. Namun dari keseluruhannya sudah termasuk dalam kategori sesuai menurut kriteria kesesuaian lahan BBSDLP memiliki kelas kesesuaian lahan S2, dalam ini perlu dilakukan upaya perbaikan agar tanaman kopi dapat tumbuh dengan optimal yaitu dengan memiliki C-Organik lebih dari 0.8 %. Sedangkan pH tanah dari keseluruhannya termasuk dalam sangat sesuai menurut kriteria kesesuaian lahan BBSDLP pH tanah yang dibutuhkan untuk tanaman kopi agar tumbuh dengan baik

berkisar antara 5.3-6.0, hal ini tidak perlu dilakukan upaya perbaikan pH tanah. Sedangkan parameter yang lain seperti KTK dan Kejenuhan Basa sudah mencukupi untuk kebutuhan tanaman kopi robusta.

### 4.3. Hubungan Karakteristik Tanah dengan Produksi Kopi Robusta

Tabel 15. Matriks korelasi lapisan atas dengan produksi Robusta

		Produksi Kopi	pH	C-Organik	KTK	KB
Produksi Kopi	Pearson					
	Correlation	1				
Ph	Pearson	0,32				
	Correlation		1			
C-Organik	Pearson	0,51*	0,69*			
	Correlation			1		
KTK	Pearson	-0,23	0,02	0,50		
	Correlation				1	
KB	Pearson	-0,14	0,34	0,01	-0,30	
	Correlation					1
	Sig. (2-tailed)	0,73	0,39	0,97	0,45	

Keterangan :

\* : Berbeda nyata taraf 5%

Hasil analisis korelasi (Tabel 10) menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif dan hubungan yang erat antara C organik tanah dengan produksi tanaman kopi robusta ( $r = 0,51$ ) dan berdasarkan uji signifikansi hasilnya menunjukkan nilai 0,03 yang berarti asosiasi kedua variabel adalah signifikan taraf 5%. Hubungan tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi C organik tanah diikuti dengan peningkatan produksi tanaman kopi robusta. Namun C organik tanah pada keseluruhan SPL termasuk dalam kategori sangat rendah, hal ini diduga dari keseluruhan SPL memiliki naungan berbasis kayu-kayuan yang berdampak pada turunnya kadar bahan organik tanah pada keseluruhan SPL. Hal ini serupa dengan pengamatan Hairiah *et al.* (2006) pada aneka pertanaman kayu-kayuan berbasis kopi pada sistim agroforestri menunjukkan bahwa kurangnya komposisi pertanaman berdampak pada turunnya

kadar bahan organik tanah. Selain C organik tanah, hasil analisis korelasi pH tanah juga menunjukkan korelasi positif, namun memiliki hubungan yang tidak begitu erat dengan produksi tanaman kopi robusta ( $r = 0,32$ ). Parameter pH tanah disini sangat berperan penting terhadap sifat kimia tanah lainnya yaitu C organik tanah, karena pH atau kemasaman tanah berkaitan dengan ketersediaan unsur hara yang dapat diserap akar tanaman, maka pH tidak begitu berpengaruh langsung terhadap produksi tanaman kopi robusta, tetapi sangat berpengaruh terhadap proses penyerapan unsur hara. Sedangkan parameter lainnya seperti KTK dan Kejenuhan Basa menunjukkan korelasi negatif dan hubungan tidak erat.

Tabel 16. Matriks korelasi lapisan bawah dengan produksi kopi robusta

		Produksi Kopi	pH	C- Organik	KTK	KB
Produksi Kopi	Pearson Correlation Sig. (2-tailed)	1				
pH	Pearson Correlation Sig. (2-tailed)	0,38	1			
C-Organik	Pearson Correlation Sig. (2-tailed)	0,56*	0,47	1		
KTK	Pearson Correlation Sig. (2-tailed)	-0,18	-0,008	0,60	1	
KB	Pearson Correlation Sig. (2-tailed)	-0,20	0,37	-0,01	-0,15	1
		0,63	0,36	0,96	0,71	

Keterangan :

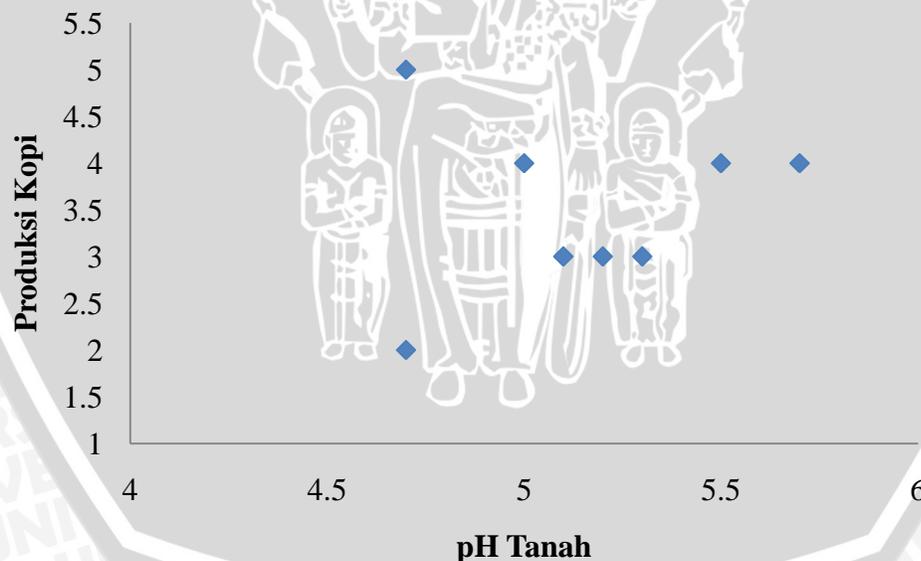
\* : Berbeda nyata taraf 5%

Hasil analisis korelasi (Tabel 11) menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif dan hubungan yang erat antara C organik tanah dengan produksi tanaman kopi robusta ( $r = 0,566$ ) dan berdasarkan uji signifikansi hasilnya menunjukkan nilai 0,03 yang berarti asosiasi kedua variabel adalah signifikan taraf 5%. Hubungan tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi C organik tanah diikuti dengan peningkatan produksi tanaman kopi robusta. Selain C organik tanah, hasil analisis korelasi pH

tanah juga menunjukkan korelasi positif, namun memiliki hubungan yang tidak begitu erat dengan produksi tanaman kopi robusta ( $r = 0,38$ ). Parameter pH tanah disini sangat berperan penting terhadap sifat kimia tanah lainnya yaitu C organik tanah, karena pH atau kemasaman tanah berkaitan dengan ketersediaan unsur hara yang dapat diserap akar tanaman, maka pH tidak begitu berpengaruh langsung terhadap produksi tanaman kopi robusta, tetapi sangat berpengaruh terhadap proses penyerapan unsur hara. Sedangkan parameter lainnya seperti KTK dan Kejenuhan Basa menunjukkan korelasi negatif dan hubungan tidak erat.

#### 4.3.1. Hubungan pH tanah dengan produksi kopi robusta

Tanaman kopi tumbuh baik pada kondisi pH tanah 5,5-6,5. Panggabean (2011) mengatakan bahwa rata-rata pH tanah yang dianjurkan untuk kebun kopi 5-7. Tanaman kopi menghendaki tanah yang dalam, gembur dan banyak mengandung humus. Hal ini tidak dapat dipisahkan dengan sifat kimia tanah, sebab satu sama lain saling berkaitan. Tanah subur berarti banyak mengandung zat-zat makanan yang dibutuhkan oleh tanaman untuk pertumbuhan dan produksinya.



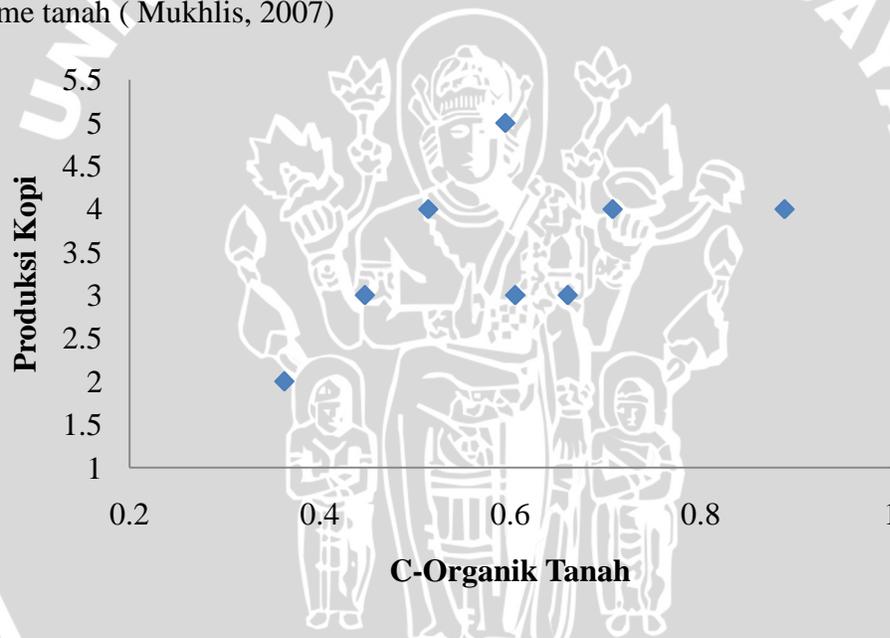
Gambar 21. Hubungan pH tanah dan produksi tanaman kopi robusta

Gambar di atas menunjukkan bentuk hubungan antara pH tanah dengan produksi tanaman kopi robusta yang memiliki koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar

0,103. Hasil penelitian pengaruh pH tanah dengan produksi kopi robusta adalah 10%. Besarnya pengaruh tersebut digambarkan dengan rumus  $y = 0,7729x + 0,4527$ .

#### 4.3.2. Hubungan C-Organik tanah dengan produksi kopi

Bahan organik adalah semua bahan organik di dalam tanah baik yang mati maupun yang hidup, walaupun organisme hidup (biomassa tanah) hanya menyumbang kurang dari 5% dari total bahan organik. Jumlah dan sifat bahan organik sangat menentukan sifat biokimia, fisika, kesuburan tanah dan membantu menetapkan arah proses pembentukan tanah. Bahan organik menentukan komposisi dan mobilitas kation yang terjerap, warna tanah, keseimbangan panas, konsistensi, kerapatan partikel, kerapatan isi, sumber hara, pemantap agregat, karakteristik air, dan aktifitas organisme tanah ( Mukhlis, 2007)

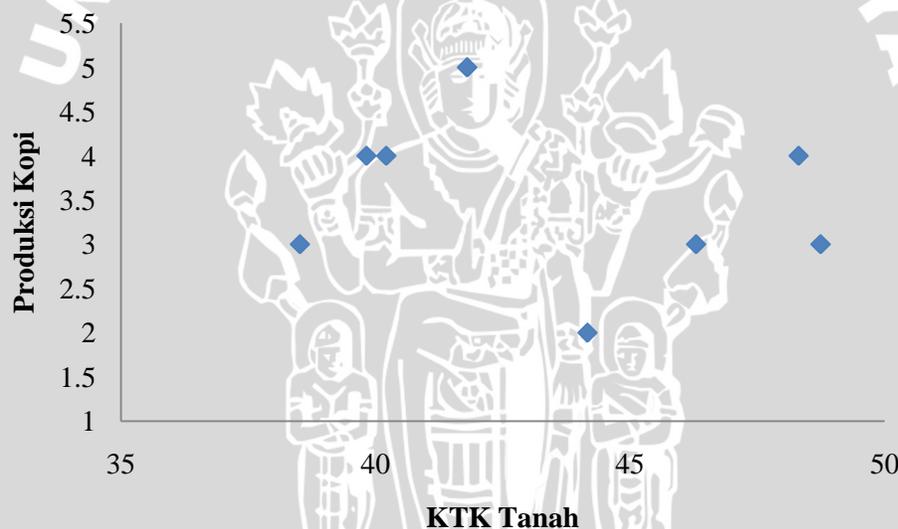


Gambar 22. Hubungan C-Organik Tanah dengan Produksi Tanaman Kopi Robusta

Gambar di atas menunjukkan bentuk hubungan antara C-Organik tanah dengan produksi tanaman kopi robusta yang memiliki koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,26. Hasil penelitian pengaruh C-Organik tanah dengan produksi kopi robusta adalah 26%. Besarnya pengaruh tersebut digambarkan dengan rumus  $y = 0,8886x + 1,7727$ .

#### 4.3.3. Hubungan KTK tanah dengan produksi tanaman kopi robusta

Kapasitas Tukar Kation (KTK) atau Cation Exchange capacity (CEC) merupakan jumlah total kation yang dapat dipertukarkan pada permukaan koloid yang bermuatan negatif. Berdasarkan pada jenis permukaan koloid yang bermuatan negative, KTK dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu : a) KTK koloid anorganik atau KTK liat yaitu jumlah kation yang dapat dipertukarkan pada permukaan koloid anorganik (koloid liat) yang bermuatan negative, b) KTK koloid organik yaitu jumlah kation yang dapat dipertukarkan pada permukaan koloid organik yang bermuatan negative, dan c) KTK total atau KTK tanah yaitu jumlah total kation yang dapat dipertukarkan dari suatu tanah baik kation pada permukaan koloid organik (humus) maupun kation pada permukaan koloid anorganik (liat) (Madjid, 2007).

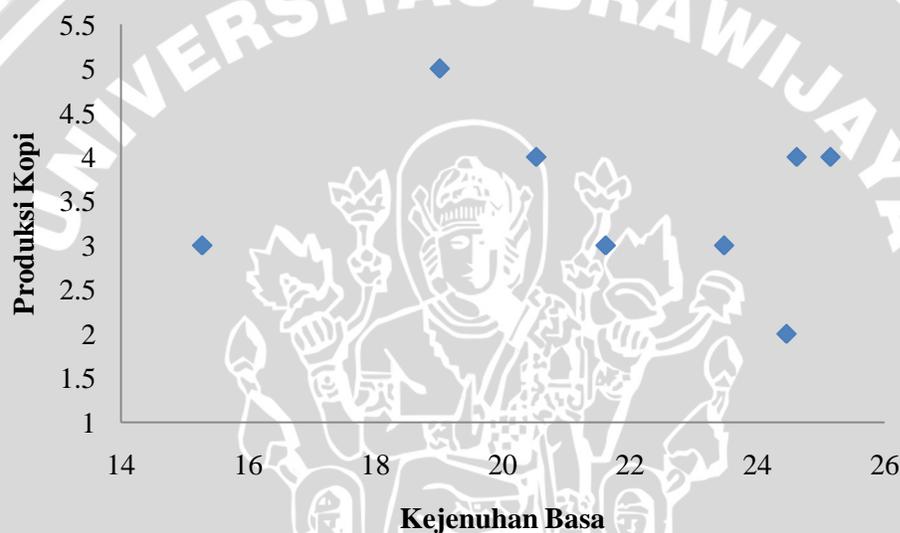


Gambar 23. Hubungan KTK tanah dengan Produksi Tanaman Kopi Robusta

Gambar di atas menunjukkan bentuk hubungan antara KTK tanah dengan produksi tanaman kopi robusta yang memiliki koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,056. Hasil penelitian pengaruh KTK tanah dengan produksi kopi robusta adalah 0,5%. Besarnya pengaruh tersebut digambarkan dengan rumus  $y = -0,0554x + 5,9105$ .

#### 4.3.4. Hubungan Kejenuhan Basa (KB) dengan Produksi Kopi Robusta.

Nilai kejenuhan basa (KB) adalah persentase dari total kapasitas tukar kation (KTK) yang ditempati oleh kation-kation basa seperti kalium, kalsium, magnesium, dan natrium. Nilai KB berhubungan erat dengan pH dan tingkat kesuburan tanah. Kemasaman akan menurun dan kesuburan akan meningkat dengan meningkatnya KB. Laju pelepasan kation terjerab bagi tanaman tergantung pada tingkat kejenuhan basa tanah. Kejenuhan basa tanah berkisar 50%-80% tergolong mempunyai kesuburan sedang dan dikatakan tidak subur jika kurang dari 50% (Tan, 1991).



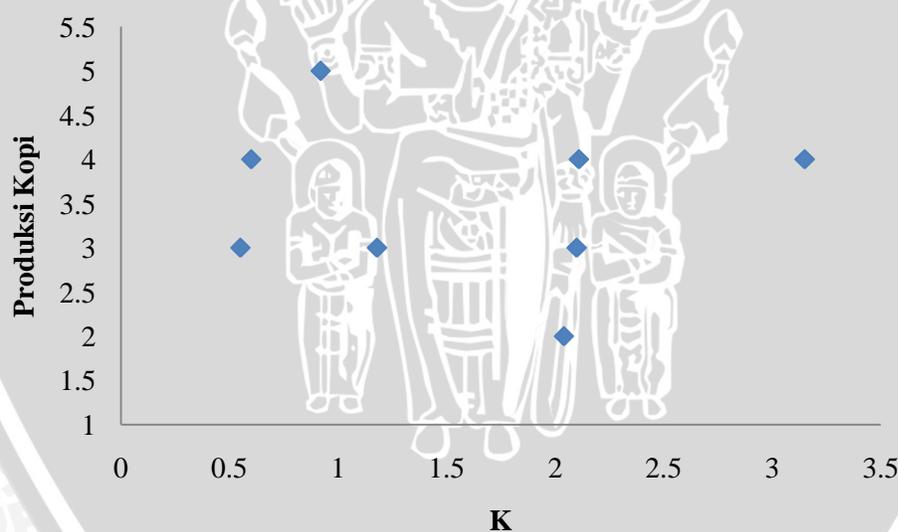
Gambar 24. Hubungan Kejenuhan Basa (KB) dengan Produksi Tanaman Kopi Robusta

Gambar di atas menunjukkan bentuk hubungan antara KB tanah dengan produksi tanaman kopi robusta yang memiliki koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,0213. Hasil penelitian pengaruh KB tanah dengan produksi kopi robusta adalah 0,2%. Besarnya pengaruh tersebut digambarkan dengan rumus  $y = -0,0397x + 4,364$ .

#### 4.3.5. Hubungan K-tukar dan Kejenuhan K dengan Produksi Kopi.

Unsur K dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah yang besar, yakni terbesar kedua setelah hara N. Pada tanah yang subur kadar K dalam jaringan hampir sama dengan N. K tidak menjadi komponen struktur dalam senyawa organik, tetapi bentuknya semata ionik,  $K^+$  berada dalam larutan atau terikat oleh muatan negatif dari

permukaan jaringan misalnya:  $R-COO^-K^+$ . Fungsi utama K adalah mengaktifkan enzim-enzim dan menjaga air sel. Reaksi pertukaran kation dirajai oleh kelakuan K dalam tanah. Terjadi keseimbangan yang cepat antara K tertukar dengan K larutan tanah, K tertukar menjadi penyangga yang akan mengisi K dalam larutan, perlu diingat kembali konsep faktor kuantitas dan intensitas ( $BC = \Delta Q / \Delta I$ ). K dalam larutan tanah dan K tertukar dipengaruhi oleh jenis dan jumlah kation yang lain serta watak tapak pertukaran tanah.  $K^+$  dipegang lebih lemah dibandingkan kation polivalen lainnya dengan deret kekuatan ikatan :  $Al^{3+} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ = NH_4^+ > Na^+$ , (ingat *Lyotropic series*). Kejenuhan basa dan pH tanah: jerapan K lebih tinggi jika kejenuhan basa lebih tinggi,  $K^+$  segera menggantikan  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  lebih cepat dibandingkan  $Al^{3+}$ . Pengapuran meningkatkan jerapan  $K^+$ , pengapuran meningkatkan kejenuhan basa ( $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$ ), peningkatan jerapan  $K^+$  tersebut sejalan dengan adanya peningkatan KPK yang disebabkan bertambahkannya muatan karena kenaikan pH (ingat *variable charge*).

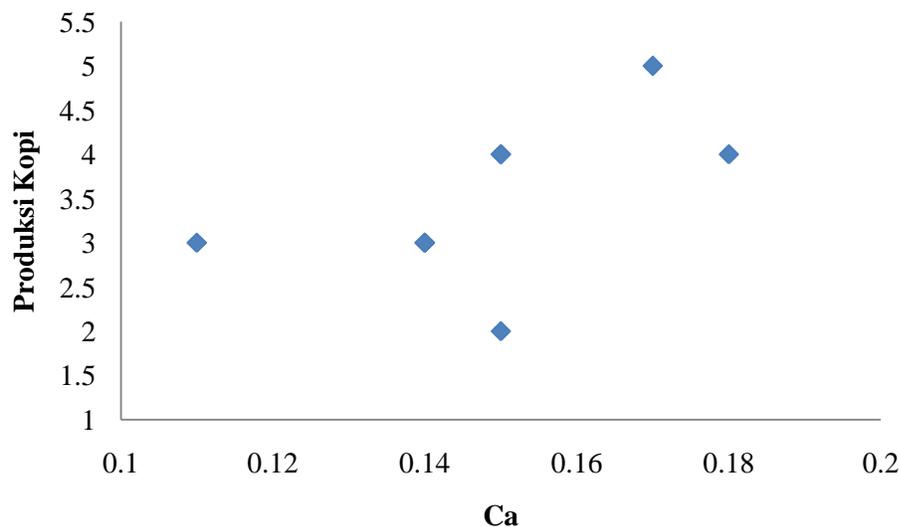


Gambar 25. Hubungan K dengan Produksi Tanaman Kopi Robusta

Gambar di atas menunjukkan bentuk hubungan antara K tanah dengan produksi tanaman kopi robusta yang memiliki koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,0126. Hasil penelitian pengaruh K tanah dengan produksi kopi robusta adalah 0,1%. Besarnya pengaruh tersebut digambarkan dengan rumus  $y = -0,1138x + 3,6799$ .

#### 4.3.6. Hubungan Ca-tukar dan Kejenuhan Ca dengan Produksi Kopi.

Hara makro sekunder, dibutuhkan dalam jumlah cukup besar, lebih sedikit dibanding N dan K, serupa jumlahnya dengan P, S, dan Mg. Diperlukan dalam pemanjangan dan pembelahan sel: membentuk dinding sel dan membran sel yang baru, ini merupakan fungsi pengaturan sebagaimana fungsi struktur, dan ikatan yang reversible di dalam membran dan dinding sel memungkinkan sel untuk tumbuh dan berkembang. Kejenuhan basa dan pH tanah: kejenuhan  $\text{Ca}^{2+}$  yang tinggi diperlukan agar hara ini tersedia bagi tanaman. Angkanya beragam sesuai tipe tapak pertukaran : kejenuhan pada lempung 2:1 besarnya  $>70\%$  , sedangkan pada bagan organik tanah dan lempung 1:1 besarnya 40 to 50%. Pada pH yang rendah Ca kurang tersedia: disebabkan kejenuhan  $\text{Ca}^{2+}$  rendah, adanya  $\text{Al}^{3+}$  dalam larutan menghambat penyerapan  $\text{Ca}^{2+}$  . Kation yang lain misalnya  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  jika kadarnya tinggi akan menghambat penyerapan Ca, sebaliknya anion Nitrat akan meningkatkan serapan Ca.

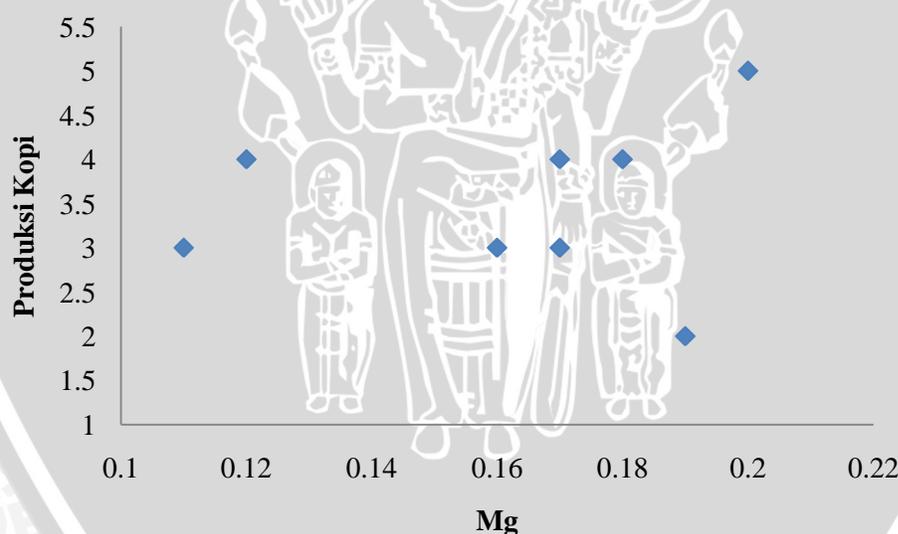


Gambar 26. Hubungan Ca dengan Produksi Tanaman Kopi Robusta

Gambar di atas menunjukkan bentuk hubungan antara Ca tanah dengan produksi tanaman kopi robusta yang memiliki koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,3036. Hasil penelitian pengaruh Ca tanah dengan produksi kopi robusta adalah 30%. Besarnya pengaruh tersebut digambarkan dengan rumus  $y = 24,291x + 0,1134$ .

#### 4.3.7. Hubungan Mg-tukar dan Kejenuhan Mg dengan Produksi Kopi.

Merupakan hara makro sekunder, diperlukan tanaman dalam jumlah relatif banyak, lebih sedikit dibanding N dan K, serupa jumlahnya dengan P, S dan Ca; umumnya  $Mg < Ca$ . Esensial untuk fotosintesis: menjadi atom pusat dari molekul klorofil, jumlahnya 15- 20% total Mg dalam tanaman. Komponen struktural pada ribosom: sintesis protein. Aktivasi enzim: transfer fosfat dan gugus karboksil, yaitu reaksi ATP dan transfer energi, fiksasi  $CO_2$  oleh RuBP carboxylase. Kejenuhan Mg dan pH: diperlukan kejenuhan  $Mg^{2+} > 10\%$  agar mencukupi tanaman, kejenuhan  $Mg^{2+}$  diperlukan lebih tinggi pada tanah lempung 2:1 dibanding, tanah dengan KPK yang bersumber dari bahan organik atau lempung 1:1, Mg kurang tersedia pada pH rendah: karena kejenuhan  $Mg^{2+}$  lebih rendah, kehadiran  $Al^{3+}$  dalam larutan menghambat penyerapan  $Mg^{2+}$ . Kation lain: Jika kadar  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $NH_4^+$  tinggi akan mengganggu penyerapan  $Mg^{2+}$ , Nitrat dibandingkan Ammonium, akan meningkatkan serapan  $Mg^{2+}$ .

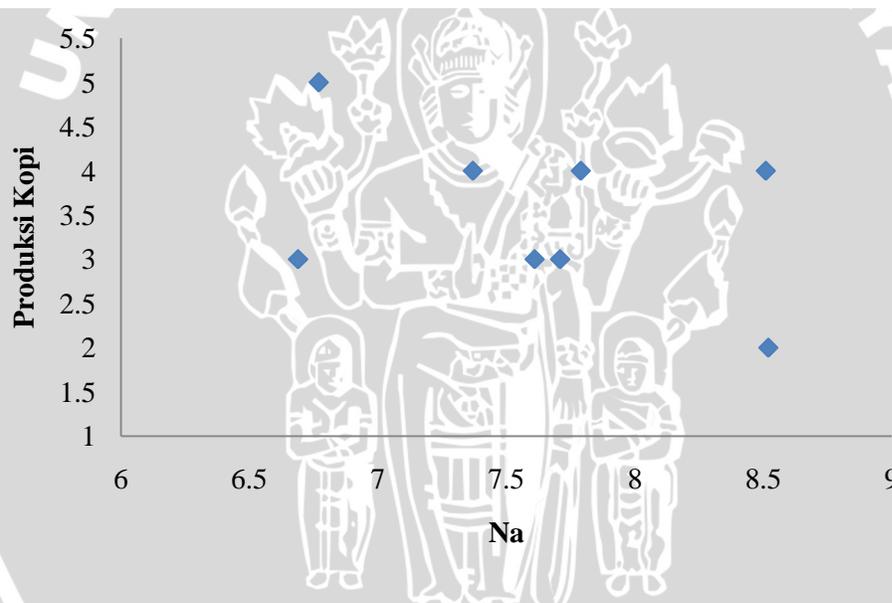


Gambar 27. Hubungan Mg dengan Produksi Tanaman Kopi Robusta

Gambar di atas menunjukkan bentuk hubungan antara Mg tanah dengan produksi tanaman kopi robusta yang memiliki koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,021. Hasil penelitian pengaruh Mg tanah dengan produksi kopi robusta adalah 0,2%. Besarnya pengaruh tersebut digambarkan dengan rumus  $y = 4,1958x + 2,8182$ .

#### 4.3.8. Hubungan Na-tukar dan Kejenuhan Na dengan Produksi Kopi.

Natrium atau Sodium adalah unsur kimia dalam table periodic yang memiliki symbol Na dan nomor atom 11. Natrium adalah logam reaktif yang lunak, keperakan, dan seperti lilin, yang termasuk ke logam alkali yang banyak terdapat dalam senyawa alam (terutama halite). Dia sangat reaktif, apinya berwarna kuning, beroksidasi dalam udara, dan bereaksi kuat dengan air, sehingga harus disimpan dalam minyak. Karena sangat reaktif, natrium hampir tidak pernah ditemukan dalam bentuk unsur murni. Fungsi unsur hara natrium bagi tanaman yaitu berperan dalam pembukaan stomata dan dapat menggantikan peranan unsur K, berperan dalam pembentukan umbi, mencegah busuk bagian tengah umbi



Gambar 28. Hubungan Na dengan Produksi Tanaman Kopi Robusta

Gambar di atas menunjukkan bentuk hubungan antara Na tanah dengan produksi tanaman kopi robusta yang memiliki koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,1633. Hasil penelitian pengaruh Na tanah dengan produksi kopi robusta adalah 16%. Besarnya pengaruh tersebut digambarkan dengan rumus  $y = -0,5457x + 7,6593$ .



## V. PENGELOLAAN TANAH DI KEBUN KOPI

### 5.1. Kesehatan Tanah.

Apa kesehatan tanah untuk perkebunan kopi ?.Kesehatan tanah dalam ekosistem pertanian ditunjukkan dengan ekologi yang dinamis yang tinggal menyediakan kebutuhan untuk tanaman yang sehat.Komponen tanah yang sehat adalah: (1) Keseimbangan udara-tanah / air-tanah yang bagus, (2) Aktivitas Mikro dan makro-organisme dan (3) Ketersediaan hara yang tepat. Kesehatan tanah dalam suatu agroekosistem ini dipengaruhi oleh: (1) Tekstur dan struktur tanah, (2) Kandungan hara mineral, (3) Siklus bahan organik, (4) Ketebalan topsoil, dan (5) Kebebasan dari zat-zat berbahaya. Runoff dan erosi tanah di kebun kopi merupakan ancaman serius bagi kesehatan tanah di kebun kopi.

Produksi kopi bergantung pada kandungan BOT (bahan organik tanah), pH tanah, kapasitas tukar kation (kemampuan untuk menahan hara terdsedia), Ca-tersedia dan P-tersedia. Kandungan BOT yang cukup tinggi diperlukan untuk mempertahankan dan meningkatkan penyimpanan hara dan ketersediaan hara untuk kesehatan tanah di kebun produksi kopi. Ketersediaan hara dalam tanah dan efisiensi penggunaan hara pupuk meningkat dengan meningkatnya kandungan BOT.

Ketersediaan P-tanah biasanya berkurang pada at tanah-tanah ferrosolkarena tingginya kandungan besi bebas dalam tanah. Hara fosfat dengan cepat difiksasi oleh tanah dan recoverynya biasanya hanya 5-10%. Bentuk P-tersedia dari kompos dan pupuk kandang adalah dalam bentuk P-organik. Lambatnya pelepasan hara dari pupuk organik ini dapat meminimumkan efek fiksasi P oleh partikel tanah. Pelepasan hara dengan proses biologi tanah (dekomposisi dan mineralisasi bahan organik) juga dapat membantu mempertahankan ketersediaan hara dalam tanah. Uji tanah dan teknik diagnostik tanaman (analisis daun) adalah cara terbaik untuk memperkirakan kebutuhan pupuk di kebun kopi.

Tanaman kopi dapat tumbuh dan berkembang dengan baik pada tanah-tanah vulkanik, lempung liat dan solumnya dalam, dengan karakteristiknya (1) Struktur tanah yang stabil, (2) Drainasenya bagus, (3) Kapasitas tukar kation (KTK) tinggi , (4) kandungan BOTnya tinggi dan (5) Aktivitas biologis tanahnya bagus.

Uji kesehatan tanah dapat membantu evaluasi kesesuaian lahan untuk kebun kopi. Beberapa isu-isu spesifik yang perlu dipertimbangkan adalah:

1. Kandungan BOT dapat dinilai oleh sejumlah sampling pada kedalaman tanah lapisan atas.
2. Tanah-tanah lempung-liat biasanya memiliki solum lebih dalam dan struktur tanah lebih baik daripada tanah-tanah liat berat.
3. Tanah-tanah berpasir memiliki kemampuan yang rendah untuk menyimpan air dan hara.
4. Jenis tanah tidak dapat diubah tetapi kedalaman solum dapat sedikit dimodifikasi oleh aplikasi air sebelum tanam.
5. Hal ini memungkinkan pergerakan kelebihan air dari barisan pohon ke zone antar barisan tanaman yang dirancang menyalurkan air menuju ke drainase alami.
6. Drainase internal, daerah akar, ketersediaan hara, aktivitas biologis dan keseimbangan hara semuanya dapat diubah, tetapi pada jenis tanah kurang cocok diperlukan input lebih banyak untuk mendukung tingkat produktivitas yang sama. Variasi lingkungan seperti kekeringan atau curah hujan tinggi yang terus-menerus berdampak peningkatan risiko bagi tanah dan kesehatan tanaman.
7. Sejarah budidaya situs dengan mengacu pada erosi tanah, pemadatan tanah, status hara dan ketersediaan air akan membantu evaluasi kesesuaian lahan.
8. Masalah dengan infiltrasi air, memegang kapasitas, drainase, daerah akar tersedia, ketersediaan hara dan risiko patogen tanah dapat berhubungan dengan jenis tanah dan riwayat penggunaan.
9. Menilai dan menguji tanah untuk kesuburan dan kondisi fisik dan biologis menggunakan tes Kartu Kesehatan Tanah dan tes tanah agronomi standar.

10. Mengidentifikasi daerah dan aspek pertanian di mana kondisi tanah perlu ditingkatkan atau direhabilitasi seperti tanah dipadatkan dan erosi parit.
11. Siapkan rencana pengelolaan tanah.
12. Hindari penanaman di lereng curam. Jangan menanam di lereng > 15 derajat atau 20%.
13. Hindari menanam pohon di jalur drainase.
14. Baris pohon kopi pada guyludan (bedengan), dan parit-dangkal di antara barisan tanaman kopi untuk drainase.
15. Membangun saluran air berumput dan saluran air grassed dangkal di atas dan di dalam perkebunan.
16. Membentuk barisan tanaman dalam orientasi utara selatan, yang memungkinkan cahaya di kedua sisi pohon.
17. Ketika memilih jarak barisan tanaman, mempertimbangkan tahap umur tanaman perkebunan (muda, dewasa dan tua) sehingga untuk memastikan penetrasi cahaya pada penutupan kanopi. Pertimbangkan 4 m jarak baris untuk pengelolaan kebun jangka panjang yang lebih baik bagi kesehatan tanah.
18. Membangun 100% penutup rumput pada saluran drainase.
19. Memberikan 90-100% penutup mulsa pada barisan tanaman kopi.
20. Pastikan setiap tanah kosong ditutupi oleh mulsa dan atau penutup tanah vegetatif.

### **5.2. Pengelolaan Erosi Tanah di Kebun Kopi.**

Erosi tanah di kebun kopi mempunyai peran sangat penting dalam menentukan produktivitas dan keberlanjutan kebun kopi. Tanah lapisan atas (topsoil) memiliki struktur tanah yang terbaik, mengandung sebagian besar hara tersedia, dan memiliki tingkat tertinggi aktivitas biologis tanah dan kerapatan akar tanaman. Oleh karena itu "topsoil: ini perlu dilindungi dan dilestarikan untuk menjaga keberlanjutan produktivitas kebun kopi. Ada beberapa hal penting yang harus diperhatikan dalam kaitannya dengan erosi tanah di kebun kopi, yaitu (1) Erosi topsoil mungkin hanya

beberapa milimeter saja lapisan tanah yang hilang terkikis, tetapi hal ini berarti kehilangan lapisan tanah yang paling produktif; (2) Curah hujan yang tinggi di area kebun kopi mengharuskan dilakukan langkah-langkah proaktif untuk mengantisipasi dampak negatifnya; (3) Erosi tanah di kebun kopi adalah adalah peristiwa polusi bagi ekosistem perairan di sekitarnya; (4) Pohon kopi yang akar-akarnya terkikis oleh erosi biasanya menghasilkan biji-kopi lebih sedikit dan kualitasnya lebih rendah.

Pengelolaan erosi tanah di kebun kopi terdiri atas tiga hal penting, yaitu (1) pengelolaan runoff di kebun kopi, (2) pengelolaan tanaman penutup tanah di kebun kopi, dan (3) pengelolaan tajuk tanaman (pohon) kopi.

Sistem pengelolaan runoff yang bagus di kebun kopi memiliki unsur-unsur berikut:

1. Membentuk barisan pohon dengan guludan (atau bedengan) dan saluran-pembuangan-air (SPA) berumpuk langsung menurun lereng dan terletak di antaran barisan tanaman kopi. Pembuatan tanggul-tanggul (pematang) dan saluran-air biasanya dilakukan pada saat pembangunan kebun kopi dan perawatannya dilakukan secara rutin setiap musim.
2. Daerah di antara barisan pohon kopi cukup lebar dan dangkal dengan titik-titik (pintu) penyaluran air yang teratur dan memiliki tanaman penutup tanah yang tumbuh dengan baik.
3. Menyalurkan air run-off secara berkala, menurun lereng melalui saluran-pembuangan-air (saluran berumpuk) menuju ke perairan bebas alami.
4. Membentuk barisan tanaman dalam orientasi utara-selatan, yang memungkinkan cahaya jatuh pada kedua sisi pohon kopi.
5. Tidak menanam pohon di saluran drainase alami atau di dekatnya.
6. Menghilangkan pohon yang tumbuh di saluran drainage alami.
7. Melindungi tebing guludan atau bedengan dari pengikisan oleh runoff, karena rentan terhadap erosi selanjutnya.

Pengelolaan tanaman penutup tanah di kebun kopi berarti memberikan perlindungan terbaik terhadap hilangnya material tanah dengan cara memperlambat

air- limpasan (runoff) setelah hujan dan memungkinkan air untuk menyusup ke dalam tanah (infiltrasi).Akar-akar dari tanaman penutup tanah ini: (1) Sangat tahan terhadap erosi, (2) Mendukung Struktur dan agregasi tanah, (3) Mendukung siklus hara, (4) Mendukung aktivitas biologi tanah, (5) Mengikat bersama partikel-partikel tanah.

Kombinasinyatanaman penutup tanah dengan mulsa permukaan dapat memberikan perlindungan terhadap dampak negative air hujan yang mengikis tanah dan menyebabkan erosi tanah. Aplikasi herbisida disarankan menggunakan jenis herbisida kontak , bukan herbisida sistemik, sehingga sistem akar tanaman penutup tanah tetap hidup dalam tanah.

Tanaman penutup tanah yang baik dipelihara di antara barisan pohon kopi dan di sepanjang saluran pembuangan air (saluran berumput).Jenis rumput yang sesuai adalah spesies rumput yang tumbuh di permukaan tanah dengan stolons yang mampu 'memegang tanah' dan memberikan efek penutupan muka-tanah dan memiliki kemampuan untuk tumbuh menyebar di permukaan tanah.

Pada tanah-tanah dataran tinggi yang mudah tererosi, kemiringan tanah dan curah hujan yang intens, diperlukan penutupan muka tanah 90-100% di kebun kopi, di dalam dan di antara barisan tanaman. Dalam saluran drainase berumput diperlukan 100% tutupan permukaannya (saluran berumput).Jika area di antara barisan tanaman menjadi ternaungi oleh tajuk pohon kopi dan pohon naungan, diperlukan spesies tanaman penutup tanah yang tahan naungan.

Mulsa permukaan harus dijaga dan dipelihara di lokasi yang tidak ada tanaman penutup tanahnya: (1) Mulsa permukaan ini harus cukup kasar supaya tidak cepat hancur dan memungkinkan aerasi yang baik, (2) Mulsa permukaan sangat berguna bagi tanaman muda hingga umur dua tahun, perkebunan kopi dewasa sudah mampu menjadi mulsa sendiri; (3) Mulsa permukaan juga dapat bertindak sebagai pengendali pertumbuhan gulma; (4) gulma yang tumbuh di bawah tajuk pohon kopi dapat dibersihkan dnegan alat pemotong rumput atau disiang secara manual.

Pengelolaan tajuk tanaman (pohon) kopi memerlukan pendekatan yang terencana dan sistematis, berjangka panjang untuk menjaga produktivitasnya.

### 5.3. Pengelolaan Struktur Tanah dan Pemadatan Tanah di Kebun Kopi.

Bongkahan tanah yang dihancurkan dengan remasan tangan, umumnya menghasilkan “agregat alamiah” atau 'peds'. Ukuran dan bentuk dari agregat tanah ini merupakan aspek structural dari tanah. Struktur tanah mencerminkan cara bagaimana partikel-partikel pasir, debu, liat dan bahan organik bergabung (berikatan) menjadi suatu “agregat tanah”, ukuran dan bentuk agregat, dan pori yang ada di dalam dan di antara agregat tanah.

Pori tanah menyediakan ruang untuk udara, air, akar, flora dan fauna tanah. Gangguan terhadap struktur tanah dan porositas tanah di kebun kopi dipengaruhi oleh: (1) Run-off yang menyebabkan erosi lembar dan erosi alur, (2) Aliran batang (stemflow) yang terkonsentrasi (air mengalir di sepanjang batang selama kejadian hujan lebat) yang mengikis tanah di pangkal batang; (3) Dampak dari hujan dan tetesan air hujan jatuh melalui kanopi (throughfall) yang dapat menghancurkan agregat tanah dan mengangkut partikel tanah; (4) Hilangnya bahan organik tanah; (5) Pemadatan akibat operasional mesin dan penggunaan peralatan lainnya di kebun kopi.

Pemadatan tanah, erosi tanah, dan menurunnya kandungan BOT dapat mendegradasi struktur tanah, dan mengakibatkan (1) berkurangnya infiltrasi air hujan dan peningkatan run-off dan erosi; (2) mengurangi porositas tanah, aerasi dan penyimpanan air tersedia; (3) Drainase yang buruk dan mengurangi trafficability; (4) Mengurangi pertumbuhan akar; (5) Penurunan hasil tanaman; (6) Penciptaan lingkungan tanah yang tidak sesuai bagi kehidupan organisme tanah.

Struktur tanah yang baik adalah salah satu aset penting dalam budidaya tanaman kopi, kerusakan struktur tanah biasanya ada kaitannya dengan pemadatan tanah. Pemadatan tanah berkaitan dengan kompresi struktur tanah, dan mempunyai beberapa efek negative yang sangat penting, yaitu:

1. Kurangnya suplai udara, air dan ruang yang tersedia bagi akar tanaman kopi. Kurangnya situs untuk penyimpanan hara-tersedia dan keterbatasan zone tanah yang dapat diakses oleh akar tanaman kopi, sehingga diperlukan lebih banyak tambahan nutrisi tanaman (diperlukan lebih banyak pupuk) dan pertumbuhan tanaman kopi dapat terganggu.

2. Laju infiltrasi air hujan jauh lebih rendah sehingga ada sedikit air yang dapat menembus ke dalam tanah dan lebih banyak run-off, sehingga curah hujan menjadi kurang efektif. Permukaan tanah yang padat juga dapat meningkatkan kesulitan bagi operasional “Alsintan”.
3. Penyimpanan air dalam tanah berkurang karena ada sedikit ruang pori antara agregat tanah, sehingga total volume simpanan air dalam tanah lebih sedikit dan lebih cepat habis. Tanah mengering lebih cepat dan tidak bisa menahan cukup banyak air cadangan pada saat diisi ulang atau pada saat terjadi hujan.
4. Tingkat drainase terhambat di tanah-tanah yang padat, sehingga zone perakaran tanaman lebih lama dalam kondisi anaerob. Hal ini dapat mengganggu kinerja akar tanaman kopi dalam menyerap hara dan air, sehingga pertumbuhan dan produksi kopi dapat terganggu.

Empat praktek penting yang dapat dilakukan dalam rangka pengelolaan pemadatan tanah di kebun kopi, yaitu (1) menjaga tanaman penutup tanah dan meminimumkan erosi, (2) meminimumkan llaulintas alsintan di permukaan tanah, (3) membatasi penggunaan herbisida, (4) mempromosikan aktivitas biologis dalam tanah, dan (5) menambahkan bahan organik ke dalam tanah.

Upaya untuk meminimalkan efek pemadatan akibat alsintan sangat penting karena beberapa alasan: (1) Tanah yang kuat mampu memberikan efek penyangga terhadap efek pemadatan akibat operasional Alsintan, (2) membatasi operasi Alsintan untuk operasi penting saat kondisi tanah basah, karena struktur tanah basah ini lebih mudah dikompresi, (3) menggunakan Alsintan yang lebih ringan dengan ban berumput karena hal ini memiliki efek pemadatan yang minimal, (4) rekayasa teknologi mekanik untuk mengurangi efek pemadatan tanah seringkali efeknya hanya sementara.

Penggunaan herbisida dilakukan secara terbatas dan terkendali untuk meminimumkan dampaknya terhadap kualitas tanah: (1) aplikasi herbisida dilakukan dengan frekuensi, jenis dan zone aplikasi yang tepat sasaran, (2) aplikasi herbisida tidak boleh mematikan jalur-jalur rumput di saluran pembuangan air.

Aktivitas biologi tanah secara langsung dan tidak langsung juga berdampak serius terhadap struktur tanah dan pemadatan tanah. Fauna tanah juga memiliki pengaruh besar terhadap struktur tanah, melalui pengangkutan partikel tanah selama menggali lubang-lubang dalam tanah oleh spesies yang lebih besar, dan mineralisasi bahan organik serta pencampuran bahan organik tanah. Pengaruh fauna tanah terhadap struktur tanah mungkin bersifat lokal, seperti dalam sebuah sarang semut atau gundukan rayap, atau bersifat lebih luas seperti yang dilakukan oleh populasi cacing tanah.

Peningkatan kandungan bahan organik tanah senantiasa dikaitkan dengan perbaikan kualitas tanah dalam hal (1) Struktur tanah, (2) Kemampuan tanah untuk menahan nutrisi, (3) Resapan (infiltrasi) air, (4) Kapasitas simpanan air tanah, (5) Menyangga suhu tanah, (6) mempromosikan aktivitas biologis tanah.

#### **5.4. Pengelolaan Tanah Kebun Kopi untuk kecukupan Hara Tanaman.**

Produksi kopi bergantung pada tingkat yang baik dari bahan organik tanah, pH, kapasitas tukar kation (kemampuan untuk memiliki nutrisi), kalsium dan fosfor tersedia. Tingkat bahan organik tinggi diperlukan untuk mempertahankan dan meningkatkan penyimpanan nutrisi dan ketersediaan untuk kesehatan tanah umum dan untuk produksi kopi. “Dieback” akibat kekurangan hara dapat menurunkan ketersediaan energi bagi tanaman kopi, biasanya hasil tanaman menurun secara proporsional dengan tingkat stres. Kemampuan akar untuk mengakses nutrisi dibatasi oleh kedalaman tanah lapisan atas, struktur, kadar air tanah, kadar humus, aktivitas biologis, nutrisi tie-up, kehadiran nutrisi dan penambahan.

Memelihara dan meningkatkan kandungan BOT akan dapat mengoptimalkan siklus hara dengan cara (1) Meningkatkan aktivitas biologis dan keanekaragaman hayatinya, (2) Meningkatkan kadar karbon organik tanah, (3) Meningkatkan simpanan hara-tersedia dan pertukaran hara, (4) Meningkatkan kesehatan akar karena struktur tanah yang lebih baik, (5) Meningkatkan infiltrasi air, memegang air tersedia dan drainase kelebihan air.

Pengelolaan pH tanah di kebun kopi sangat penting dan dapat dilakukan dengan cara (1) pH tanah dapat mempengaruhi aktivitas organisme tanah, (2) Humus

atau karbon organik tanah memainkan peran penting dalam menyangga fluktuasi pH tanah dan mengurangi efek toksisitas aluminium, (3) aplikasi jenis pupuk yang tidak menimbulkan efek pengasaman tanah; (4) meminimumkan penggunaan pupuk masam atau garam sangat mudah larut, (5) pH tanah mempengaruhi ketersediaan hara dalam tanah, mempengaruhi karakteristik kimia tanah dan biologi tanah. pH terlalu ekstrim dapat mengurangi kesehatan tanah dengan menurunkan keanekaragaman hayati yang dapat membatasi ketersediaan hara dalam tanah.

Pada tanah-tanah yang mempunyai pH di bawah 5.0, mungkin ada masalah serius: (1) rendahnya aktivitas mikroba tanah yang mempengaruhi mineralisasi N dan S dari bahan organik, (2) tingginya fiksasi P-tanah, (3) rendahnya tingkat nodulasi pada akar kacang-kacangan.

Kondisi tanah masam ( $\text{pH} < 5.0$ ) memicu terjadinya kekurangan hara Ca, Mg, Mo dan B; dan toksisitas hara mikro Mn dan Al. Aplikasi pupuk berdasarkan karakteristik tanah yang tepat:

1. Uji tanah dan teknik diagnostik jaringan tanaman (analisis tanaman) untuk menentukan kebutuhan pupuk. Hal ini penting untuk mencocokkan masukan hara dengan kebutuhan tanah dan tanaman kopi.
2. Aplikasi pupuk pada waktu yang tepat dan dalam kondisi lingkungan yang memfasilitasi penyerapan hara tanah tanpa pencucian. Pencucian hara dari tanah dapat mencemari perairan di sekitar kebun kopi.
3. Menjaga kesuburan tanah dengan cara mengganti hara yang dipanen, pencucian hara, dan fiksasi hara oleh tanah.
4. Melindungi akar dan tanah dari efek larutan tanah yang terlalu pekat. Rambut-rambut akar dapat mati kalau larutan-tanah terlalu pekat.
5. Aplikasi bahan mineral seperti kalsium (kapur) tambahan untuk memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan agregasi tanah. Hal ini juga dapat meningkatkan pH tanah dan meningkatkan aktivitas cacing tanah yang dapat memperbaiki struktur tanah.
6. Suplai P-tersedia yang mencukupi, hara ini sangat penting untuk metabolisme energi organisme tanah.

7. Program pemupukan kopi, melibatkan pupuk hijau, pupuk kandang dan kompos sebagai sumber bahan organik dan hara tanaman.
8. Memelihara pertumbuhan vegetasi penutup tanah di antara barisan tanaman kopi, aplikasi mulsa di lokasi yang tepat, untuk mendukung siklus hara, melindungi struktur tanah dan meminimalkan erosi tanah.

### **5.5. Pengelolaan Lugas Tanah dan Panen Air Hujan di Kebun Kopi.**

Air merupakan salah satu kebutuhan utama untuk pertumbuhan dan produksi tanaman kopi yang sehat. Akan tetapi di daerah iklim arid dan semi-arid, kekurangan air sering terjadi akibat kurangnya curah hujan. Di daerah seperti ini, laju evapotranspirasi yang tinggi selama musim pertumbuhan tanaman kopi juga lazim terjadi. Hujan di daerah-daerah iklim (semi-)arid, biasanya berupa hujan lebat. Kondisi tanah yang ada di kebun kopi tidak dapat menyerap semua air hujan yang volumenya besar dalam waktu singkat. Akibatnya air hujan ini menjadi limpasan-permukaan (runoff) yang volumenya cukup besar.

Faktor-faktor klimatik di daerah arid dan semi-arid ini mengisyaratkan bahwa kita harus dapat memanfaatkan jumlah curah hujan yang terbatas seefisien mungkin. Salah satu cara untuk dapat melakukan hal ini adalah memanfaatkan air limpasan permukaan (runoff) dengan jalan “PEMANENAN AIR”. Cara lain adalah memperbesar infiltrasi dan penyimpanan air hujan dalam tanah (penyimpanan dan konservasi lugas tanah). Keuntungan dari teknik-teknik pemanenan air hujan dan penyimpanannya dalam tanah di kebun kopi dapat diikhtisarkan berikut ini.

Lebih banyak air tersedia bagi tanaman kopi dapat mewujudkan kepastian produksi dan tingkat hasil tanaman kopi yang lebih tinggi. Selain itu, dengan cara-cara ini dimungkinkan suplai air bagi tanaman kopi di lahan kering, yang pada kondisi biasa tidak dapat berproduksi (Biswas, Jellali dan Stout, 1993).

Kebanyakan teknik untuk mengumpulkan air biasanya menggunakan sumber air yang besar seperti sungai dan groundwater (mis. Sumur dan system irigasi), dan memerlukan investasi sekala besar. Tetapi di banyak negara di dunia, beragam metode sekala kecil dan sederhana telah dikembangkan untuk menangkap dan mengumpulkan air limpasan permukaan (runoff) digunakan untuk beragam tujuan

pengelolaan kebun kopi yang produktif. Kalau limpasan permukaan ini dibiarkan saja akan dapat menyebabkan erosi tanah, air runoff ini dapat dipanen dan dimanfaatkan untuk pengelolaan tanaman kopi. Beragam teknik memanen air hujan dengan aneka ragam aplikasinya ternyata kompatibel dengan budidaya kebun kopi.

Pemanenan air hujan ini ditujukan untuk memanfaatkan runoff, penyimpanan lengas tanah bertujuan untuk mencegah runoff dan menyimpan air hujan di tempat dimana ia jatuh dari langit sebanyak mungkin. Perbedaan di antara dua macam teknologi ini tidak terlalu jelas, terutama kalau daerah-tangkapan hujan (penghasil runoff) sekalianya sangat kecil. Selain itu, teknologi penyimpanan lengas tanah juga dapat diaplikasikan di kebun-kebun kopi (Hassane, Martin dan Reij, 2000).

Ada dua hal penting yang harus diperhatikan, yaitu teknik-teknik yang dikaji tidak dapat meningkatkan jumlah total curah hujan yang terjadi di suatu area. Cara-cara itu hanya dapat meningkatkan ketersediaan air bagi tanaman kopi, dengan jalan mengumpulkan dan menyimpan air dalam tanah, karena kalau tidak begitu air hujan tersebut akan hilang. Hal ke dua adalah semua cara pemanenan air hujan biasanya mengumpulkan air runoff di suatu area tertentu di kebun kopi, sehingga masih dimungkinkan terjadinya risiko erosi.

Ada tiga proses utama yang dialami oleh air di dalam tanah di kebun kopi, yaitu air yang meresap masuk ke dalam tanah (infiltrasi), air ditahan oleh tanah, dan air mengalir ke luar tanah. Bagaimana ketiga proses ini berlangsung sangat tergantung pada tipe tanah dan pengelolaan kebun kopi.

Infiltrasi mencerminkan kecepatan meresapnya air ke dalam tanah melalui permukaan tanah. Semakin tinggi infiltrasi, semakin banyak air yang akan tersedia bagi tanaman dan semakin sedikit air runoff di permukaan tanah, semakin sedikit pula erosi dan pencucian unsur hara. Seresah tanaman, tumbuhan hidup, atau permukaan yang kasar, akan menghambat aliran air di permukaan tanah, sehingga air mempunyai kesempatan untuk meresap ke dalam tanah. Kerak tanah dapat mereduksi infiltrasi dan dapat diminimumkan dengan jalan membiarkan seresah tumbuhan tetap di permukaan tanah, memperbaiki kandungan bahan organik tanah, dan memacu aktivitas biologis.

Kapasitas penyimpanan air tersedia (AWHC) merupakan jumlah air tanah yang dapat ditahan untuk diserap oleh tanaman. Setelah air meresap ke dalam tanah, tegangan-permukaan-air akan menahan molekul-molekul air dalam pori tanah untuk melawan gaya gravitasi. Karena adanya tegangan-permukaan inilah, pori-kecil dalam tanah yang bertekstur halus (debu dan lempung debu) menahan lebih banyak air dibandingkan dengan pori-besar pada tanah berpasir. Bahan organik tanah juga menahan sejumlah besar air. Jumlah maksimum air yang dapat ditahan oleh tanah dan dapat melawan gaya gravitasi disebut kapasitas lapang. Biasanya kalau tanah pada kondisi kapasitas lapangnya, sekitar 50% porinya terisi dengan air.

Tanaman kopi tidak dapat menggunakan semua air yang ada dalam tanah. Kalau air tanah menguap dan diserap oleh akar tanaman, kadar air tanah berkurang hingga akar tanaman tidak mampu lagi menyerap molekul-molekul air yang terikat kuat oleh partikel tanah. Jumlah air yang tersisa ini disebut titik layu. Tanah-tanah liat mempunyai titik layu yang tinggi. Mereka mampu menahan dengan kuatnya lebih banyak air dibandingkan dengan tanah-tanah berpasir, sehingga lebih sedikit air tersedia bagi tanaman. Dengan demikian, meskipun tanah lempung-debu menahan lebih sedikit air (kapasitas lapangnya lebih rendah) dibandingkan dengan tanah Lempung-liat, namun lebih banyak air yang tersedia bagi tanaman.

#### **5.5.1. Memperbaiki ketersediaan air dalam tanah.**

Beberapa praktek pengelolaan tanah di kebun kopi yang dapat meningkatkan kapasitas lapang dan memperbaiki infiltrasi air hujan:

1. Pengelolaan bahan organik. Bahan organik dapat meningkatkan kemampuan tanah menyimpan air (water-holding capacity, WHC) melalui dua cara. Bahan organik mampu menyimpan dan menahan banyak air, dan dapat memperbaiki struktur tanah – meningkatkan total volume dan ukuran pori yang dapat menyimpan air dan mencegah pembentukan kerak tanah di permukaan.
2. Praktek pengolahan tanah. Membiarkan seresah sisa panen di permukaan at tanah dapat memperlambat runoff dan mencegah pembentukan kerak tanah di permukaan. Seresah ini dapat mendorong perkembangan populasi

cacing tanah dan organisme lain yang membuat liang dalam tanah, dan air hujan dapat dengan cepat meresap ke dalam tanah melalui lubang-lubang tersebut.

3. Pencegahan pemadatan. Pemadatan tanah dapat mereduksi WHC, karena berkurangnya jumlah dan ukuran pori tanah.
4. Pengendalian erosi. Erosi tanah dapat mereduksi kedalaman tanah (solum tanah menjadi tipis) dan menurunkan WHC.

Infiltrasi merupakan proses meresapnya air ke dalam tanah. Kecepatan meresapnya air ke dalam tanah disebut laju infiltrasi. Laju infiltrasi dinyatakan dengan satuan mm per jam atau inchi per jam. Air hujan dan irigasi harus dapat meresap masuk ke dalam tanah supaya bermanfaat bagi tanaman kopi. Infiltrasi merupakan indikator kemampuan tanah untuk meresapkan air di permukaan dan ke seluruh pprofil tanah. Tanah dapat menyimpan air untuk sementara waktu, membuatnya tersedia bagi akar tanaman, bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman dan habitat bagi organisme tanah.

Kalau suplai air melebihi kapasitas infiltrasi tanah, air akan mengalir di permukaan tanah sebagai runoff menuruni lereng. Kalau runoff terjadi pada lahan yang bera atau vegetasinya buruk, dapat mengakibatkan erosi tanah. Runoff mengangkut unsur hara, senyawa kimia, dan material tanah, sehingga produktivitas tanah menurun, sedimentasi meningkat dan kualitas air menurun.

Penghambatan infiltrasi dan penggenangan air di permukaan tanah dapat memperburuk aerasi tanah, yang selanjutnya dapat memperburuk fungsi akar dan pertumbuhan tanaman, demikian juga mereduksi ketersediaan hara dan mengganggu siklus hidup organisme tanah. Penggenangan dan kejenuhan tanah dapat menurunkan kekuatan tanah, merusak struktur tanah, meningkatkan penghancuran partikel tanah dan membuat tanah lebih peka erosi. Penggenangan air di permukaan tanah akan memacu penguapan, sehingga mengurangi jumlah air tersedia bagi tanaman.

Praktek budidaya kebun kopi yang memperburuk infiltrasi air hujan:

1. Pembakaran dan pengangkutan biomasa seresah kebun kopi, membiarkan permukaan tanah di antara barisan tanaman kopi tetap bero dan peka terhadap erosi;
2. Metode pengolahan tanah yang berlebihan dapat merusak koneksi pori dengan permukaan tanah, dan mencegah akumulasi bahan organik tanah;
3. Lalu lintas Alsintan, terutama pada saat tabnah dalam kondisi basah, yang menyebabkan pemadatan dan pengurangan porositas tanah.

Beberapa praktek budidaya kebun kopi yang dapat membantu mempertahankan atau memperbaiki infiltrasi air hujan ke dalam tanah adalah: meningkatkan tutupan vegetatif di permukaan tanah, mengelola biomasa residu vegetasi, dan meningkatkan kandungan bahan organik tanah. Biasanya, praktek-praktek budidaya kebun kopi ini meminimumkan gangguan tanah dan pemadatan tanah, melindungi tanah dari erosi, dan mendorong perkembangan struktur tanah yang baik dan ruang pori yang kontinyu. Sebagai solusi jangka pendek mengatasi buruknya infiltrasi air hujan adalah membongkar kerak permukaan-tanah dengan mengolah tanah, dan lapisan tanah yang kompak dapat dibongkar dengan pengolahan tanah secara dalam.

Solusi jangka panjang untuk memperbaiki infiltrasi tanah adalah dengan praktek budidaya kebun kopi yang mampu meningkatkan bahan organik tanah dan agregasi tanah, dan mereduksi gangguan-tanah dan pemadatan tanah. Jenis tanaman penutup tanah yang menghasilkan banyak biomasa residu, mampu melindungi permukaan tanah dari bahaya erosi, dan meningkatkan kandungan bahan organik tanah. Peningkatan bahan organik tanah dapat memperbaiki agregasi dan struktur tanah, sehingga laju infiltrasi dapat diperbaiki. Pengolahan tanah konservasi, mereduksi gangguan tanah, dan mengurangi gangguan terhadap kontinuitas pori tanah, serta meminimumkan efek pemadatan tanah di kebun kopi.

Dalam kaitannya dengan irigasi dan pengairan, kapasitas simpanan air tanah (SWS) didefinisikan sebagai jumlah total air yang disimpan dalam tanah pada zone perakaran tanaman. Tekstur dan struktur tanah, serta kedalaman perakaran tanaman akan menentukan besarnya SWS ini. Semakin dalam perakaran tanaman, berarti

semakin banyak air yang dapat disimpan dalam tanah dan semakin besar pula cadangan air tersedia bagi tanaman selama periode tidak ada penambahan air.

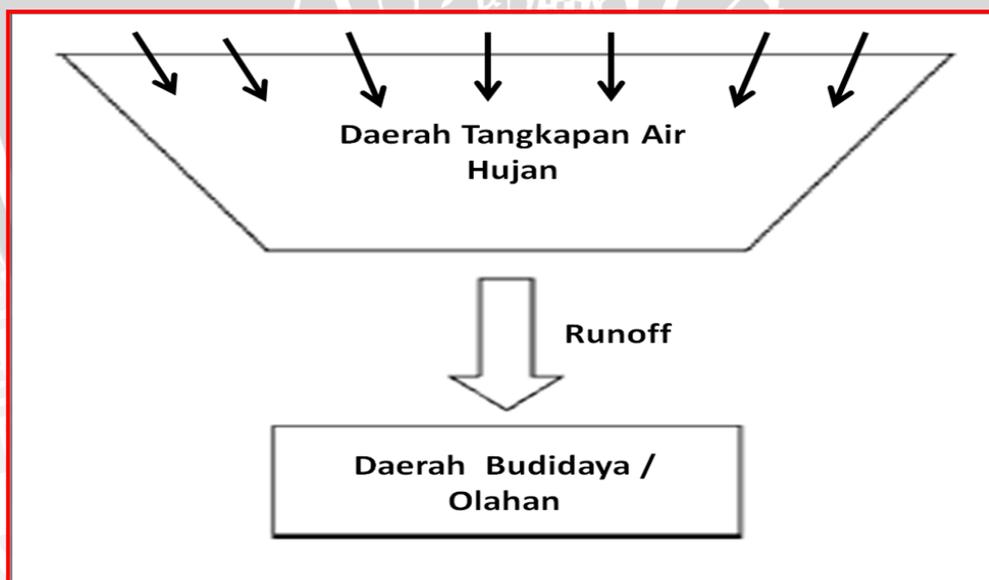
Dengan mengetahui kapasitas simpanan air tanah ini, memungkinkan kita menentukan berapa banyak air yang harus ditambahkan pada suatu saat dan berapa lama kita bisa menunggu sebelum menambahkan air. Penambahan air ke tanah melebihi kapasitas simpanan airnya akan mengakibatkan kehilangan air perkolasi dan pencucian unsur hara ke luar zone perakaran tanaman. Hanya sebagian saja dari total air tanah yang mudah diserap oleh akar tanaman. Tanaman hanya dapat menyerap sebagian dari air yang disimpan dalam tanah. Koefisien ketersediaan digunakan untuk menghitung persentase air yang mudah tersedia bagi tanaman. Defisit maksimum lengas tanah ( maximum soil water deficit (MSWD)), sering disebut sebagai “the management allowable deficit”, merupakan jumlah air yang disimpan dalam tanah yang mudah tersedia bagi tanaman. Tanaman harus diberi tambahan air kalau sejumlah air tersebut telah diambil dari tanah. Nilai ini juga merupakan nilai maksimum yang dapat diberikan ke tanah pada suatu waktu tertentu. Masukan air yang berlebihan akan mengakibatkan terjadinya perkolasi dalam.

Pemanfaatan lengas tanah merupakan faktor penting yang membatasi produksi tanaman. Pengetahuan mengenai simpanan air tersedia dalam tanah sangat penting dalam pengelolaan pertanian lahan kering. Kajian tentang simpanan air tanah, komponen-komponen dari siklus air, sangat diperlukan dalam perhitungan neraca air lahan. Neraca air lahan menyajikan informasi tentang masukan air (hujan dan irigasi), kehilangan air (evapotranspirasi, run-off dan drainage), serta perubahan simpanan lengas tanah yang terjadi selama periode waktu tertentu. Pengelolaan simpanan lengas tanah secara efisien dapat dicapai dengan jalan memanipulasi neraca air lahan. Hal ini melibatkan pemantauan dan pengendalian berbagai proses aliran lengas tanah, termasuk infiltrasi, redistribusi, drainage, evaporasi dan penyerapan air oleh tanaman. Bahan organik tanah mempunyai peran penting dalam mengendalikan semua proses-proses fisika ini.

### 5.5.2. Prinsip-prinsip Panen Air Hujan.

Pemanenan-air-hujan dalam makna yang luas dapat didefinisikan sebagai kegiatan pengumpulan runoff untuk penggunaan yang produktif. Runoff dapat ditangkap dan dikumpulkan dari cucuran atap atau dari permukaan lahan, atau dari sungai-sungai musiman. Sistem pemanenan air yang memanen runoff dari atap-bangunan atau dari permukaan lahan termasuk dalam kategori “pemanenan air hujan”, sedangkan semua system yang mengumpulkan runoff dari sungai-sungai musiman dikelompokkan dalam kategori “pemanenan air banjir” (Pacey dan Cullis, 1989).

Sebagian tertentu dari lahan, daerah tangkapan-air hujan di kebun kopi dibiarkan tidak diolah. Air hujan yang jatuh di daerah-tangkapan ini dialirkan ke petakan lahan yang diolah dan ditanami. Runoff dapat juga dikumpulkan di area kebun kopi dengan menggunakan metode-metode konservasi lengas tanah (bangunan-bangunan yang terbuat dari tanah atau batu), yang memungkinkan air hujan ber-infiltrasi ke dalam tanah dan menjadi tersedia bagi akar tanaman kopi.



Gambar 29. Prinsip panen air hujan untuk produksi kebun kopi.

Teknik-teknik pemanenan air hujan bersekala kecil dapat menangkap air hujan dan runoff dari daerah-tangkapan yang kecil, meliputi lereng-lereng yang pendek, panjang lereng kurang dari 30 m (daerah-tangkapan mikro) (Gould, 1992).

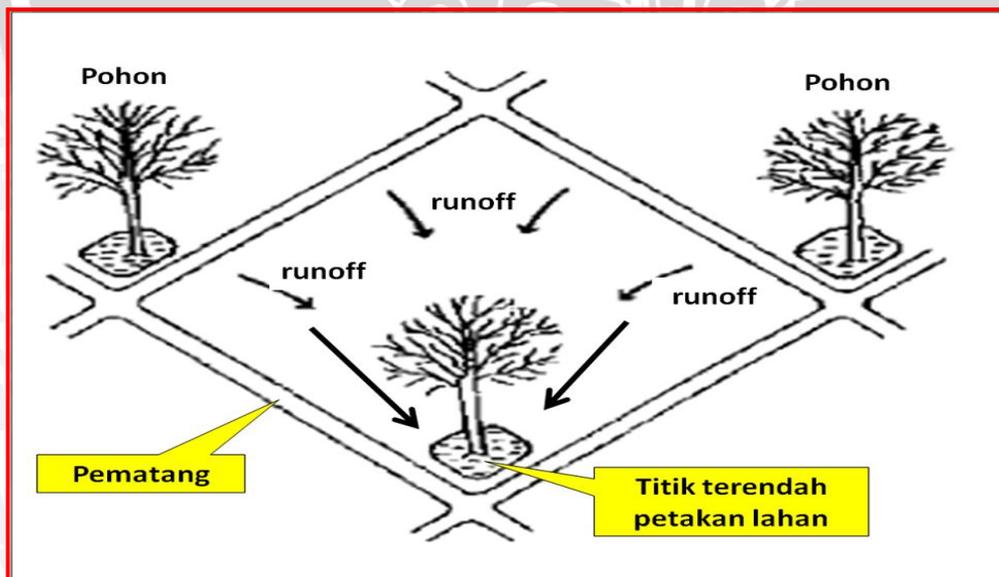
### 5.5.3.. Kondisi yang dipersyaratkan panen air hujan

#### a. Kondisi Iklim.

Pemanenan air hujan sangat sesuai untuk daerah-daerah semi-arid dengan rata-rata curah hujan tahunan (300-700 mm). Teknologi ini juga dipraktikkan di beberapa daerah arid dengan rata-rata curah hujan tahunan (100-300 mm). Di kebanyakan daerah tropis, periode utama curah hujan terjadi selama periode panas 'summer', pada saat alju evaporasi sangat tinggi. Di daerah tropis yang lebih kering, risiko kegagalan panen tanaman lebih besar. Biaya struktur pemanenan air hujan juga lebih tinggi karena harus dibuat dengan sekala lebih besar.

#### b. Kemiringan lahan.

Pemanenan air hujan tidak direkomendasikan pada lahan dengan kemiringan lebih dari 5% karena distribusi runoff tidak merata, erosi tanah intensif dan biaya pembuatan bangunan penangkap air hujan juga mahal.



Gambar 30. Sistem Daerah Tangkapan Mikro (Critchley, 1991).

### **c. Tanah dan Pengelolaan Kesuburan Tanah.**

Tanah-tanah di zone budidaya harus cukup tebal sehingga mempunyai kapasitas simpanan air yang cukup besar, dan tanahnya subur. Tanah-tanah di daerah-tangkapan air harus mempunyai laju infiltrasi yang rendah. Untuk kebanyakan sistem pemanenan air, kesuburan tanahnya harus diperbaiki, atau dipertahankan, supaya tetap produktif dan lestari. Peningkatan ketersediaan lengas tanah dan peningkatan produktivitas tanaman yang dihasilkan dari kegiatan penangkapan air hujan akan berdampak pada eksploitasi hara tanah yang lebih besar. Tanah-tanah berpasir tidak terlalu banyak memberikan nilai-tambah dari kegiatan pemanenan air hujan ini, kecuali kalau pada saat yang bersamaan juga ditingkatkan kesuburan tanahnya.

### **d. Tanaman Kopi.**

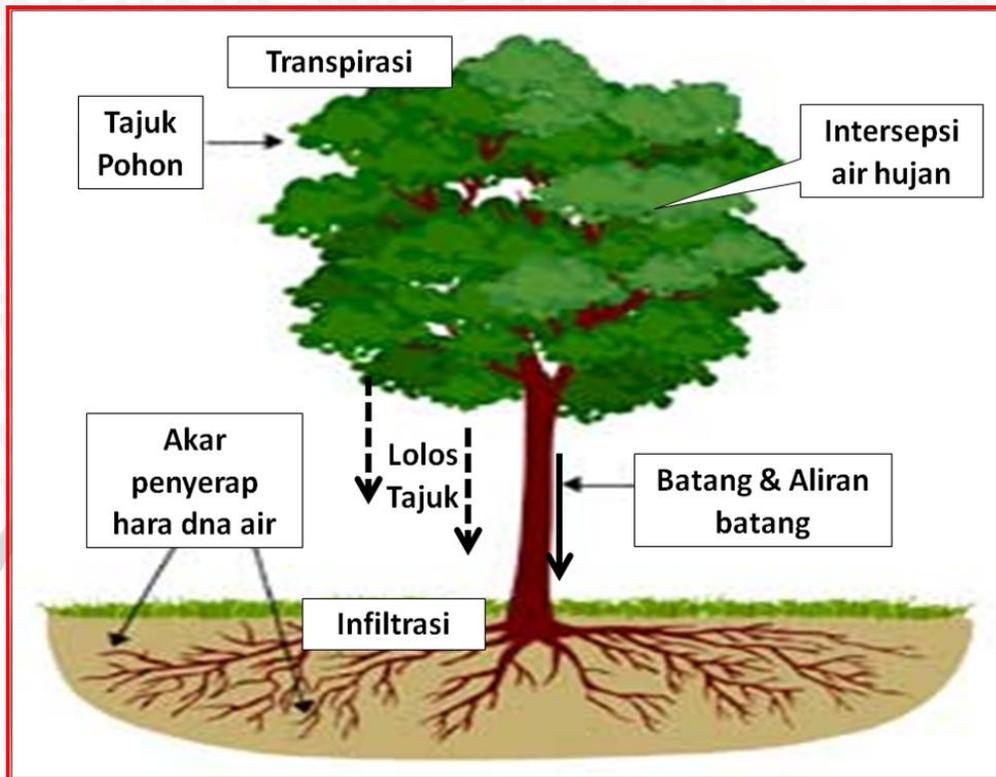
Salah satu kriteria utama untuk memilih teknologi panen air hujan adalah kesesuaiannya dengan jenis tanaman kopi. Akan tetapi, jenis tanaman kopi juga dapat disesuaikan dengan struktur bangunan pemanen air hujan. Perbedaan penting di antara tanaman tahunan (misalnya pohon) dengan tanaman semusim adalah bahwa pohon memerlukan konsentrasi air pada titik-titik tertentu, sedangkan tanaman semusim biasanya lebih diuntungkan kalau distribusi air lebih merata ke seluruh areal pertanaman. Distribusi air yang merata dapat dicapai dengan jalan meratakan tanah garapan. Rerumputan lebih toleran dengan kondisi distribusi air yang tidak merata dibandingkan dengan tanaman biji-bijian lainnya.

### **e. Kriteria Teknis.**

Untuk memilih suatu teknik pemanenan air hujan yang paling sesuai, ada seperangkat kriteria yang harus diperhatikan:

1. Teknik panen air hujan secara teknis dapat berfungsi dengan baik.
2. Teknik ini harus sesuai dengan system produksi tanaman yang dilakukan oleh petani.

Kalau risiko kegagalan produksi akibat teknik-teknik baru dinilai terlalu besar dibandingkan dengan teknik-teknik yang telah ada, atau persyaratan skill tenaga kerjanya terlalu tinggi, maka adopsi teknologi baru ini tidak akan diadopsi oleh para penggunanya.



Gambar 31. Perakaran pohon berfungsi vital (sumber: snwa.com).

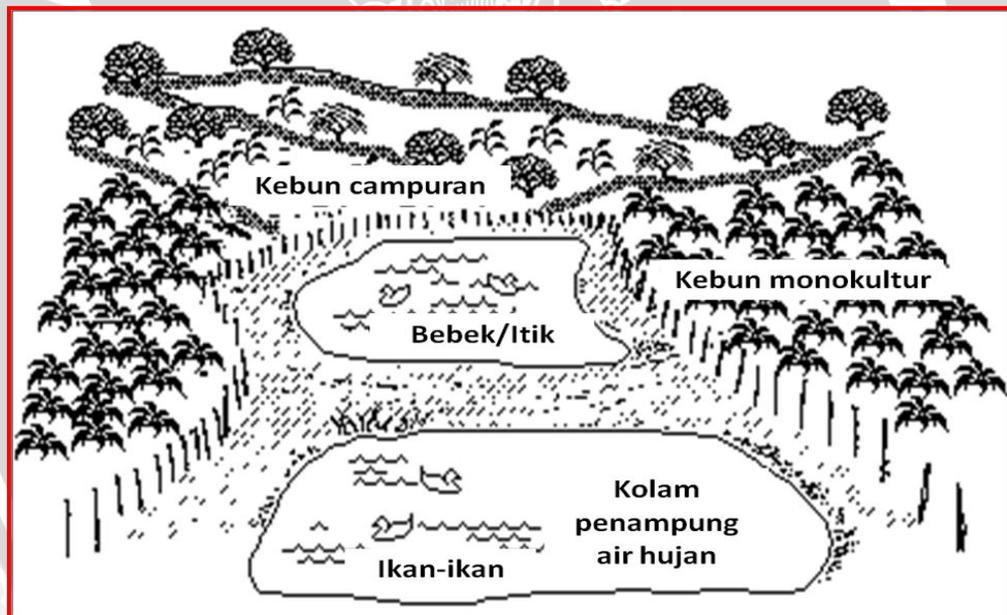
#### 5.5.4. Input dan Rancangan Pemanen Air hujan

Seperti halnya dengan praktek pertanian lainnya, harus ada keseimbangan antara biaya dan manfaat dari sistem-sistem pemanenan air hujan di kebun kopi. Manfaat yang sangat nyata adalah peningkatan hasil tanaman kopi. Dalam tahun-tahun dengan curah hujan rata-rata saja, pemanenan air hujan dapat meningkatkan produksi pertanian 50 - 100%, tergantung pada sistem yang digunakan, tipe tanah, pengelolaan lahan, dll. Dalam tahun-tahun dengan curah hujan rendah, hasil tanaman kopi dengan panen air hujan biasanya lebih tinggi dibandingkan dengan petakan kontrol tanpa panen air hujan.

Cadangan air di daerah budidaya pertanian didukung dengan air dari daerah-tangkap air hujan. Pada saat merancang suatu system pemanenan air, ukuran daerah-tangkapannya dihitung atau diestimasi secara akurat untuk menjamin cukupnya runoff yang dapat dipanen untuk memenuhi kebutuhan tanaman di lahan

budidaya. Hubungan antara kedua area lahan ini dinyatakan sebagai rasio C:CA, yaitu rasio antara daerah-tangkapan (C) dan daerah budidaya (CA). Untuk tanaman semusim biasanya nilai rasio C:CA sebesar 3:1, daerah tangkapan-air C tiga kali dari luas lahan budidayanya CA.

Walaupun perhitungan rasio C:CA dapat menghasilkan system pemanenan air yang akurat, namun biasanya tidak mudah menghitung rasio C:CA secara akurat. Data yang diperlukan (curah hujan, runoff dan crop water requirements) seringkali tidak tersedia dan kalau ada variasinya sangat besar. Informasi dan data seperti ini dapat beragam antar lokasi, atau antar tahun. Perhitungan dapat memberikan kesan tentang akurasi, hal ini dapat keliru kalau perhitungannya didasarkan pada data yang sangat besar.



Gambar 32. Kolam penampung air hujan untuk mendukung diversifikasi pertanian.

Kolam seperti ini cocok untuk memanen air hujan di pedesaan, menampung air hujan untuk berbagai keperluan seperti irigasi tanaman, keperluan rumahtangga, ternak dan aquaculture ke petakan lahan yang sempit. Aneka jenis tanaman dapat dibudidayakan padapetakan lahan yang sempit ini.

### 5.5.5. Sistem Air – Tanah.

Tujuan sistem pemanenan air hujan adalah memanen runoff. Runoff ini dihasilkan dalam suatu system air – tanah , dimana berlangsung interaksi antara curah hujan dengan tanah . Setiap jenis tanah mempunyai kapasitas tertentu untuk menyerap air hujan. Air hujan yang tidak dapat diserap masuk ke dalam tanah akan mengalir di permukaan tanah sebagai runoff. Jumlah runoff ini tergantung pada kapasitas penyerapan tanah dan jumlah air hujan yang jatuh.

Jumlah air hujan yang jatuh selama periode tertentu pada sebidang lahan disebut intensitas hujan, dan dinyatakan sebagai kuantitas kedalaman air hujan dalam satuan mm per jam (mm/jam). Kapasitas penyerapan tanah disebut kapasitas infiltrasi. Ukuran kapasitas ini, laju infiltrasi dinyatakan sebagai kuantitas kedalaman air dengan satuan mm per jam (mm/jam). Runoff dihasilkan kalau intensitas hujan lebih besar dari laju infiltrasi tanah. Berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi infiltrasi dan runoff.

#### a. Tipe tanah dan tekstur tanah.

Nilai-nilai laju infiltrasi biasanya ditentukan oleh tekstur tanah. Setiap tipe tekstur tanah mempunyai laju infiltrasi yang berbeda dengan tipe lainnya. Tekstur tanah ini tergantung fraksi-fraksi partikel primer penyusun tanah. Tiga tipe tekstur tanah utama dibedakan berdasarkan tiga fraksi partikel mineral tanah, yaitu : pasir, debu dan liat.

Tanah yang terdiri atas partikel pasir kasar (tanah bertekstur kasar) disebut tipe tanah berpasir; tanah yang terdiri atas partikel debu yang berukuran medium (tanah bertekstur medium) disebut tipe tanah berlempung; tanah yang terdiri atas partikel liat berukuran halus (tanah bertekstur halus) disebut tanah liat atau tanah berliat. Ukuran partikel-partikel mineral dalam suatu tanah menentukan ukuran rongga terbuka di antara partikel-partikel tersebut, yaitu PORI TANAH. Proses infiltrasi air lebih mudah melalui pori yang ukurannya besar pada tanah-tanah berpasir (kapasitas infiltrasi lebih tinggi) dibandingkan dengan infiltrasi melalui pori halus pada tanah liat (kapasitas infiltrasi lebih rendah).

**b. Struktur Tanah.**

Struktur tanah juga mempengaruhi kapasitas infiltrasi. Struktur tanah mencerminkan bagaimana tatanan partikel-partikel mineral saling bergabung bersama membentuk agregat. Tanah-tanah berpasir biasanya mempunyai struktur butir-lepas, karena individual partikel pasir tidak dapat saling melekat bersama bergabung menjadi agregat yang lebih besar. Beberapa tanah liat membentuk retakan-retakan yang besar pada kondisi kering, dan aggregates (bongkahan) besar dapat diambil (ditarik) dengan tangan. Tanah-tanah ini mempunyai takstur halus dan struktur yang kasar (agregat besar-besar). Ukuran dan distribusi retakan-retakan di antara agregat tanah dapat mempengaruhi kapasitas infiltrasi tanah: tanah dengan retakan-retakan besar akan mempunyai laju infiltrasi yang tinggi.

**c. Zone tangkapan air dan zone budidaya.**

Idealnya, tanah di zone penangkapan air hujan harus mampu mengubah sebanyak mungkin air hujan menjadi runoff: tanah harus mempunyai laju infiltrasi yang rendah. Misalnya, kalau intensitas hujan 20 mm/jam jatuh pada tanah liat dengan laju infiltrasi 5 mm/jam, maka akan terjadi runoff, tetapi kalau hujan yang sama jatuh pada tanah berpasir dengan laju infiltrasi 30 mm/jam, maka tidak akan ada runoff. Karena alasan inilah, maka tanah-tanah berpasir tidak sesuai untuk sistem pemanenan air hujan, karena sebagian besar air hujan yang jatuh ke tanah akan meresap ke dalam tanah dan hanya sedikit sekali runoff yang dapat ditampung dan disalurkan ke zone pengolahan tanah (Calder dan Newson, 1979).

Tanah pada zone-pengolahan tidak boleh mempunyai laju infiltrasi yang tinggi, tetapi harus mempunyai kapasitas yang besar untuk menyimpan air hujan dan menyediakannya bagi tanaman. Kondisi ideal adalah daerah-tangkapan yang berbatu dan zone olahan dengan solum yang dalam, dan subur. Dalam praktek, kondisi tanah di zone olahan dan zone tangkapan air justru sebaliknya. Kalau hal seperti ini dijumpai, maka persyaratan bagi zone-pengolahan harus diutamakan.

**d. Kerak tanah.**

Kapasitas infiltrasi suatu tanah juga tergantung pada efek tetesan air hujan pada permukaan tanah. Tetesan air hujan memukul tanah permukaan dengan gaya

yang cukup besar yang mampu menghancurkan agregat tanah dan mendorong partikel halus tanah masuk ke dalam pori tanah lapisan atas. Hal ini dapat mengakibatkan penyumbatan pori tanah dan pembentukan lapisan tipis yang kompak dan padat di permukaan tanah, dan selanjutnya akan sangat menghambat laju infiltrasi. Efek seperti ini lazim disebut dengan istilah “capping, crusting atau *sealing*”; menjelaskan mengapa di daerah-daerah dengan curah hujan tinggi dan frekuensi tinggi, biasanya diikuti oleh adanya runoff yang sangat besar.

Tanah-tanah dengan kandungan liat yang tinggi (tanah-tanah berliat) sangat mudah membentuk kerak-permukaan (*sealing*). Tanah-tanah berpasir biasanya tidak mudah membentuk kerak-permukaan. Adanya kerak-permukaan di lokasi zone tangkapan air sangat menguntungkan untuk memanen air hujan, karena dapat menurunkan laju infiltrasi. Akan tetapi di lahan pengolahan, adanya kerak-permukaan ini dianggap merugikan. Petani dapat meningkatkan laju infiltrasi di lahan pengolahan dengan jalan menjaga kondisi permukaan tanah tetap kasar, dengan jalan membuat guludan-guludan atau pembajakan tanah.

#### **e. Vegetasi kebun kopi.**

Vegetasi mempunyai pengaruh sangat besar terhadap laju infiltrasi suatu tanah. Vegetasi penutup muka lahan yang rapat dapat melindungi tanah dari pukulan air hujan, mereduksi terbentuknya “kerak” di permukaan tanah, dan meningkatkan laju infiltrasi. Sistem perakaran dan bahan organik tanah meningkatkan porositas tanah dan dengan demikian memperbaiki kapasitas infiltrasi suatu tanah. Pada lahan-lahan yang agak miring, runoff dapat diperlambat oleh adanya vegetasi, sehingga air hujan mempunyai kesempatan lebih banyak untuk infiltrasi (Newson, 1976). Sarana konservasi tanah memanfaatkan prinsip-prinsip seperti ini. Dalam system pemanenan air, daerah-tangkapan-air (sekala mikro) idealnya dijaga tetap rata dan bebas vegetasi.

#### **f. Panjang Lereng.**

Biasanya lahan yang lebih miring menghasilkan lebih banyak runoff dibandingkan dengan lahan yang lebih datar, dan dengan meningkatnya panjang lereng ternyata volume runoff menurun. Dengan meningkatnya panjang lereng, waktu

yang diperlukan oleh setetes air hujan untuk mencapai lahan budidaya semakin besar. Hal ini berarti tersedia waktu yang lebih lama bagi tetes air hujan tersebut untuk mengalami infiltrasi dan evaporasi. Evaporasi merupakan factor penting yang menentukan runoff di daerah iklim kering (arid dan semi arid) , karena lembab nisbi udara yang rendah dan seringkali suhu permukaan tanah dan suhu udaranya tinggi (Burt dan Butcher, 1985).

#### **g. Curah Hujan dan Limpasan Permukaan.**

Hanya sebagian dari curah hujan pada daerah tangkapan yang menjadi runoff. Proporsi curah hujan yang menjadi runoff ini tergantung pada berbagai faktor. Kalau intensitas hujan pada suatu kejadian hujan lebih rendah dari kapasitas infiltrasi tanah, maka tidak akan terjadi runoff.

Proporsi dari total curah hujan yang menjadi runoff disebut faktor runoff. Misalnya, faktor runoff 0.20 berarti bahwa 20% dari curah hujan selama musim pertumbuhan tanaman akan menjadi runoff. Setiap kejadian hujan mempunyai faktor runoff sendiri-sendiri. Akan tetapi faktor runoff musiman (atau tahunan),  $R$ , sangat penting untuk disain sistem pemanenan air hujan. Faktor-  $R$  digunakan untuk menghitung rasio C:CA.

#### **h. Kapasitas Simpanan Lengas Tanah.**

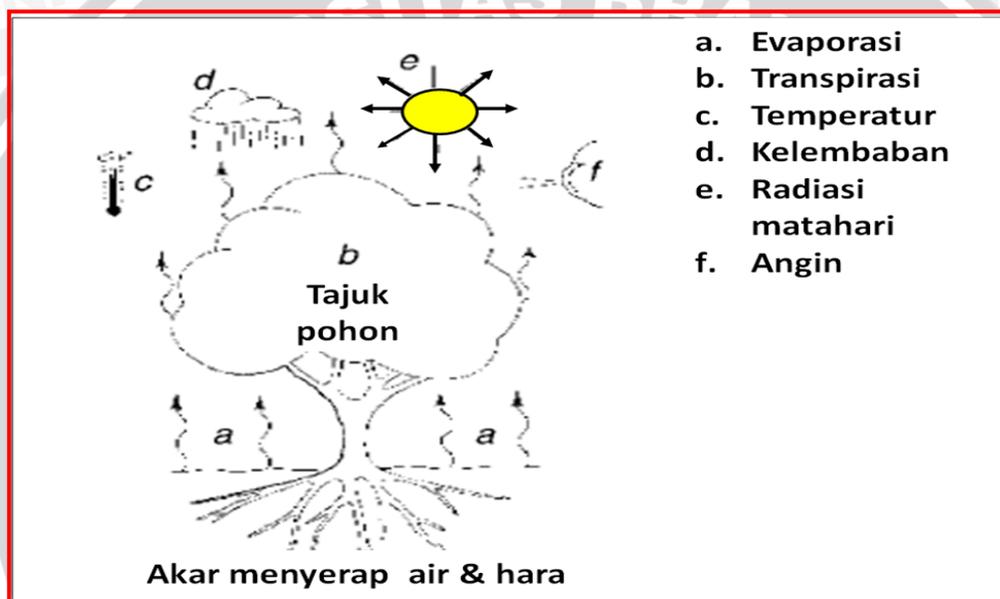
Air hujan yang dipanen disimpan dalam tanah di daerah lahan budidaya tanaman. Kapasitas tanah untuk menyimpan air dan membuat air tersebut tersedia abagi tanaman disebut KAPASITAS SIMPANAN AIR TERSEDIA. Kapasitas ini tergantung pada (i) jumlah dan ukuran pori tanah (tekstur) dan (ii) kedalaman tanah. Kapasitas simpanan air tersedia dinyatakan dalam mm kedalaman air (air simpanan) per meter kedalaman tanah, mm/m.

#### **i. Kebutuhan Air Tanaman Kopi.**

Kebutuhan air tanaman adalah jumlah air yang dibutuhkan oleh tanaman selama musim pertumbuhannya. Setiap jenis tanaman mempunyai kebutuhan air tertentu. Akan tetapi dalam suatu jenis tanaman tertentu, terdapat variasi kebutuhan air yang cukup besar. Kebutuhan air tanaman terdiri atas transpirasi dan evaporasi, biasanya disebut evapotranspirasi. Kebutuhan air tanaman dipengaruhi oleh iklim

dimana tanaman ditanam. Misalnya, kultivar jagung tertentu yang ditanam di daerah iklim dingin dan berawan, ia akan memerlukan lebih sedikit air dibandingkan kalau ia ditanam di daerah iklim panas dan cerah.

Panjangnya musim pertumbuhan tanaman berbeda-beda dengan kultivar tanaman, dan dengan demikian total kebutuhan air selama musim pertumbuhan tanaman sangat tergantung pada jenis tanaman. Umumnya musim pertumbuhan tanaman lebih panjang kalau kondisi iklimnya lebih dingin.



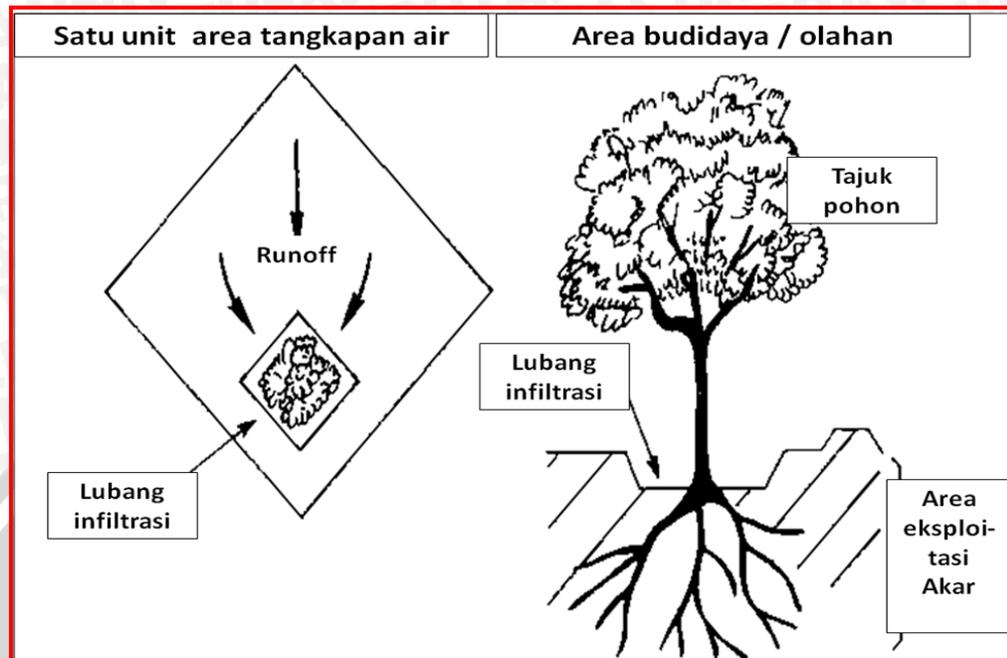
Gambar 33. Pengaruh iklim terhadap kebutuhan air tanaman (Brouwer et al., 1986).

Di dalam suatu musim pertumbuhan, kebutuhan air harian suatu tanaman bervariasi dengan fase pertumbuhan tanaman. Terpisah dari perbedaan kebutuhan airnya, setiap tanaman mempunyai respon yang berbeda terhadap defisit air. Kalau kebutuhan air tanaman tidak terpenuhi, tanaman-tanaman yang tidak tahan kekeringan akan mengalami reduksi hasil yang lebih besar dibandingkan dengan tanaman yang tahan kekeringan. Indikasi kepekaan beberapa jenis tanaman terhadap kekeringan ternyata berbeda-beda. Untuk kondisi pemanenan air dimana kondisinya belum meyakinkan bahwa cukup banyak runoff yang dapat dipanen, maka sebaiknya ditanam jenis tanaman yang tahan kering.

Siklus pertumbuhan tanaman merupakan periode waktu yang diperlukan suatu tanaman (semusim, annual) untuk melengkapkan siklus musimannya, pertumbuhan dan produksi hasil panennya. Tanaman tahunan mempunyai siklus pertumbuhan lebih sari satu tahun. Periode pertumbuhan tanaman semusim adalah durasi dalam setahun dimana kondisi suhu, suplai air tanah dan faktor-faktor lainnya memungkinkan tanaman itu tumbuh dan berkembang. Dengan demikian, siklus pertumbuhan merupakan karakter suatu tanaman (yaitu kebutuhan tanaman), sedangkan periode pertumbuhan merupakan kondisi lahan (yaitu kualitas lahan atau karakteristik lahan). Periode pertumbuhan merupakan determinan utama dari kesesuaian lahan bagi suatu tanaman dan kultivar tanaman. Dalam suatu daerah tertentu, periode pertumbuhan dapat beragam karena adanya variasi temperature, suplai air dan curah hujan.

Kebutuhan air tanaman sangat beragam, sehingga sebaiknya dicari data dan informasi lokal tentang kebutuhan air tanaman tertentu. Kalau tidak tersedia data, seringkali dianggap cukup dengan mengestimasi kebutuhan air tanaman secara umum.

Pada umumnya kebutuhan air untuk pohon lebih sukar ditentukan dibandingkan dengan tanaman semusim. Fase kritis untuk kebanyakan pohon adalah dua tahun pertama sejak penanaman bibit. Kalau system perakaran pohon telah tumbuh berkembang dengan baik, pohon mempunyai kemampuan yang besar untuk menyerap air dari tanah dan mampu bertahan atas cekapan air.



Gambar 34. Sistem Microcatchment (Negarim microcatchment) untuk menanam pohon (sumber: fao.org)

#### 5.5.6. Proses terjadinya runoff (limpasan permukaan).

Pada saat hujan turun, tetesan pertama air hujan ditangkap oleh daun dan tajuk vegetasi. Ini biasanya disebut sebagai SIMPANAN INTERSEPSI. Kalau hujan berlangsung terus, air hujan yang mencapai permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) sampai mencapai suatu taraf dimana intensitas hujan melebihi kapasitas infiltrasi tanah. Setelah itu, celah-celah dan cekungan di permukaan tanah, parit-parit, dan cekungan lainnya (simpanan permukaan) semua dipenuhi air, dan setelah itu barulah terjadi runoff.

Kapasitas infiltrasi tanah tergantung pada tekstur dan struktur tanah, dan dipengaruhi pula oleh kondisi lengas tanah sebelum hujan. Kapasitas awal (tanah yang kering) biasanya tinggi, tetapi kalau hujan turun terus, kapasitas ini menurun hingga mencapai nilai keseimbangan yang disebut sebagai LAJU INFILTRASI AKHIR. Proses runoff akan berlangsung terus selama intensitas hujan lebih besar dari kapasitas infiltrasi aktual, tetapi runoff segera berhenti pada saat intensitas hujan menurun hingga kurang dari laju infiltrasi aktual.

Proses kejadian runoff air hujan telah banyak dibahas dalam kajian pemodelan, terutama pemodelan simulasi komputer. Akan tetapi SEMUA MODEL ini memerlukan pengetahuan yang lengkap tentang faktor-faktor dan kondisi awal dari daerah-tangkapan airnya, yang dalam banyak hal tidak mudah tersedia.

Selain karakteristik hujan, seperti intensitas hujan, lama hujan dan distribusi hujan, ada beberapa faktor khusus lokasional (daerah tangkapan air) yang berhubungan langsung dengan kejadian dan volume runoff.

(1). Tipe Tanah

Kapasitas infiltrasi suatu tanah dipengaruhi oleh porositas tanah, yang menentukan kapasitas simpanan air dan mempengaruhi resistensi air untuk mengalir ke lapisan tanah yang lebih dalam. Porositas suatu tanah berbeda dengan tanah lainnya. Kapasitas infiltrasi tertinggi dijumpai pada tanah-tanah yang gembur, tekstur berpasir; sedangkan tanah-tanah liat dan berliat biasanya mempunyai kapasitas infiltrasi lebih rendah. Bagan-bagan berikut menyajikan beragam kapasitas infiltrasi yang diukur pada berbagai tipe tanah.

Kapasitas infiltrasi juga tergantung pada kadar lengas tanah pada akhir periode hujan sebelumnya. Kapasitas infiltrasi awal yang tinggi dapat menurun dengan waktu (asalkan hujan tidak berhenti) hingga mencapai suatu nilai konstan pada saat profil tanah telah jenuh air. Kondisi seperti ini hanya berlaku kalau kondisi permukaan tanah tetap utuh tidak mengalami gangguan. Telah diketahui bahwa rata-rata ukuran tetesan air hujan meningkat dengan meningkatnya intensitas hujan. Dalam suatu intensitas hujan yang tinggi, energi kinetik tetesan air hujan sangat besar pada saat memukul permukaan tanah. Hal ini dapat menghancurkan agregat tanah dan dispersi tanah, dan mendorong partikel-partikel halus tanah memasuki pori tanah. Pori tanah dapat tersumbat dan terbentuklah lapisan tipis yang padat dan kompak di permukaan tanah sehingga mereduksi kapasitas infiltrasi. Fenomena seperti ini lazim disebut sebagai “capping, crusting atau sealing”. Hal ini dapat menjelaskan mengapa di daerah-daerah arid dan semi-arid yang mempunyai pola hujan dengan intensitas tinggi dan frekuensi tinggi, volume runoff sangat besar meskipun hujannya sebentar dan kedalaman hujan relatif kecil.

Tanah-tanah dengan kandungan liat tinggi (misalnya tanah-tanah abu vulkan dengan kandungan liat 20% ) sangat peka untuk membentuk kerak-permukaan dan selanjutnya kapasitas infiltrasi menjadi menurun. Pada tanah-tanah berpasir, fenomena kerak-permukaan ini relatif kecil.

### (2). Vegetasi

Besarnya simpanan intersepsi pada tajuk vegetasi tergantung pada macam vegetasi dan fase pertumbuhannya. Nilai-nilai intersepsi yang lazim adalah 1 - 4 mm. Misalnya tanaman serealia, mempunyai kapasitas simpanan intersepsi lebih kecil dibandingkan dengan rumput penutup tanah yang rapat. Hal yang lebih penting adalah efek vegetasi terhadap kapasitas infiltrasi tanah. Vegetasi yang rapat menutupi tanah dari tetesan air hujan dan mereduksi efek kerak-permukaan.

Selain itu, perakaran tanaman dan bahan organik dalam tanah dapat meningkatkan porositas tanah sehingga memungkinkan lebih banyak air meresap ke dalam tanah. Vegetasi juga menghambat aliran air permukaan terutama pada lereng yang landai, sehingga air mempunyai kesempatan lebih banyak untuk meresap dalam tanah atau menguap.

### (3). Kemiringan dan ukuran daerah tangkapan

Pengamatan pada petak-petak ukur runoff menunjukkan bahwa petak-petak pada lereng yang curam menghasilkan runoff lebih banyak dibanding dengan petak-petak pada lereng yang landai. Selain itu, jumlah runoff menurun dengan meningkatnya panjang lereng. Hal seperti ini terjadi karena aliran air permukaan lebih lambat dan waktu konsentrasinya lebih panjang (yaitu waktu yang diperlukan oleh tetes air hujan untuk mencapai outlet daerah tangkapan air). Hal ini berarti bahwa air mempunyai lebih banyak kesempatan untuk infiltration dan evaporasi sebelum ia mencapai titik pengukuran di outlet. Hal yang sama juga berlaku kalau kita membandingkan daerah-daerah tangkapan yang ukurannya berbeda.

Efisiensi runoff (volume runoff per luasan area) meningkat dengan menurunnya ukuran daerah-tangkapan air, yaitu semakin besar ukuran daerah-tangkapan berarti semakin besar (lama) waktu konsentrasi air dan semakin kecil efisiensi runoff. Akan tetapi harus diingat bahwa diagram pada gambar di atas dibuat

dari kasus khusus di daerah “Negev desert” dan tidak berlaku umum di daerah-daerah lainnya. Diagram ini menyajikan pola kecenderungan umum hubungan runoff dan ukuran daerah tangkapan.

Selain faktor-faktor yang bersifat spesifik-lokasi, perlu diperhatikan juga adalah homogenitas kondisi fisik daerah tangkapan air. Meskipun pada skala mikro, ternyata juga ada variasi kemiringan, tipe tanah, vegetasi penutup dll. Oleh karena itu setiap daerah-tangkapan air mempunyai respon-runoff yang spesifik, dan respon ini juga akan tergantung pada ragam kejadian hujan. Disain sarana pemanenan air memerlukan pengetahuan tentang volume runoff yang dihasilkan oleh hujan dalam suatu daerah tangkapan. Biasanya diasumsikan bahwa volume runoff sebanding dengan kedalaman (jumlah) hujan.

### **5.6. Pengelolaan biologi tanah di kebun kopi.**

Organisme tanah adalah manajer hara dalam tanah, mereka juga menentukan karakteristik tanah yang penting bagi produktivitas tanah dan tanaman. Aktivitas biologis tanah di kebun kopi sangat penting karena dapat menopang: (1) Dekomposisi bahan organik tanah, dan (2) Siklus hara dalam tanah: mineralisasi bahan organik, penyimpanan hara-tersedia, pelepasan hara tersedia, struktur tanah, kesehatan akar tanaman kopi, kemampuan tanah untuk menahan air-tersedia, degradasi bahan kimia berbahaya, dan penekanan penyakit.

Memelihara dan meningkatkan kandungan BOT di kebun kopi dapat dilakukan dengan cara: (1) meningkatkan kandungan BOT dari semua tanah yang kandungannya masih lebih rendah dari yang dibutuhkan untuk kesehatan tanah kebun kopi, (2) memvariasi masukan bahan organik, kompos, pupuk kandang, pupuk hijau, dan mulsa organik ke dalam tanah di kebun kopi. Peningkatan masukan bahan organik ke dalam tanah di kebun kopi dapat dilakukan dengan beberapa cara a.l. (1) menggabungkan pupuk organik ke dalam program pemupukan tanaman, (2) meminimalkan penggunaan herbisida, (3) menggunakan jenis tanaman penutup tanah yang tahan naungan, (4) Memaksimalkan pertumbuhan penutup tanah di antara barisan tanaman kopi; (5) Mendorong pergerakan bahan organik ke dalam tanah; (6)

mendorong aktivitas biologis untuk mempromosikan pergerakan bahan organik dalam profil tanah.

Komunitas biologis tanah yang sehat dan beragam memerlukan: (1) suplai makanan dari bahan organik, (2) senyawa organik eksudat akar, (3) Struktur tanah dan aerasi tanah yang baik, (4) Mineral (hara tersedia ) yang mencukupi, (5) Kelembaban tanah yang memadai.

Dampak negative akibat aplikasiherbisida dan pestisida harus dapat diminimumkan, dengan alasan (1) kandungan Cu yang tinggi menghambat aktivitas cacing tanah, (2) tingginyakonsentrasi N dan Cl dalam pupuk dapat menghambat jamur dan organisme tanah lainnya. Aktivitas mikroba tanah dalam kebun kopi sangat menentukan kesehatan at tanah di kebun kopi, beberapa hal penting yang harus diperhatikan adalah:

1. Menjaga pertumbuhan daun-daun kopi untuk memaksimalkan fotosintesis dan memberikan energi kepada biologi tanah. Sebagian besar energi ini tersedia untuk mikroba rizosfir dalam rangka untuk mempertahankan ketersediaan hara, struktur tanah dan kesehatan akar. Tanaman kopi yang pertumbuhannya aktif biasanya sangat tahan terhadap gangguan penyakit daun.
2. Penggunaan irigasi tambahan, jika tanah kering, untuk menjaga aktivitas biologi tanah.
3. Pasokan input yang memadai hara kalsium dan fosfor. Aktivitas biologis tanah akan terganggu kalau hara ini tidak cukup tersedia.
4. Kalsium memperbaiki struktur tanah, pH, kapasitas tukar kation (KTK) dan aktivitas bakteri yang mendukung rantai makanan yang melepaskan hara tersedia. Kalsium disimpan dan dirilis oleh hifa jamur, memaksimalkan retensinya dalam tanah dan ketersediaannya bagi akar tanaman.
5. Input pupuk kalsium dan fosfor meningkatkan aktivitas biologis karena mereka berfungsi sangat penting dalam struktur dan metabolisme organisme.

6. Meskipun produksi kopi tidak mengeksport banyak fosfor dari tanah, namun hara P ini menjadi dasar dalam semua system penyimpanan energi dan digunakan dalam sel tumbuhan dan hewan, sehingga ketersediaan P dalam tanah harus mencukupi.

Organisme tanah dapat mewakili 3% dari bahan kering di tanah Anda. Satu sendok teh tunggal dapat berisi puluhan ribu spesies yang berbeda dari organisme. Mereka termasuk bakteri, jamur, tungau, semut, kaki seribu, kumbang, cacing tanah, siput dan siput. Sebagian besar adalah organisme menguntungkan dan mereka secara aktif mengelola atau keluar-bersaing tanah ditanggung penyakit / hama.

Organisme tanah berasal energi dan nutrisi dari mogok tanaman dan hewan materi. Ketika mencerna bahan ini mereka melepaskan oksigen dan nutrisi mineral yang tanaman dapat digunakan. Ketika organisme tanah mati mereka membusuk dan melepaskan lebih banyak nutrisi, sehingga merupakan kontributor berharga untuk kesuburantanah. Fauna tanah juga dapat memiliki pengaruh besar pada struktur tanah. Banyak tanah di bawah hutan hujan dan hutan sklerofil basah di Tasmania, misalnya, telah ditemukan terdiri seluruhnya dari gips cacing tanah dan liang.

Hewan tanah membutuhkan kondisi tanah tertentu untuk tumbuh dan bertahan hidup. Organisme tanah needclarge pasokan bahan organik untuk energi. Mereka juga membutuhkan kehangatan (tapi tidak panas yang ekstrim), kelembaban, oksigen dan pH tanah-dekat netral. Kegiatan produksi pertanian secara umum membuat tanah kurang sehat dan karena itu kurang kondusif bagi organisme tanah. Kegiatan ini mengurangi keanekaragaman hewan tanah (jumlah spesies) dan struktur masyarakat tanah.

Praktek pertanian dapat mengubah kondisi lingkungan tanah, sehingga lebih “keras” bagi beberapa organisme tanah. Perubahan kualitas lingkungan tanah ini dapat meliputi: (1) penurunan kelembaban tanah; (2) Suhu tanah meningkat dengan fluktuasi yang lebih besar; (3) Bahan organik tanah berkurang dan seringkali kurang beragam; (4) pH tanah menjadi lebih masam; (5) Tanah seringkali terganggu oleh erosi, lalu lintas Alsintan dan pengolahan tanah yang mempercepat hilangnya bahan organik tanah.

### 5.7. Pengambilan Sampel Tanah di Kebun Kopi.

Ada tiga hal penting yang harus diperhatikan dalam pengambilan sampel tanah di kebun kopi, yaitu (1) Rencana uji tanah atau analisis tanah yang akan dilakukan, (2) pengambilan sampel tanah dengan peralatan yang bersih, (3) mengirim sampel-sampel tanah ke laboratorium sesegera mungkin setelah pengumpulannya.

Peralatan yang biasanya digunakan untuk pengambilan sampel tanah dari kebun kopi a.l. (1) Bor-Tanah atau sekop, (2) Ember, (3) Kantong plastik baru atau wadah sampel tanah (terletak dalam kit tanah),(4) Label jika ada lebih dari satu sampel tanah , (5) Lembar Rekam untuk merekam situs pengambilan sampel dan sampel tanah.

Pengambilan sampel tanah di kebun kopi harus dilakukan secara hati-hati dan memperhatikan hal-hal berikut ini:

1. Observasi lapangan kebun kopi yang akan diambil sampel tanahnya. Sampel- sampel tanah diambil secara terpisah untuk masing-masing tipe tanah (misalnya tanah liat, lempung atau pasir) dan sampling untuk petakan-petakan kebun kopi yang telah dikelola secara berbeda, karena faktor-faktor ini mempengaruhi kebutuhan pupuk.
2. Setiap sampel tanah komposit, merupakan campuran dari minimal 20 lubang bor tanah dan dicampur dalam suatu wadah sampel tanah . Setiap sampel tanah komposit ini diambil sekitar 500 g (atau sesuai kebutuhan analisis tanah) dimasukkan ke dalam kantong sampel tanah dan dikirim ke laboratorium tanah. Sampel-sampel tanah harus diberi label dengan jelas, lengkap, dan akurat.
3. Pengeboran tanah dilakukan pada kedalaman 0-10 cm (atau sesuai kebutuhan), membersihkan bahan-bahan yang ada di permukaan tanah, seperti daun-daun atau bahan organik lainnya.
4. Setelah sampel-sampel tanah dikumpulkan, mereka harus di sesegera mungkin ke laboratorium untuk analisis tanah.

## VI. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

1. Tingkat Kesuburan Tanah pada Setiap SPL (Satuan Peta Lahan) memiliki kriteria kesuburan tanah yaitu Rendah. Semua SPL (Satuan Peta Lahan) tergolong dalam tingkat kesuburan tanah rendah. Upaya perbaikan yaitu dengan pemupukan sesuai dengan dosis dan pengelolaan lahan yang baik..
2. Parameter karakteristik retensi hara yang paling berpengaruh dengan produksi tanaman kopi robusta yaitu C organik tanah dengan nilai korelasi ( $r = 0,518$ ) menunjukkan bahwa semakin tinggi C organik tanah maka diikuti dengan peningkatan produksi tanaman kopi robusta.

### 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian di atas maka penelitian ini memberikan informasi dan saran untuk pemanfaatan lahan di Kecamatan Wagir khususnya untuk pengembangan tanaman kopi Robusta diantaranya sebagai berikut:

1. Perlu dilakukannya usaha perbaikan karakteristik lahan pH tanah dan C-Organik dengan cara pengapuran, pemupukan atau pemberian bahan organik. Pemberian pupuk sebaiknya dilakukan setahun 2 kali, pada awal dan akhir musim hujan.
2. Bagi masyarakat di daerah penelitian agar lebih memperhatikan pengelolaan lahanyang sesuai untuk penggunaan lahan secara tepat.
3. Bagi pemerintah Kecamatan Wagir dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam perencanaan penggunaan lahan serta dapat meningkatkan perekonomian masyarakat dengan budidaya tanaman kopi Robusta dan agar pemerintah bisa membantu masyarakat dalam usaha perbaikan tersebut dengan menyediakan pupuk.

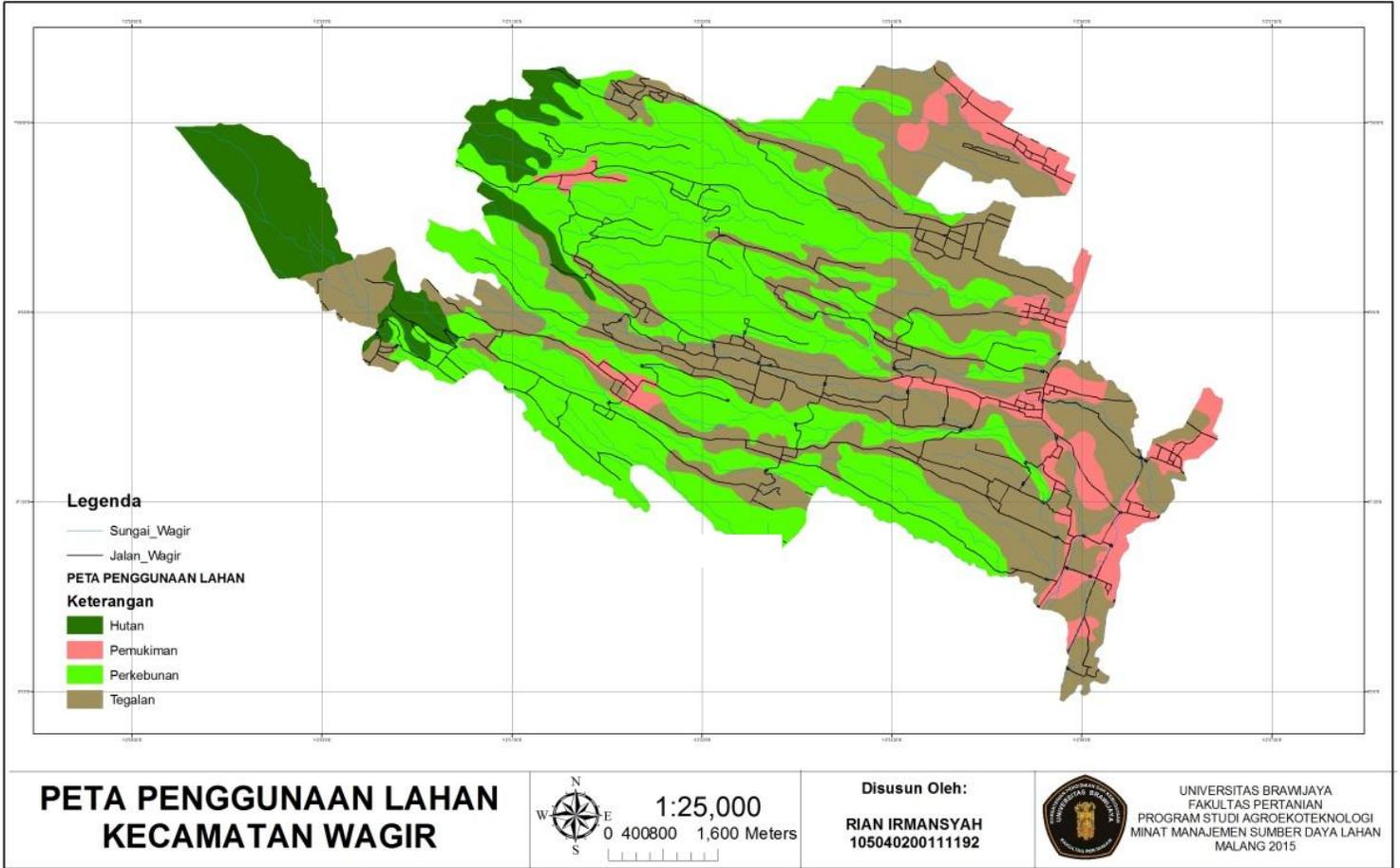
## DAFTAR PUSTAKA

- Anggara, Anies dan Sri Marini. 2011. Kopi Si Hitam Menguntungkan Budidaya dan Pemasaran. Cahaya Atma Pustaka. Yogyakarta
- Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. 2012. Kriteria Kesesuaian Lahan Kopi Robusta. [http://bbsdlp.litbang.deptan.go.id/index.php?Option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=155](http://bbsdlp.litbang.deptan.go.id/index.php?Option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=155). Diakses pada tanggal: 21 November 2014
- Barus B., dan U.S. Wiradisastira, 2000, Sistem Informasi Geografi, Laboratorium Penginderaan Jauh dan Kartografi, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian IPB, Bogor.
- Darlina. 2007. Pengaruh Jenis Bokashi Terhadap Bobot Isi, C-Organik, dan KTK Tanah, serta Hasil Daun The pada Andosols Asal Gambung. <http://www.p4tkipa.org/lihat.php?id=ARTIKEL&hari=UMUM&%20tanggal=1&%20bulan=Pebruari%20&%20oleh=Darlina>. Diakses pada tanggal: 21 November 2014.
- Djaenudin, D., Marwan H., Subagyo H., dan Hidayat A. 2003. Petunjuk Teknis untuk Komoditas Pertanian. Edisi Pertama tahun 2003, ISBN 979-9474-25-6. Balai Penelitian Tanah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor
- FAO. 1976. A Framwork for Land Evaluation. Soil Resources Management and Conservation Service Land and Water Development Division. FAO Soil Bulletin No. 32. FAO-UNO,Rome.
- FAO. 1999. Land Evaluation and Farming System Analysis for Land Use Planning. FAO Working Doc. 3rd Edition. FAO, Rome.
- Gugino, B.K., O.J. Idowu, R.R. Schindelbeck, H.M. van Es, D.W. Wolfe, B.N. Moebius-Clune, J.E. Thies, dan G.S. Abawi. 2009. Cornell soil assessment and training manual. Second Edition Cornell University. College of Agriculture and Life Sciences
- Hairiah, K., S. Rahayu & Berlian (2006). Layanan lingkungan agroforestri berbasis kopi: Cadangan karbon dalam biomasa pohon dan bahan organik tanah (Studi kasus dari Sumberjaya, Lampung Barat). Agrivita 28, 298-309.
- Hardjowigeno, S dan Widiatmaka. 2001. Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tataguna Tanah. Institut Pertanian Bogor. Bogor

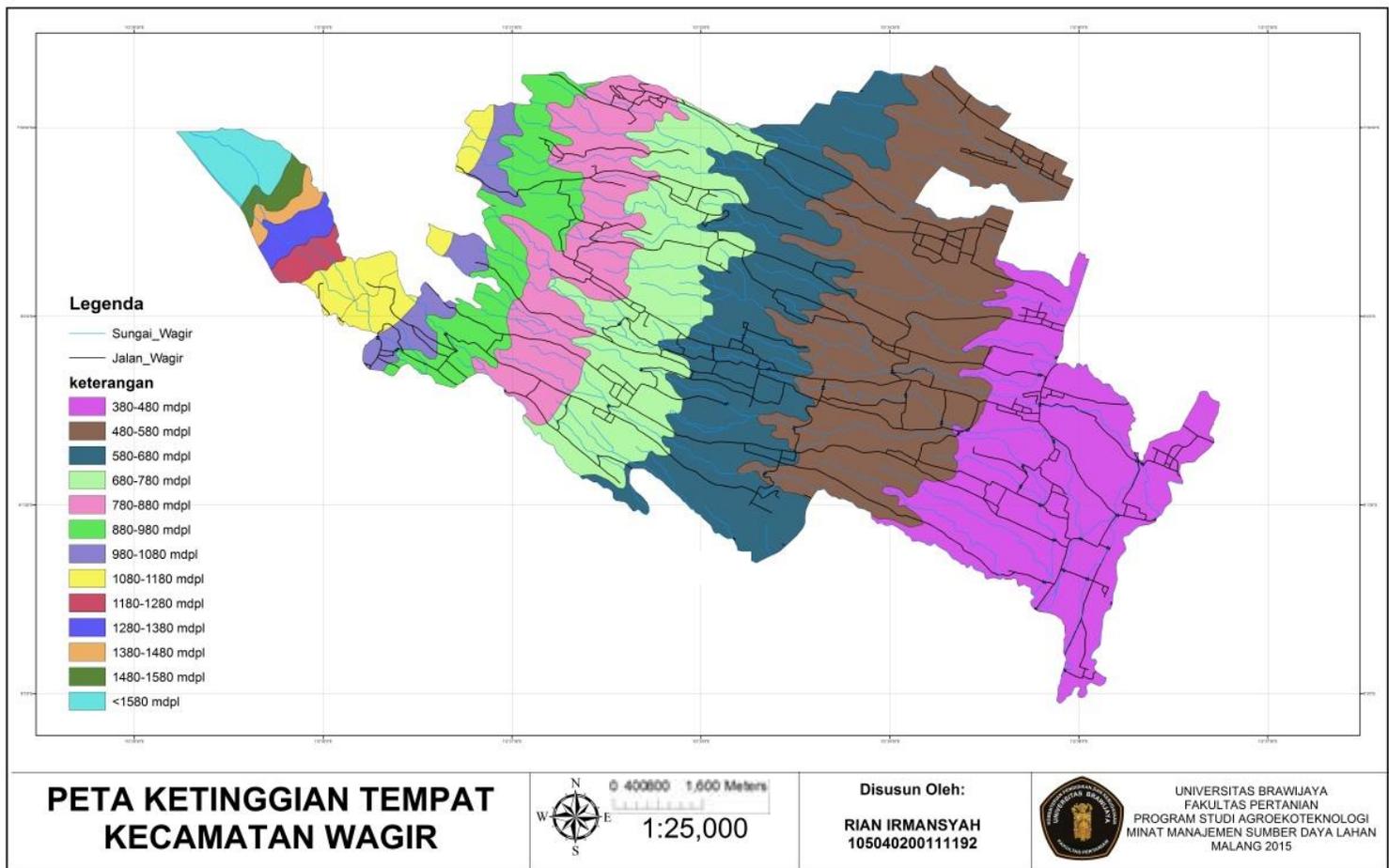
- Hardjowigeno, S. 2003. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Akademik Pressindo, Jakarta.
- Kominfo Jatim. 2011. *Produksi Kopi Jatim 2011 Diprediksi Menurun*. <http://kominfo.jatimprov.go.id/watch/28490>. di akses pada tanggal : 21 November 2014
- Kurnia, E., Rachman A., dan Dariah A. 2004. *Teknologi Konservasi Tanah pada Lahan Kering Berlereng*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor
- Mulyana, Deddy. 2007. *Ilmu Komunikasi: Suatu Pengantar*. Remaja Rosdakarya. Bandung
- Rayes, M. L. 2007. *Metode Inventarisasi Sumberdaya Lahan*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Ritung, S., Wahyunto, Agus, F., dan Hidayat, A. 2007. *Panduan Evaluasi Kesesuaian Lahan dengan Contoh Peta Arahan Penggunaan Lahan Kabupaten Aceh Barat*. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAF), Bogor.
- Rusdiana, A., Rayes, L., dan Soemarno. 1995. *Model Analisis Kesesuaian Lahan untuk Tanaman Apel (Malus sylvestris Mill.) dengan menggunakan Metode LECS; Studi Kasus di Wilayah Kec. Poncokusumo, Kab. Malang*. Dalam *Struktur Sistem Agribisnis Komoditas Buah-buahan Andalan Jawa Timur*. Pusat Penelitian Pembangunan Wilayah Pedesaan.
- Syekhfani. 1997. *Hara-Air-Tanah-Tanaman*. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang
- Stevenson, F. J. 1994. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. 2th ed. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Sys, C. 1993. *Land Evaluation Part III. Agriculture Publication 7. General Administration for Development Cooperation*. Brussel Belgium.
- Tan, K. H. 1995. *Dasar-dasar Kimia Tanah (Terjemahan)*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta

# LAMPIRAN

## Lampiran 1. Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Wagir



### Lampiran 2. Peta Ketinggian Tempat Kecamatan Wagir



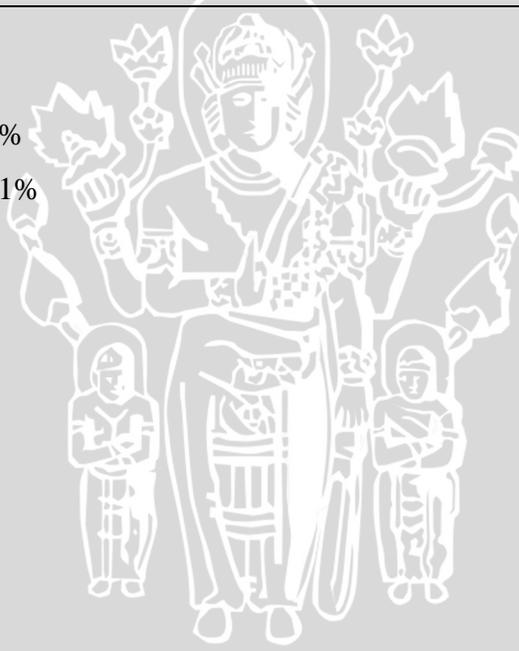
**Lampiran 3. Tabel Korelasi**

	pH (0-30cm)	Corganik (0-30cm)	KTK (0-30cm)	KB (0-30cm)	pH (30-60cm)	Corganik (30-60cm)	KTK (30-60cm)	KB (30-60cm)	produksi
pH (0-30cm)	1								
Corganik (0-30cm)	0.69*	1							
KTK (0-30cm)	0.03	0.51	1						
KB (0-30cm)	0.35	0.01	-0.31	1					
pH (30-60cm)	0.97**	0.60*	-0.08	0.23	1				
Corganik (30-60cm)	0.57*	0.98**	0.54*	-0.01	0.48	1			
KTK (30-60cm)	0.11	0.58*	0.99**	-0.24	-0.01	0.61*	1		
KB (30-60cm)	0.45	0.01	-0.23	0.83**	0.37	-0.02	-0.16	1	
Produksi	0.32	0.51*	-0.24	-0.15	0.38	0.57*	-0.18	-0.20	1

Keterangan :

\* : Berbeda nyata taraf 5%

\*\* : Berbeda nyata taraf 1%



**Lampiran 4. Kriteria Kesesuaian Lahan BBSDLP (2012)****Kopi robusta (*Coffea canephora*)**

Persyaratan penggunaan/ karakteristik lahan	Kelas kesesuaian lahan			
	S1	S2	S3	N
<b>Temperatur (tc)</b>				
Temperatur rerata (°C)	22 - 25	25 - 28	19 - 22 28 - 32	< 19 > 32
<b>Ketersediaan air (wa)</b>				
Curah hujan (mm)	2.000 - 3.000	1.750 - 2.000 3.000 - 3.500	1.500 - 1.750 3.500 - 4.000	< 1.500 > 4.000
Lamanya masa kering (bln)	2 - 3	3 - 5	5 - 6	> 6
Kelembaban udara (%)	45 - 80	80-90; 35-45	> 90; 30-35	< 30
<b>Ketersediaan oksigen (oa)</b>				
Drainase	baik	sedang	agak terhambat, agak cepat	terhambat, sangat terhambat, cepat
<b>Media perakaran (rc)</b>				
Tekstur	halus, agak halus, sedang	-	agak kasar	kasar, sangat halus
Bahan kasar (%)	< 15	15 - 35	35 - 60	> 60
Kedalaman tanah (cm)	> 100	75 - 100	50 - 75	< 50
<b>Gambut:</b>				
Ketebalan (cm)	< 60	60 - 140	140 - 200	> 200
Ketebalan (cm), jika ada sisipan bahan mineral/pengkayaan	< 140	140 - 200	200 - 400	> 400

Kematangan	saprik+	saprik,	hemik,	fibrik
		hemik+	fibrik+	
<b>Retensi hara (nr)</b>				
KTK liat (cmol)	> 16	≤ 16		
Kejenuhan basa (%)	> 20	≤ 20		
pH H <sub>2</sub> O	5,3 - 6,0	6,0 - 6,5	> 6,5	
		5,0 - 5,3	< 5,0	
C-organik (%)	> 0,8	≤ 0,8		
<b>Toksisitas (xc)</b>				
Salinitas (dS/m)	< 1	-	1 - 2	> 2
<b>Sodisitas (xn)</b>				
Alkalinitas/ESP (%)	-	-	-	-
<b>Bahaya sulfidik (xs)</b>				
Kedalaman sulfidik (cm)	> 175	125 - 175	75 - 125	< 75
<b>Bahaya erosi (eh)</b>				
Lereng (%)	< 8	8 - 16	16-30; 16-50	> 30; > 50
Bahaya erosi	sangat rendah	rendah - sedang	Berat	sangat berat
<b>Bahaya banjir (fh)</b>				
Genangan	F0	F0	F1	> F1
<b>Penyiapan lahan (lp)</b>				
Batuan di permukaan (%)	< 5	5 - 15	15 - 40	> 40
Singkap batuan (%)	< 5	5 - 15	15 - 25	> 25