

**ANALISIS SEBARAN KESUBURAN TANAH
DENGAN METODE POTENSIAL DIRI (*SELF POTENTIAL*)
(Studi Kasus Daerah Pertanian Bedengan Malang)**

SKRIPSI

Oleh:
SITI ROHMAH
NIM. 11640031



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2015**

**ANALISIS SEBARAN KESUBURAN TANAH
DENGAN METODE POTENSIAL DIRI (*SELF POTENTIAL*)
(Studi Kasus Daerah Pertanian Bedengan Malang)**

SKRIPSI

**Diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:
SITI ROHMAH
NIM. 11640031**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2015**

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS SEBARAN KESUBURAN TANAH
DENGAN METODE POTENSIAL DIRI (*SELF POTENTIAL*)
(Studi Kasus Daerah Pertanian Bedengan Malang)

SKRIPSI

Oleh:

SITI ROHMAH
NIM. 11640031

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 02 November 2015

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

Ahmad Abtokhi, M.Pd
NIP. 19761003 200312 2 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS SEBARAN KESUBURAN TANAH
DENGAN METODE POTENSIAL DIRI (*SELF POTENTIAL*)
(Studi Kasus Daerah Pertanian Bedengan Malang)

SKRIPSI

Oleh:
SITI ROHMAH
NIM. 11640031

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 20 November 2015

Penguji Utama	: <u>Irjan, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	(.....)
Ketua Penguji	: <u>Novi Avisena, M.Si</u> NIP. 19761109 200604 1 004	(.....)
Sekretaris Penguji	: <u>Drs. Abdul Basid M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	(.....)
Anggota Penguji	: <u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	(.....)

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika

Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN TULISAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : SITI ROHMAH
NIM : 11640031
Jurusan : FISIKA
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Judul Penelitian : Analisis Sebaran Kesuburan Tanah dengan Metode Potensial Diri (*Self Potential*) (Studi Kasus Daerah Pertanian Bedengan Malang)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 09 November 2015
Yang Membuat Pernyataan,

SITI ROHMAH
NIM. 11640031

MOTTO

أَلَمْ نَشْرَحْ لَكَ صَدْرَكَ ۖ وَوَضَعْنَا عَنكَ وِزْرَكَ ۖ
الَّذِي أَنْقَضَ ظَهْرَكَ ۖ وَرَفَعْنَا لَكَ ذِكْرَكَ ۖ
فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۖ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۖ فَإِذَا فَرَغْتَ
فَانصَبْ ۖ وَإِلَىٰ رَبِّكَ فَارْغَبْ ۖ

1. Bukankah kami Telah melapangkan untukmu dadamu?,
2. Dan kami Telah menghilangkan daripadamu bebanmu,
3. Yang memberatkan punggungmu?
4. Dan kami tinggikan bagimu sebutan (nama)mu,
5. Karena Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan,
6. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.
7. Maka apabila kamu Telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain
8. Dan Hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.

*“Dalam kehidupan, ada hal yang akan datang dengan sendirinya,
namun ada juga hal yang perlu diperjuangkan dulu untuk
memperolehnya”*

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini ku persembahkan teruntuk:

- ✚ Belahan jiwaku (**Abdul Latif & Nur Kamilah**), sebagai tanda bakti, hormat dan rasa kasih sayang yang tiada terhingga ku persembahkan karya kecil ini kepada Bapak dan Ibu yang telah memberikan doa, dukungan dan cinta kasih yang tiada mungkin dapat kubalas hanya dengan selembar kertas bertuliskan kata cinta dan persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat Bapak dan Ibu bahagia. Serta ananda **Fina Mawaddah (alm) dan Muhammad Rosgid** yang sangat kakak cintai
- ✚ Keluarga besar MSAA, khususnya kepada seluruh pengasuh ma'had yang saya ta'dzimkan, musyrif/ah MSAA yang sangat saya kagumi pengabdianya. MSAA telah menjadikan kami pribadi yang lebih baik. Tak terlupakan teruntuk embers' family dan Macan Fams yang selalu menghiasi hari-hariku
- ✚ Bapak/Ibu dosen yang telah memberikan ilmunya kepada kami selama ini, semoga Allah SWT memberikan kebaikan dunia dan akhirat untuk beliau-beliau yang kami ta'dzimkan
- ✚ Teman-teman fisika 2011 dan keluarga besar geofisika uin malang (2010-2012) terima kasih atas dukungan dan kebersamaannya selama ini, semoga persahabatan kita tidak berakhir di bangku kuliah
- ✚ Seseorang yang akan menyempurnakan imanku, **M.Mu'tasimillah**, terima kasih atas kasih sayang, perhatian dan kesabaranmu yang telah memberikanku semangat dan inspirasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, semoga engkau pilihan yang terbaik untukku dan masa depanku.

KATA PENGANTAR

AssalamualaikumWr.Wb

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Baginda Rasulullah, Nabi Agung Muhammad SAW serta para keluarga, sahabat, dan pengikut-pengikutnya. Atas Ridho dan Kehendak Allah SWT, Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Analisis Sebaran Kesuburan Tanah dengan Metode Potensial Diri (*Self Potential*) (Studi Kasus Tanah Pertanian Daerah Bedengan Malang)** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan *jazakumullahu ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Raharjo, M.Si selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Erna Hastuti, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika yang telah banyak meluangkan waktu, nasehat dan inspirasinya sehingga dapat melancarkan dalam proses penulisan Skripsi.
4. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya dan memberikan bimbingan, bantuan serta pengarahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Ahmad Abtokhi, M.Pd, selaku dosen pembimbing agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang integrasi Sains dan al-Qur'an serta Hadits.

6. Segenap Dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika, dosen agama, Ustadz/ah PKPBA Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia mengamalkan ilmunya, membimbing dan memberikan pengarahan serta membantu selama proses perkuliahan.
7. Dr. H. Isroqunnajah, M.Ag selaku Mudir Ma.had Sunan Ampel Al-Ali dan seluruh pengasuh Ma'had yang telah membimbing, mendoakan dan memberikan kami kesempatan berharga untuk *ijtihad fi sabilillah*.
8. Kedua orang tua Bapak Abdul Latif dan Ibu Nur Kamilah dan seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, restu, serta doa disetiap langkah penulis.
9. Teman-teman dan para sahabat fisika dan Geofisika 2011 (Nasih, Bahar, Icha, Fika, Zahro, Aji, Nita, Syifa', Ato'u) terima kasih atas kebersamaan dan persahabatan serta pengalaman selama ini. Kakak-kakak Geofisika 2010 terima kasih atas ilmu dan pengalamannya serta adik-adik Geofisika 2012 selamat berjuang dan jangan lupa jaga kekompakkan kalian.
10. Seluruh musyrif/ah MSAA yang sangat penulis kagumi, terima kasih atas kebersamaannya dalam mengabdikan di MSAA yang senantiasa mewarnai hari-hari dengan *ijtihad fillah*, serta Macan fams (dek rosita, dek uud, dek faza, dek ima, dek anna, dek maya, dek hesty) teruskan pengabdian antum semua di MSAA.
11. Untuk seseorang yang akan menemaniku di masa depan, terima kasih atas keikhlasan doa dan dukungan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat, tambahan ilmu dan dapat menjadikan inspirasi kepada para pembaca *Amin Ya Rabbal 'Alamin*.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Malang, 19 Oktober 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Masalah	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tanah dalam Perspektif Al-Qur'an	7
2.2 Tanah dan Ekosistem	9
2.3 Komponen Tanah	11
2.3.1 Komponen Mineral	11
2.3.2 Komponen Organik	12
2.3.3 Komponen Air Tanah	13
2.3.4 Udara Tanah	15
2.4 Kesuburan Tanah	16
2.4.1 Pengertian Kesuburan Tanah	16
2.4.1.1 Kesuburan Fisika	19
2.4.1.2 Kesuburan Kimia	27
2.4.1.3 Kesuburan Biologi	35
2.5 Dasar-Dasar Kesuburan Tanah	38
2.5.1 Unsur Hara Tanaman	38
2.5.1.1 Unsur Hara Makro	39
2.5.1.2 Unsur Hara Mikro	41
2.5.2 Siklus Unsur Hara	43
2.5.3 Faktor yang Mempengaruhi Unsur Hara Tanah	44
2.6 Deskripsi Daerah Penelitian	46
2.6.1 Geografis Wilayah	46
2.6.2 Tinjauan Geologi	47
2.7 Metode Self Potensial (SP)	50
2.7.1 Potensi Diri Alam	54
2.7.2 Potensial Elektrokinetik	55
2.7.3 Potensial Difusi	58
2.7.4 Potensial Nernst	58
2.7.5 Potensial Mineralisasi	59

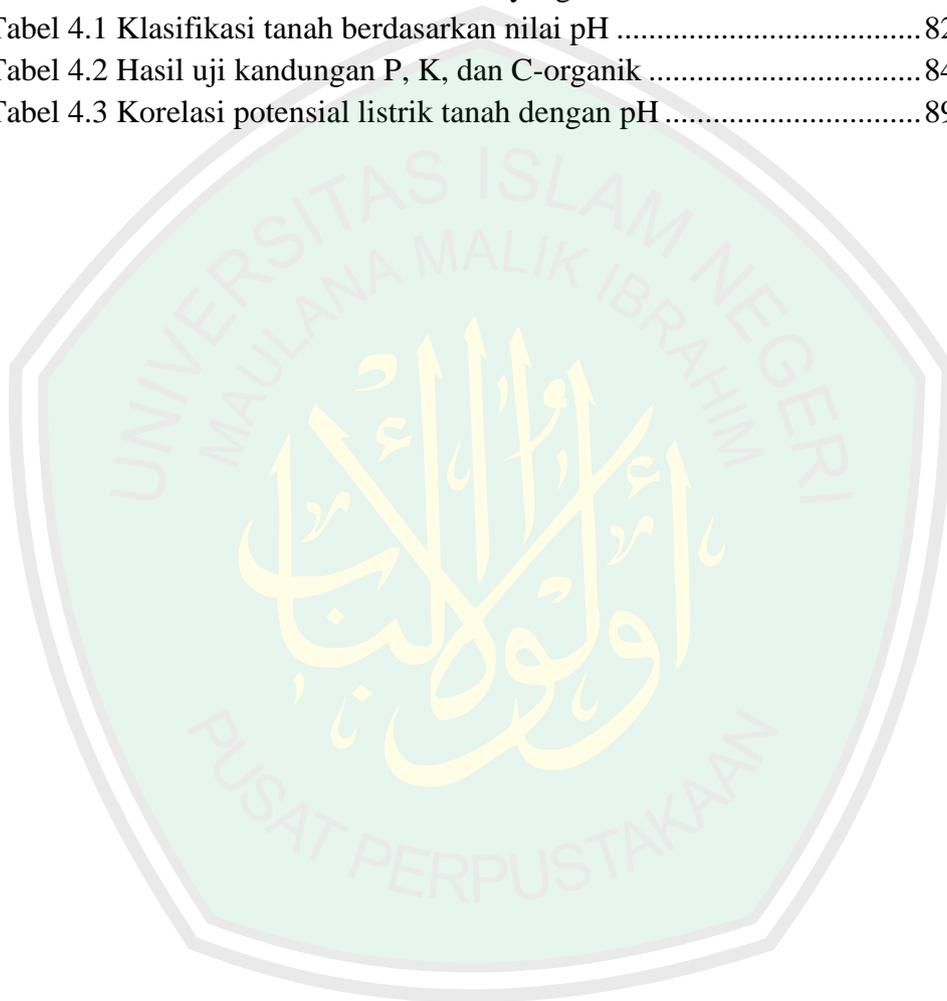
2.8 Mekanisme Potensial Diri Pada Daerah Mineralisasi	60
2.9 Komponen Data Potensial Diri	61
2.10 Karakter Tanah dan Aliran Fluida dalam Media Berpori	62
BAB III METODE PENELITIAN	64
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	64
3.2 Alat dan Bahan	65
3.3 Prosedur Penelitian.....	66
3.4 Metode Penelitian.....	67
3.4.1 Pengambilan Data Potensial Diri	67
3.4.2 Pengambilan Sampel Tanah	68
3.4.3 Cara Kerja Penetapan pH Tanah	68
3.4.4 Uji Tanah Kering	69
3.4.4.1 Penetapan Hara P Tanah pada Lahan Kering	69
3.4.4.2 Penetapan Hara K Tanah pada Lahan Kering	70
3.4.4.3 Penetapan pH Tanah dan Kebutuhan Kapur.....	70
3.4.4.4 Penetapan Hara C Tanah pada Lahan Kering.....	71
3.5 Pengolahan Data Potensial Diri	71
3.6 Interpretasi Data	73
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	74
4.1 Data Hasil Pengamatan	74
4.2 Pembahasan.....	74
4.2.1 Sebaran Nilai Potensial Listrik Tanah	75
4.2.2 Estimasi Sebaran Tanah Subur dari Nilai Potensial Listrik Tanah	79
4.2.3 Sebaran Nilai pH Tanah	80
4.2.4 Estimasi Sebaran Tanah Subur dari Nilai pH	81
4.2.5 Estimasi Sebaran Kandungan P-tersedia, K-tersedia, dan C-organik Tanah	83
4.2.5.1 Kandungan P-tersedia Tanah.....	84
4.2.5.2 Kandungan K-tersedia Tanah	86
4.2.5.3 Kandungan C-organik Tanah.....	88
4.3 Hubungan Nilai Potensial Listrik Tanah dengan Kandungan Unsur Hara Terhadap Kesuburan Tanah.....	89
4.5 Kesuburan Tanah dalam Perspektif Al-Qur'an.....	93
BAB V PENUTUP	97
5.1 Kesimpulan	97
5.2 Saran.....	97
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komposisi Tanah yang Ideal.....	12
Gambar 2.2 Komponen Bahan Organik.....	13
Gambar 2.3 Segitiga Tekstur	21
Gambar 2.4 Daerah Penelitian	47
Gambar 2.5 Amplitudo Potensial dan Gradien Potensial.....	52
Gambar 2.6 Komponen Alat SP.....	54
Gambar 2.7 Tipe Anomali dan Sumbernya	54
Gambar 2.8 Potensial Elektroknetik (PE).....	57
Gambar 2.9 Mekanisme Polarisasi pada Tubuh Mineral	61
Gambar 3.1 Profil Daerah Penelitian	64
Gambar 3.2 Profil Daerah Pertanian Bedengan Malang	64
Gambar 3.3 Alur Penelitian Dengan Metode Potensial Diri.....	67
Gambar 3.4 Pengukuran Potensial Diri Gradien Potensial	68
Gambar 3.5 Denah Lokasi Penelitian dan Sebaran Datum Point.....	68
Gambar 4.1 Distribusi nilai potensial listrik tanah dengan jarak pengukuran 5m.....	75
Gambar 4.2 Irisan A-A' pada kontur sebaran nilai potensial listrik tanah.....	76
Gambar 4.3 Profil penampang peta isopotensial lapangan pada irisan A-A'	76
Gambar 4.4 Irisan B-B' pada kontur sebaran nilai potensial listrik tanah	77
Gambar 4.5 Profil penampang peta isopotensial lapangan pada irisan B-B'	77
Gambar 4.6 Irisan C-C' pada kontur sebaran nilai potensial listrik tanah	78
Gambar 4.7 Profil penampang peta isopotensial lapangan pada irisan C-C'	78
Gambar 4.8 Pola sebaran nilai pH tanah pada kedalaman 30 cm	80
Gambar 4.9 Grafik hubungan potensial listrik tanah terhadap pH.....	90

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Udara Atmosfer dan Tanah.....	16
Tabel 2.2 Klasifikasi Tekstur Tanah	20
Tabel 2.3 Pengaruh Jenis Tanah dengan Resistivitas Tanah.....	26
Tabel 2.4 Klasifikasi pH Berdasarkan Sol Survei.....	29
Tabel 2.5 Koloid Tanah.....	30
Tabel 2.6 Jumlah Biomassa Pada Tanah yang Subur	35
Tabel 4.1 Klasifikasi tanah berdasarkan nilai pH	82
Tabel 4.2 Hasil uji kandungan P, K, dan C-organik	84
Tabel 4.3 Korelasi potensial listrik tanah dengan pH.....	89



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Potensial Listrik Tanah

Lampiran 2 Sebaran Nilai pH disetiap Titik Pengukuran

Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian



ABSTRAK

Siti Rohmah. 2015. **Analisis Sebaran Kesuburan Tanah dengan Metode Potensial Diri (*Self Potential*) (Studi Kasus Daerah Pertanian Bedengan Malang)**. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
Pembimbing: (I) Drs. Abdul Basid, M.Si , (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd

Kata Kunci: Potensial Listrik Tanah, pH, Kesuburan Tanah

Maraknya industrialisasi dan alih fungsi lahan memicu penurunan tingkat produktivitas pertanian. Salah satu faktornya adalah kualitas tanah yang rendah, pengelolaan dan pemeliharaan tanah yang kurang baik sehingga mempengaruhi kesuburan tanah. Dilakukan berbagai upaya untuk meningkatkan produktivitas pertanian, diantaranya dengan mengetahui pola sebaran tanah subur sehingga dapat memberikan hasil panen yang optimal.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi tentang sebaran tanah subur dan pola pertanian yang baik salah satunya dengan metode potensial diri (*self potential*) dengan konfigurasi *gradien potensial* (menggunakan dua buah elektroda yang dipindahkan dengan jarak yang tetap). Interpretasi dilakukan dengan software *surfer11* untuk mengetahui anomali sebaran nilai potensial listrik tanah daerah penelitian dan dikontrol dengan uji tanah kering untuk mengetahui kadar Fosfor (P), Kalium (K), C-Organik serta pH.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki sebaran nilai potensial listrik tanah yang bervariasi berkisar antara -18 mV sampai 26 mV dan untuk zona konduktif dengan nilai potensial listrik tanah berkisar antara -2 mV sampai dengan -20 mV berada pada pH antara 5,6 - 6,2. Uji kadar P, K, dan C-organik menunjukkan status rendah dengan karakteristik tanah asam sedang. Semakin besar pH menunjukkan rendahnya potensial listrik tanah yang terukur (negatif), dan sebaliknya untuk pH rendah menunjukkan besarnya potensial listrik tanah yang terukur (positif). Keadaan ini menyebabkan tingkat konduktifitas tanah menurun.

ABSTRACT

Siti Rohmah. 2015. **Distribution of Soil Fertility Analysis with Self Potential Method. (Case Study of Regional Agriculture at Bedengan Malang)** Thesis. Physics Department Faculty of Science and Technology of the State Islamic University Maulana Malik Ibrahim Malang.
Adviser : (I) Drs. Abdul Basid, M.Si, (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd

Keyword : Electric Potentialsoil, pH, Soil Fertility

The rise of industrialization and land conversion trigger a decline in agricultural productivity. One factor is the low soil quality, management and maintenance of soil unfavorable thus affecting soil fertility. Made various efforts to increase agricultural productivity, such as by knowing the distribution pattern of arable land so as to provide optimal yields.

This study aimed to obtain information about the distribution of arable land and agricultural patterns are either one of them with a potential method of self (self potential) with a potential gradient configuration (using two electrodes are moved by a fixed distance). Interpretation is done by software surfer11 to determine the anomalous distribution of electric potential value of the land area of research and controlled with dry soil test to determine levels of phosphorus (P), Kalium (K), C-Organic and pH.

The results showed that the study area has a distribution of electric potential value of the land ranges from -18 mV to 26 mV and for conductive zones with electric potential value of land ranging between -2 mV to -18 mV is at a pH between 5.6 to 6.2. Test levels of P, K, and C-organic indicate a low status to the characteristics of the soil was acidic. The greater the pH indicates a low electric potential measured ground (negative), and vice versa for low pH indicates the magnitude of the measure delectrical potential ground (positive). This situation causes the level of the soil conductivity decreases.

الملخص

ستي رحمة، ٢٠١٥. تحليل وسعة خصوبة الأرض بمنهج الجهد الذاتي (self potential) (دراسة حالة في منطقة بيدينجان بمالانج)، بحث الجامعي، قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج.
تحت إشراف: الدكتور عبد البسيط الماجستير، أحمد أبطاخي الماجستير.

الكلمات الأساسية: محتمل كهرباء الأرض، ف حا، خصوبة الأرض.

أكثر التصنيع وانتقال فائدة الأرض يسبب إلى انخفاض إنتاجية الزراعة. أحد عنصورها انخفاض جودة الأرض، إدارة ورعاية الأرض السيئة يؤثر إلى خصوبة الأرض. حتى قام بشتى الحالات لارتفاع إنتاجية الزراعة، منها بمعرفة أسلوب وسعة الأرض الخصبة حتى يعطي نتيجة الحصد الأحسن. يهدف هذا البحث إلى تسليم البيانات عن وسعة الأرض الخصبة وأسلوب الزراعة الجيدة. أحدها باستخدام منهج الجهد الذاتي بصورة جراديان المحتمل (استخدام ايليكترودان المنقولان بمسافة ثابتة). وقام التفسير بسوفوير سورفير الحادي عشر لمعرفة انحراف وسعة نتيجة محتمل كهرباء الأرض في المنطقة التي قام به هذا البحث، والمراقبة باختبار الأرض القاحلة لمعرفة مقياس فوسفور (ف)، كالسيوم (ك)، ج-عضوي و ف حا (pH).

نتيجة هذا البحث يدل على أن المنطقة التي قام بها البحث تمتلك وسعة نتيجة محتمل كهرباء الأرض قدر -١٨ م ف حتى ٢٦ م ف والولاية الايصالية بنتيجة محتمل كهرباء الأرض تقارب إلى -٢ م ف حتى -١٨ م ف وقع في ف حا (pH) بين ٥,٦-٦,٢. اختبار مقياس ف، ك، وج-عضوي يدل على الانخفاض بخصائص الأرض الحامضة المتوسطة. و زيادة أكبر ف حا يدل على خفض محتمل كهرباء الأرض الملموس (سليبي)، والعكس، أن خفضة ف حا يدل على أكبر محتمل كهرباء الأرض الملموس (ايجابي). وهذه الأحوال يسبب إلى نقص موصلية الأرض.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris dan sebagian besar penduduknya bermata pencaharian di bidang pertanian. Secara geografis negara Indonesia sangat strategis dan menguntungkan karena kondisi alam yang mendukung, hamparan lahan yang luas, keragaman hayati yang melimpah, serta beriklim tropis dengan sinar matahari terjadi sepanjang tahun sehingga bisa menanam sepanjang tahun. Realita sumber daya alam seperti ini seharusnya mampu membangkitkan Indonesia menjadi negara yang makmur, tercukupi semua kebutuhan pangan warganya. Meskipun belum terpenuhi, pertanian menjadi salah satu sektor riil yang memiliki peran nyata dalam membantu penghasilan devisa negara. Salah satu faktor penyebabnya adalah tingkat kualitas pertanian yang kurang baik, hal ini terjadi baik dikarenakan kualitas tanah yang rendah atau pengelolaan dan pemeliharaan tanah yang kurang baik. Sehingga tingkat kesuburan tanah dan produktivitasnya akan menurun.

Semakin maraknya industrialisasi dan alih fungsi lahan pertanian menjadi pemicu utama merosotnya pertanian Indonesia yang menjadi sumber penghidupan 49% warga negara, oleh karena itu perlu dilakukan observasi kesuburan tanah terutama uji kualitas tanah, maupun penentuan posisi dan batas tanah yang subur. Hasil observasi ini diharapkan dapat memperoleh pola pertanian yang tepat dan baik serta memberikan hasil panen yang optimal. Allah SWT berfirman dalam surat Al-A'raf ayat 58:

وَالْبَدُ الطَّيِّبُ تَخْرُجُ نَبَاتُهُ بِإِذْنِ رَبِّهِ ۗ وَالَّذِي خَبثَ لَا تَخْرُجُ إِلَّا نَكْدًا ۚ
 كَذَلِكَ نَصْرَفُ الْأَيَّاتِ لِقَوْمٍ يَشْكُرُونَ ﴿٥٨﴾

“Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seizin Allah; dan tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya hanya tumbuh merana. Demikianlah Kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (Kami) bagi orang-orang yang bersyukur” (Q.S. Al-A’raaf: 58).

Ayat tersebut menjelaskan salah satu nikmat Allah SWT yang berupa tanah (lahan). Secara umum, lahan diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu lahan subur dan lahan yang tidak subur. Pengklasifikasian ini berdasarkan kualitas dan kemampuan tanah sebagai media tumbuh dan kembang tanaman, hal ini berkaitan dengan kandungan mineral-mineral tanah yang dapat menyuburkan tanaman serta produktivitas tanah. Kualitas tanah adalah kapasitas tanah yang berfungsi mempertahankan produktivitas tanaman, mempertahankan dan menjaga ketersediaan air serta mendukung kegiatan manusia. Kualitas tanah yang semakin membaik akan mendukung fungsi tanah sebagai media pertumbuhan tanaman, mengatur dan membagi aliran air dan menjaga lingkungan menjadi baik pula (Primadani, 2008). Sifat fisik tanah yang terkait sebagai indikator kualitas tanah adalah tekstur tanah, kedalaman atasan dan perekahan, berat volume dan infiltrasi serta kapasitas menahan air (Purwanto, 2002).

Salah satu metode untuk mengetahui kualitas dan kuantitas kesuburan tanah adalah metode geofisika. Geofisika bisa didefinisikan secara umum yaitu aplikasi prinsip-prinsip fisika untuk mempelajari bumi (Reynolds, 2005). Dalam pertanian, survei geofisika difokuskan pada kedalaman nol sampai dua setengah meter dibawah permukaan untuk investigasi ketebalan soil (tanah yang subur) dan

tingkat kesuburannya itu sendiri (Allred dkk, 2008). Selain itu, metode ini dalam surveinya tidak memerlukan waktu yang lama, murah dan tidak merusak tanah pertanian itu sendiri maupun lingkungan di sekitarnya. Metode potensial diri (*self potential*) adalah metode yang sederhana secara operasional untuk mengumpulkan informasi medan listrik alami yang berada di bawah permukaan bumi. Pada metode ini tidak ada arus listrik yang diinjeksikan ke bawah permukaan bumi tetapi memanfaatkan kandungan ion pada air yang mengalir dalam soil dan perbedaan konsentrasi ion yang terlarut dalam air pada soil serta interaksi elektrokimia antara mineral batuan dengan ion yang terkandung dalam air pada soil.

Prinsip kerja pada metode potensial diri yaitu dengan memanfaatkan empat elektroda, dimana dua elektroda dihubungkan dengan voltmeter melalui kabel sebagai base (elektroda tetap), dan elektroda lainnya dihubungkan dengan voltmeter sebagai rover (elektroda bergerak). Rover dipindah ke titik-titik pengukuran secara berurutan sepanjang lintasan yang telah ditentukan dengan jarak perpindahan elektroda konstan, sehingga panjang lintasan akan mempengaruhi besarnya nilai rover.

Kartini dan Harwono (2005), dalam penelitiannya tentang estimasi penyebaran polutan dengan metode *self potential* menggunakan konfigurasi elektroda tetap, interpretasi dilakukan secara vertikal dan horisontal. Interpretasi secara vertikal dengan menggunakan pendekatan model lempeng miring dan dikontrol dengan analisis sampel air. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa penyebaran polutan terdapat pada kedalaman ujung atas antara (8,48-12,28) m dan

kedalaman ujung bawah antara (14,80-21,34) m dan penyebaran polutan sudah menyeluruh pada daerah penelitian. Menurut Aji (2015), dalam penelitiannya tentang aplikasi metode geolistrik resistivitas 2D untuk identifikasi kesuburan tanah, menyatakan bahwa tanah yang subur diindikasikan dengan tingginya nilai resistivitas tanah (konduktivitas rendah) yang terletak pada kedalaman 1m dengan nilai resistivitas 20-95 Ω m dan untuk kedalaman 2m dengan nilai resistivitas 16-76 Ω m dan zona tersebut mempunyai kandungan (pH, P, K, dan C-organik) yang rendah.

Daerah pertanian bedengan Kabupaten Malang merupakan daerah pertanian dengan sistem perladangan. Komunitas tanaman yang ditanam adalah mulai dari kacang-kacangan, sayur-sayuran dan jahe-jahean. Secara geologi daerah pertanian Bedengan merupakan formasi Batuan Gunung api Penanggungan dan Batuan Gunung Api Panderman. Di permukaan didominasi oleh sebaran breksi gunung api, lava dan breksi tufaan dengan sisipan tufa dan aglomerat. Secara umum tanah didaerah tersebut berbentuk butir halus dan kasar serta berwarna keabuan. Pada umumnya tanah latosol mempunyai kadar unsur hara dan organiknya cukup rendah. Kandungan bahan organiknya berkisar antara 3-9% tapi biasanya sekitar 5% saja. Reaksi tanah berkisar antara pH 4,5-6,5 yaitu dari asam sampai agak asam. Latosol adalah tanah yang mengalami pelapukan dan pencucian yang intensif, adanya diferensiasi horizon yang tidak jelas, kandungan hara dan mineral rendah, pH dan kandungan bahan organik rendah. Dengan kata lain latosol pada umumnya mempunyai sifat fisik baik namun kimianya kurang baik (Dudal dan Soepraptohardjo, 1957).

Berdasarkan penjelasan diatas, maka dilakukan penelitian tentang **“Analisis Sebaran Kesuburan Tanah dengan Metode Potensial Diri (*self potential*) (Studi Kasus Daerah Pertanian Bedengan Malang)”** yang bertujuan untuk mengetahui pola sebaran tanah subur berdasarkan nilai potensial listrik tanah dan mengetahui hubungan nilai potensial listrik tanah terhadap pH tanah.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pola sebaran tanah yang subur didaerah pertanian bedengan Malang dengan metode potensial diri (*self potential*).
2. Bagaimana pola sebaran nilai pH dan kandungan P, K, dan C-organik didaerah pertanian bedengan Malang.
3. Bagaimana hubungan nilai potensial listrik tanah terhadap pH tanah didaerah pertanian bedengan Malang.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pola sebaran tanah yang subur didaerah pertanian bedengan Malang dengan metode potensial diri (*self potential*)
2. Mengetahui pola sebaran nilai pH dan kandungan P, K, dan C-organik didaerah pertanian bedengan Malang.
3. Mengetahui hubungan nilai potensial listrik tanah terhadap pH tanah didaerah pertanian bedengan Malang

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi kepada masyarakat terkait pola sebaran tanah yang subur dan kualitas kesuburan tanah didaerah pertanian bedengan Malang
2. Berdasarkan informasi tersebut para petani dapat melakukan upaya pengelolaan tanah dengan lebih baik sehingga produktivitas tanah dapat terjaga serta informasi ini diperuntukkan bagi pihak-pihak yang membutuhkan terkait pertanian.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini dilakukan pada daerah pertanian bedengan (sistem perladangan) dengan luas 100m
2. Metode yang digunakan adalah potensial diri (*self potential*)
3. Pengolahan data potensial listrik tanah menggunakan software *surfer11*

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah dalam Perspektif Al-Qur'an

Didalam al-Qur'an surat At-Thariq (86): 12 dijelaskan fungsi tanah serta komponen tanah, sebagai berikut:

وَالْأَرْضِ ذَاتِ الصَّدَعِ ﴿١٢﴾

“Dan bumi yang mempunyai tumbuh-tumbuhan,” (QS. At-Thariq [86]:12).

Menurut para ulama klasik sumpah al-Qur'an di dalam ayat tersebut memiliki arti tanah yang bercelah (membelah) agar tumbuh-tumbuhan bisa tumbuh dengan baik. Jika makna kata *ارض* di dalam al-Qur'an mencakup tanah yang menutupi bebatuan daratan, massa daratan yang kita huni, maka sumpah al-Qur'an di dalam ayat tersebut mempunyai arti sebagai berikut, secara bahasa, kata *صدع* mempunyai arti pecah di dalam tanah, yaitu bumi bergerak di dua sisi levelnya lalu berbentuk kurva atau vertikal miring. Tanah biasanya terdiri dari mineral tanah liat yang bercampur atau tidak bercampur dengan pasir dan mineral berbutir halus (diameternya kurang dari 0,004 mm). Pada dasarnya terbentuk dari silikat alumunium berbentuk rembesan timbal balik antara silikat dioksida dan alumina dengan sejumlah unsur lain. Bagian atas permukaannya bermuatan listrik positif atau sesuai dengan jenis tanah litanya (El-Naggar, 2010).

Bergetarnya tanaman karena disirami air mempunyai beberapa sebab selain penambahan bobotnya karena hidrasi, diantara sebabnya adalah terdapat muatan listrik yang serupa diatas permukaan butiran yang berakibat ketidak

harmonisan dan saling menjauh sesamanya di dalam gerak getaran hanya bisa dihentikan dengan kesetaraan muatan listrik itu melalui muatan yang berbeda akibat ionisasi zat garam tanah di dalam pengairan. Maka terjadi pertukaran antar berbagai ion di permukaan molekul tanah dan ion yang tersebar di dalam air yang tersimpan diantaranya agar tumbuh-tumbuhan dapat memanfaatkan ion unsur yang memberinya gizi di dalam tanah setelah penguraiannya melalui enzim tertentu yang dikeluarkan akar bibit mendorong ke bawah. Jika tidak karena karakteristik rengkahan tanah ketika hujan turun atau pengairan, tentu bumi tidak akan pernah ditumbuhi. Demikian kita pahami salah satu bentuk sumpah al-Qur'an "*Demi bumi yang memiliki celah-celah (rengkahan)*", sangat jelas urgensinya yang besar di dalam penyuburan bumi agar cocok bagi kehidupan.

Tanah produktif merupakan tanah dengan nutrisi yang baik serta saling berinteraksi di dalam sistemnya. Allah SWT menciptakan alam semesta dalam keadaan yang seimbang, saling berinteraksi dan sesuai pada kadarnya, mengalami evolusi karena mencari keseimbangan secara makro dan mikro. Semua proses itu dapat dipelajari manusia melalui tanda-tanda yang telah tertulis dalam firman-Nya, sesuai dengan firman Allah SWT dalam surat az-Zumar ayat 21:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنْبِيعَ فِي الْأَرْضِ ثُمَّ يُخْرِجُ بِهِ زَرْعًا مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهُ ثُمَّ يَهِيَجُ فَتَرَهُ مُصْفَرًّا ثُمَّ يَجْعَلُهُ حُطَمًا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَذِكْرًا لِأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿٢١﴾

“Apakah kamu tidak memperhatikan, bahwa Sesungguhnya Allah menurunkan air dari langit, Maka diaturnya menjadi sumber-sumber air di bumi Kemudian ditumbuhkan-Nya dengan air itu tanam-tanaman yang bermacam-macam warnanya, lalu menjadi kering lalu kamu melihatnya kekuning-kuningan,

Kemudian dijadikan-Nya hancur berderai-derai. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal” (QS. az-Zumar [39]:21).

2.2 Tanah dan Ekosistem

Secara umum, tanah didefinisikan sebagai bahan lepas yang tersusun dari batuan yang telah melapuk, mineral lainnya, dan bahan organik yang telah melapuk dan menyelimuti sebagian besar permukaan bumi (Handayanto,1988). Dalam konteks pertanian, tanah merupakan media penyangga pertumbuhan tanaman dan media yang dapat diolah. Terdapat dua pengertian umum untuk menjabarkan tanah, yaitu:

a) Profil tanah

Profil tanah didefinisikan sebagai permukaan vertikal suatu tanah yang dapat diekspos, misalnya dengan menggali lubang (pit) atau pada tebing-tebing jalan. Profil tanah meliputi lapisan (horizon) dan permukaan sampai ke bahan induk. Di dalam profil tanah terdapat bagian tanah yang mengandung akar tanaman atau yang dipengaruhi oleh akar tanaman yang disebut *solum*.

b) Pedon

Pedon didefinisikan sebagai volume terkecil yang dapat disebut suatu tanah. Titik pokok dari definisi ini adalah tanah mempunyai tiga dimensi, yaitu mempunyai perluasan lateral maupun dua dimensi yang terlihat dalam permukaan vertikal.

Jadi suatu pedon adalah irisan vertikal dari suatu profil tanah dengan ketebalan dan lebar yang cukup untuk menjabarkan semua karakteristik tiap horizon.

Suatu ekosistem (sistem ekologi) didefinisikan sebagai suatu komunitas organisme yang berinteraksi dan lingkungannya yang berfungsi sebagai satuan yang mandiri. Suatu pencirian ekosistem selalu mengarah kepada struktur dan fungsi ekosistem. Pencirian struktur suatu ekosistem melibatkan studi tentang jumlah dan macam organisme yang ada serta pola hubungannya. Dalam pencirian ini diperlukan suatu pengetahuan tentang jumlah dan penyebaran zat-zat organik yang berda di dalam sistem. Pengkajian proses fungsional menyangkut penangkapan dan peralihan energi serta pengambilan dan peredaran unsur hara dan air. Fungsi biasanya dinyatakan dalam kecepatan proses-proses tersebut berlangsung, yaitu kecepatan energi dan bahan-bahan yang memasuki dan meninggalkan sistemnya, kecepatan perubahan energi dan bahan diedarkan atau disediakan di dalam suatu ekosistem. Sifat tanah yang berkaitan dengan manfaat tanah dalam ekosistem adalah:

- a) Penyediaan air, unsur hara dan sebagai tempat bertumpu tanaman
- b) Habitat mikroorganisme perombak yang berperan dalam siklus karbon dan unsur hara
- c) Penyangga perubahan suhu dan aliran air, antara atmosfer dan air tanah

- d) Karena mempunyai sifat pertukaran kation, berperan sebagai penyangga pH dan penahan unsur hara agar terhindar dari pencucian atau penguapan.

2.3 Komponen Tanah

Tanah terbentuk dari percampuran komponen penyusun tanah yang bersifat heterogen dan beraneka (Gambar 2.1). Ada 4 (empat) komponen utama penyusun tanah yang tidak dapat dipisahkan dengan pengamatan mata telanjang. Komponen tanah tersebut diklasifikasikan menjadi tiga fase, sebagai berikut (Sutanto, 2005: 22):

- a) fase padat : bahan mineral dan bahan organik
- b) fase cair : lengas tanah dan air tanah
- c) fase gas : udara tanah

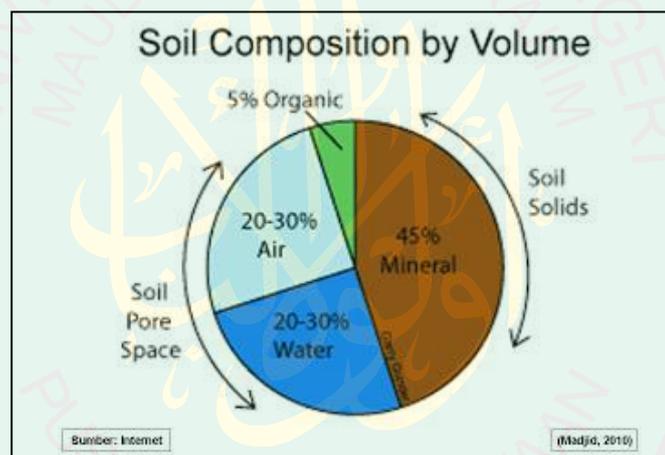
2.3.1 Komponen Mineral

Bahan mineral bersal dari pelapukan batuan, oleh karena itu komposisi mineral di dalam tanah berbeda-beda sesuai dengan komposisi batuan yang melapuk. Secara geologis, terdapat tiga batuan yaitu, batuan beku, batuan endapan, dan batuan malihan. Mineral tanah berasal dari hasil pelapukan bahan induk tanah (berupa batuan baik yang terkonsolidasi maupun yang tidak terkonsolidasi setelah mengalami proses pelapukan). Berdasarkan sifatnya mineral diklasifikasikan atas: mineral primer dan mineral sekunder (hasil pembentukan baru).

Komponen mineral tersusun dari unsur-unsur yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman. Beberapa jenis mineral yang sering dijumpai di dalam

tanah dan kandungan unsur yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman antara lain: kwarsa (S), amfibol (Ca, Mg, Fe, Na), kalsit (Ca), dolomit (Ca, Mg), olivin (Mg, Fe) feldspar-ortoklas (K), feldspar-plagioklas (Na, Ca), apatit (P), mika-muskovit (K), mika-biotit (Mg, Fe) dan leusit (K).

Berdasarkan ukuran diameternya, bahan mineral dapat dipisahkan menjadi pasir (sand), debu (silt) dan liat (clay). Bahan mineral yang berada dalam fraksi liat terdiri dari mineral liat kristalin, sisa pelapukan mineral primer dan bahan-bahan amorf lainnya termasuk silikat, oksida besi dan oksida aluminium.



Gambar 2.1 Komposisi tanah yang ideal (% volume) (Sutanto.2005)

2.3.2 Komponen Organik

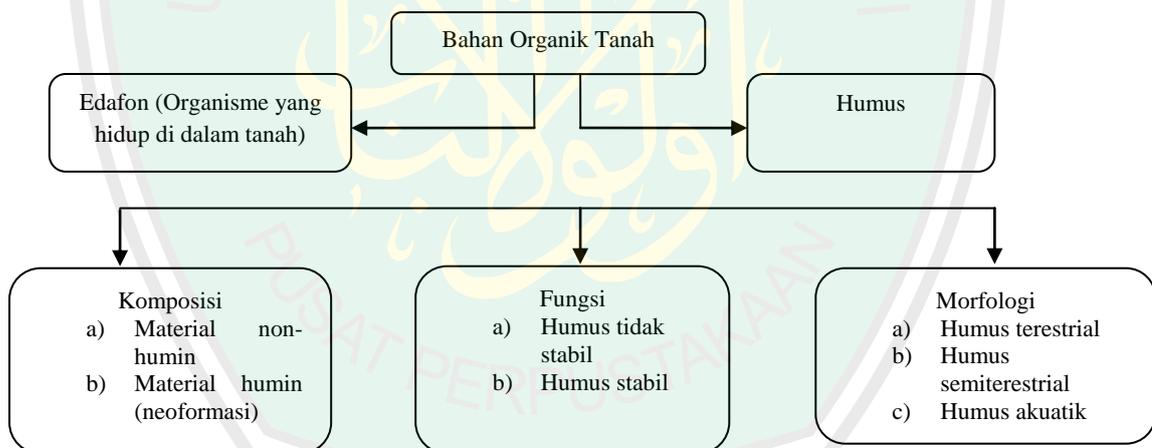
Bahan organik umumnya dijumpai dipermukaan tanah dengan jumlah hanya sekitar 3-5 %. Fungsi bahan organik di dalam tanah adalah:

- a) Sebagai granulator yang membentuk struktur tanah
- b) Sebagai sumber unsur hara (N, P, dan S)
- c) Menambah kemampuan tanah untuk menahan air
- d) Menambah kemampuan tanah untuk menahan unsur hara

e) Sebagai sumber energi bagi mikroorganisme tanah.

Bahan organik tanah (Gambar 2.2) terbentuk dari jasad hidup tanah yang terdiri atas flora dan fauna, perakaran tanaman yang hidup dan mati yang sebagian terdekomposisi dan mengalami modifikasi, serta hasil sintesis baru yang berasal dari tanaman dan hewan. Berdasarkan definisi konvensional bahan organik, bahan tanaman yang kasar (diameter > 2cm) atau vertebrata tidak termasuk di dalamnya.

Humus merupakan bahan organik tanah yang sudah mengalami perubahan bentuk dan bercampur dengan bahan mineral tanah. Istilah C-organik digunakan untuk menghindari kesalahan dan untuk klasifikasi karena data C-organik diperlukan sebagai kriteria pembeda horizon dan jenis tanah.



Gambar 2.2 Komponen bahan organik (Susanto. 2005)

2.3.3 Komponen Air Tanah

Air berada di dalam tanah dikarenakan beberapa faktor, diantaranya: ditahan (diserap) oleh massa tanah akibat gaya adesi, kohesi, dan gravitasi, tertahan oleh lapisan kedap air, dan karena keadaan drainase yang kurang baik. Kegunaan air di dalam tanah bagi pertumbuhan tanaman adalah:

1) Sebagai unsur hara tanaman

Tanaman memerlukan air dari tanah dan karbon dioksida dari udara untuk membentuk gula dan karbohidrat dalam proses fotosintesis.

2) Sebagai pelarut unsur hara

Unsur-unsur yang terlarut dalam air diserap oleh akar-akar tanaman bersama air tersebut.

3) Sebagai bagian dari sel-sel tanaman (air merupakan bagian dari protoplasma).

Berdasarkan gaya-gaya fisika, air di dalam tanah dibedakan menjadi:

1) Air hidroskopik

Merupakan air yang diserap tanah sangat kuat (karena adanya gaya adhesi antara tanah dan air)

2) Air kapiler

Merupakan air di dalam tanah dimana gaya kohesi (tarik-menarik antara molekul air) dan gaya adhesi lebih kuat dari gravitasi, air ini dapat bergerak kesamping atau kearah atas karena adanya gaya kapiler, sehingga air dapat tersedia bagi tanaman.

3) Air gravitasi

Merupakan air yang tidak dapat ditahan oleh tanah sehingga meresap ke bawah karena gaya gravitasi, air gravitasi ini hilang dari tanah dengan membawa serta unsur-unsur seperti Na, K, dan Ca, sehingga dapat memiskinkan tanah.

Dalam menentukan jumlah air yang tersedia dalam tanaman, dapat diketahui berdasarkan:

a) Kapasitas lapang

Merupakan keadaan tanah yang cukup lembab yang menunjukkan jumlah air maksimum yang dapat ditahan oleh tanah terhadap gaya gravitasi. Air dapat ditahan oleh tanah tersebut, terus menerus diserap oleh akar tanaman atau menguap sehingga makin lama makin kering. Pada suatu saat akar tidak mampu lagi menyerap air sehingga tanaman menjadi layu.

b) Titik layu permanen

Merupakan keadaan kandungan air tanah dimana akar-akar tanaman mulai tidak mampu lagi menyerap air dari tanah dan tanaman akan tetap layu.

c) Air tersedia

Merupakan selisih kandungan air pada keadaan kapasitas lapang dan titik layu permanen.

2.3.4 Udara Tanah

Udara dan air mengisi pori-pori tanah, yakni rongga diantara partikel tanah. Banyaknya pori di dalam tanah berkisar 50% (kondisi ideal), sedangkan jumlah air dan udara di dalam tanah berubah-ubah. Pada tanah yang tergenang air, semua pori tanah akan diisi oleh air, sedangkan pada tanah yang lembab atau kering ditemukan air terutama dalam pori-pori yang kecil (mikro), sementara udara mengisi pori yang tidak terisi oleh air.

Komposisi udara tanah berbeda dengan komposisi udara atmosfer karena respirasi perakaran dan organisme tanah (memerlukan O_2 dan melepaskan CO_2

(Tabel 2.1)). Kandungan CO₂ udara di permukaan tanah kurang lebih 10 kali lebih besar daripada CO₂ di atmosfer.

Tabel 2.1 Komposisi Udara Atmosfer dan Tanah (Tidak termasuk H₂O, % volume) (Susanto. 2005)

	O ₂	CO ₂	N
Atmosfer	20,95	0,03	79,0
Tanah	< 20,6	< 0,2	≈ 79,0

Apabila pertukaran gas terhambat, kandungan CO₂ udara tanah bawahan dapat mencapai lebih dari 10% dengan O₂ kurang dari 10% dan hal ini akan menghambat pertumbuhan perakaran.

2.4 Kesuburan Tanah

2.4.1 Pengertian Kesuburan Tanah

Kesuburan tanah adalah suatu keadaan tanah dimana tata air, udara dan unsur hara dalam keadaan cukup seimbang dan tersedia sesuai kebutuhan tanaman, baik fisik, kimia dan biologi tanah (Syarif Effendi, 1995).

Kesuburan tanah adalah kondisi suatu tanah yg mampu menyediakan unsur hara essensial untuk tanaman tanpa efek racun dari hara yang ada (Foth and Ellis, 1997). Menurut Brady (1990), kesuburan tanah adalah kemampuan tanah untuk menyediakan unsur hara essensial dalam jumlah dan proporsi yang seimbang untuk pertumbuhan.

Tanah yang subur adalah tanah yang mempunyai profil yang dalam (kedalaman yang sangat dalam) melebihi 150 cm, strukturnya gembur remah, pH 6-6,5, mempunyai aktivitas jasad renik yang tinggi (maksimum). Kandungan

unsur haranya yang tersedia bagi tanaman adalah cukup dan tidak terdapat pembatas-pembatas tanah untuk pertumbuhan tanaman (Sutejo.M.M, 2002).

Tanah memiliki kesuburan yang berbeda-beda tergantung sejumlah faktor pembentuk tanah yang merajai di lokasi tersebut, yaitu: bahan induk, iklim, relief, organisme, atau waktu. Tanah merupakan fokus utama dalam pembahasan ilmu kesuburan tanah, sedangkan kinerja tanaman merupakan indikator utama mutu kesuburan tanah.

Kesuburan tanah merupakan mutu tanah untuk bercocok tanam, yang ditentukan oleh interaksi sejumlah sifat fisika, kimia dan biologi bagian tubuh tanah yang menjadi habitat akar-akar aktif tanaman. Ada akar yang berfungsi menyerap air dan/atau larutan hara, dan ada yang berfungsi sebagai penjangkar tanaman. Kesuburan habitat akar dapat bersifat hakiki dari bagian tubuh tanah yang bersangkutan dan/atau diimbis (induced) oleh keadaan bagian lain tubuh tanah dan diciptakan oleh pengaruh anasir lain dari lahan, yaitu bentuk muka lahan, iklim dan musim. Karena bukan sifat melainkan mutu maka kesuburan tanah tidak dapat diukur atau diamati, akan tetapi hanya dapat ditaksir (assessed).

Penafsirannya dapat didasarkan pada sifat-sifat dan kelakuan fisik, kimia dan biologi tanah yang terukur, yang terkorelasikan dengan keragaan (performance) tanaman menurut pengalaman atau hasil penelitian sebelumnya. Kesuburan tanah dapat juga ditaksir secara langsung berdasarkan keadaan tanaman yang teramati (bioessay). Hanya dengan cara penaksiran yang pertama dapat diketahui sebab-sebab yang menentukan kesuburan tanah. Dengan cara

penaksiran kedua hanya dapat diungkapkan tanggapan tanaman terhadap keadaan tanah yang dihadapinya.

Kesuburan tanah merupakan kemampuan tanah menghasilkan bahan tanaman yang dipanen. Maka disebut pula daya menghasilkan bahan panen atau produktivitas. Ungkapan akhir kesuburan tanah ialah hasil panen, yang diukur dengan bobot bahan kering yang dipungut per satuan luas (biasanya hektar) dan per satuan waktu. Dengan menggunakan tahun sebagai satuan waktu untuk perhitungan hasil panen, dapat dicakup akibat variasi keadaan habitat akar tanaman karena musim (Schroeder, 1984).

Hasil panen besar dengan variasi musiman kecil menandakan kesuburan tanah tinggi, karena ini berarti tanah dapat ditanami sepanjang tahun dan setiap kali menghasilkan hasil panen besar. Hasil panen besar akan tetapi hanya sekali setahun pada musim baik, menandakan kesuburan tanah tidak tinggi, karena pada musim yang lain tanah tidak dapat ditanami. Hal ini antara lain karena kekahatan (deficiency) lengas tanah, atau sebaliknya karena mengalami tumpat air (waterlogged), kadar garam larut air meningkat liwat batas, tanah menjadi sulit diolah untuk memperoleh struktur yang baik (luar biasa liat atau keras sekali) dan sebagainya.

Indikator kesuburan tanah ditentukan oleh keadaan fisika, kimia dan biologi tanah sebagai berikut (Handayanto, 1988):

2.4.1.1 Kesuburan Fisika

Sifat fisik tanah yang terpenting adalah tekstur, struktur, konsistensi, porositas, berat jenis, temperatur tanah, warna tanah, dan tahanan jenis (Resistivitas) tanah.

a) Tekstur

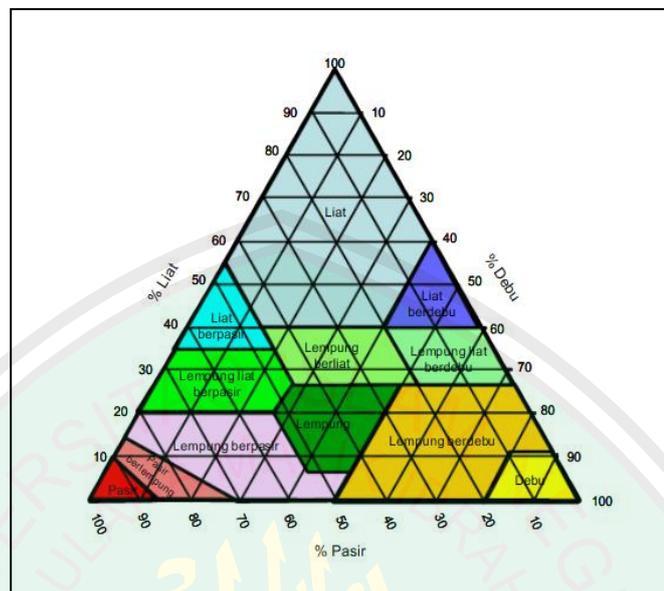
Tekstur tanah adalah perbandingan relatif tiga golongan besar partikel tanah dalam suatu massa tanah yaitu partikel pasir, debu dan liat. Kasar halusnya tekstur tanah dalam suatu wilayah bergantung pada penggolongan tanah tersebut. Tekstur tanah dapat menentukan tata air dalam tanah berupa kerapatan infiltrasi, penetrasi, dan kemampuan pengikatan/sementasi oleh air tanah. Apabila tekstur tanah halus maka tanah tersebut sangat sulit meluluskan air apabila tekstur tanah tersebut kasar akan mudah meluluskan air (Hakim dkk, 1986).

Tekstur tanah dapat didefinisikan sebagai susunan relatif dari tiga kelas ukuran partikel anorganik tanah yaitu pasir (berukuran 2 mm—50 μ), debu (berukuran 50 μ --2 μ), dan liat (berukuran kurang dari 2 μ) (Soil Survey Staff 1998). Tekstur tanah adalah perimbangan nisbi berbagai kelompok ukuran zarah tunggal (fraksi/pisahan tanah) yang menyusun masa tanah. Pisahan-pisahan tanah yang digunakan untuk menentukan tekstur tanah adalah pasir, debu, dan liat (Purwowidodo, 1998).

Tabel 2.2 Klasifikasi Tekstur Tanah (Rismunandar, 1984).

Tekstur Tanah	Persentasi Fraksi Tanah
Lempung berat	Lempung > 60%, Debu ≤ 40%
Lempungan	Lempung ≥ 50%, Debu ≤ 50%
Lempung pasiran	Pasir 20%, Lempung ≥ 40%, Debu ≥ 40%
Lempung debu	Lempung ≥ 40%, Debu ≤ 60%
Geluh lempung pasiran	Lempung ≥ 20%, Pasir ≤ 80%
Geluh lempungan	Lempung ≤ 40%, Debu ≥ 60%
Geluh lempung debu	Lempung ≤ 40%, Debu ≥ 60%
Geluh pasiran	Lempung ≤ 20%, Pasir ≥ 80%
Geluhan	Pasir ≤ 40%, Lempung ≥ 20%, Debu ≥ 60%
Geluh debu	Pasir ≥ 20%, Debu ≥ 60%, Lempung ≥ 20%
Pasir geluh	Pasir ≤ 80%, Lempung ≤ 20%
Debu	Pasir ≤ 20%, Debu ≥ 80%
Pasiran	Pasir ≥ 80%, Lempung ≤ 20%

Tekstur tanah menunjukkan kasar halusnya tanah, untuk kasar halusnya suatu tanah didasarkan pada perbandingan beratnya butir-butir pasir, debu, dan liat. Tabel diatas menunjukkan klasifikasi tanah berdasarkan tekstur tanah, antara lain pasir, pasir berlempung, lempung berpasir, lempung, lempung berdebu, debu, lempung liat berpasir, lempung berliat, liat berpasir, liat berdebu, liat (Rismunandar, 1984).



Gambar 2.3 Segitiga Tekstur USDA (Sutanto. 2005)

Tekstur tanah berkaitan dengan plastisitas, permeabilitas, kekerasan kemudahan olah, kesuburan dan produktifitas tanah.

b) Struktur

Struktur tanah adalah susunan dari partikel pasir, debu, dan liat menjadi agregat tanah. Agregat tersebut terbentuk karena pasir, debu, dan liat terikat satu sama lain oleh bahan organik atau oksida-oksida besi dan lainnya. Peniyifatan struktur tanah didasarkan pada bentuk dan susunan, ukuran dan kemantapan.

Pembentukan struktur tanah sangat tergantung pada bahan primer (mineral dan organik) yang mengalami sedimentasi oleh CaCO_3 serta Fe dan Al hidroksida sehingga terbentuk unit struktur yang disebut agregat. Satuan struktur tanah kemungkinan dapat dibedakan atas *ped* dan *fragmen*.

Ped merupakan agregat permanen yang bersifat alami, yang dipisahkan oleh pori atau bidang yang lemah. *Fragmen* merupakan agregat permanen atau buatan (*artificial*) yang terbentuk karena kegiatan pengolahan tanah atau pembekuan (*frost*) sehingga tanah terpecah-pecah menjadi fragmen (bongkah) sepanjang bidang yang lemah.

Struktur tanah diklasifikasikan berdasarkan tipe, kelas/ukuran, dan derajat struktur. Tipe/bentuk struktur dibedakan atas lempeng, prismatic, kolumnar, gumpal menyudut, gumpal membulat, granulet (tidak sarang), dan remah (sarang). Ukuran dapat dibedakan atas halus, sedang, kasar, dan sangat kasar. Sedangkan derajat dibedakan berdasarkan atas pembentukan ped/derajat agregasi terhadap usikan pembasahan dan pengeringan.

c) Konsistensi

Konsistensi merupakan daya tahan tanah terhadap gaya yang akan merubah bentuk. Gaya-gaya tersebut misalnya, pencangkulan, pembajakan, dan sebagainya. Konsistensi merupakan suatu faktor penting yang mempengaruhi mudah dan tidaknya pengolahan tanah dan perilaku tanah jika diolah. Konsistensi tanah sangat tergantung pada kondisi kelembaman tanah. Tanah yang mempunyai konsistensi baik umumnya mudah diolah dan tidak melekat pada alat pengolah lahan. Karena tanah dalam keadaan lembab, basah atau kering maka istilah-istilah konsistensi disesuaikan dengan keadaan tanah tersebut. Dalam keadaan lembab, tanah dibedakan ke dalam konsistensi gembur (mudah diolah) sampai teguh (agak sulit dicangkul). Dalam keadaan kering, tanah dibedakan ke dalam konsistensi lunak sampai keras. Dalam

keadaan lembab atau kering, konsistensi tanah ditentukan dengan meremas segumpal tanah. Bila gumpalan tersebut mudah hancur maka tanah dikatakan berkonsistensi gembur bila lembab, atau lunak bila kering. Bila gumpalan sukar hancur dengan remasan tersebut, tanah dikatakan berkonsistensi teguh (lembab) atau keras (kering). Dalam keadaan basah, tanah dibedakan plastisitasnya yakni dari tidak melekat pada jari tangan, atau mudah tidaknya membentuk bulatan dan kemampuan mempertahankan bentuk tersebut (plastis atau tidak plastis) (Handayanto. 1988).

d) Porositas

Pada suatu tanah yang baik dengan struktur remah, sekitar 50% tanah adalah ruang pori. Ukuran, bentuk dan susunan ruang pori sangat penting untuk sirkulasi udara dan untuk menyediakan ruang hidup bagi organisme tanah. Pori-pori di dalam tanah berada diantara agregat tanah berkaitan erat dengan tipe dan tingkat perkembangan struktur tanah, tekstur dan kandungan bahan organik. Pori-pori diklasifikasikan berdasarkan ukurannya. Pori-pori yang dapat dilihat dengan mata telanjang, yakni berdiameter > 60 mm yang disebut pori-pori makro. Sedangkan pori-pori yang berukuran < 60 mm disebut pori-pori mikro. Air gravitasi dapat bergerak bebas pada pori-pori makro. Pada pori-pori mikro, air ditahan oleh dinding pori akibat gaya kapiler. Tanah berliat mempunyai pori makro lebih sedikit dari tanah berpasir, tetapi mempunyai total pori (jumlah pori makro dan mikro) yang lebih banyak. Karena pori mikro mempunyai gaya kapiler yang tinggi, tanah

berliat mempunyai kandungan air tanah yang lebih banyak dibanding tanah berpasir (Handayanto. 1988).

e) Berat Jenis

Dalam konteks sifat fisika tanah dikenal istilah Berat Jenis Isi (Bulk density) dan Berat Jenis Partikel (Particle density). Berat Jenis Isi (BJI) adalah berat per satuan volume tanah kering termasuk pori-pori tanah, biasanya ditetapkan dalam g/cm^3 ($B_j = B/V$). Berat jenis ini merupakan petunjuk kepadatan tanah. Makin padat suatu tanah makin tinggi berat jenis isi. Pada umumnya berat isi tanah berkisar antara 1.1-1.6 g/cm^3 . Tetapi terdapat beberapa jenis tanah yang mempunyai berat jenis ini kurang dari 0.8 g/cm^3 , misalnya Andosol yang berkembang dari abu vulkanik. Berat jenis isi penting untuk menghitung kebutuhan pupuk atau air untuk tiap-tiap hektar tanah, yang didasarkan pada berat tanah per hektar. Berat jenis partikel (BJP) adalah berat tanah kering per satuan volume partikel tanah (tidak termasuk ruang pori). Berat jenis partikel tanah biasanya sekitar 2.65 g/cm^3 . Berdasarkan perbandingan BJI dan BJP tersebut maka ruang pori tanah (biasanya dinyatakan dalam persen) dapat dihitung sebagai berikut (Handayanto. 1988):

$$\% \text{ ruang pori} = (BJI/BJP) \times 100\% \quad (2.1)$$

f) Temperatur Tanah

Temperatur tanah mempunyai peranan penting dalam perkecambahan dan pertumbuhan tanaman tingkat tinggi, aktivitas organisme tanah, pelapukan, dekomposisi dan humifikasi bahan organik, struktur, air tanah, dan udara tanah.

Temperatur tanah sangat tergantung pada input panas, panas spesifik tanah dan output panas. Input panas hampir seluruhnya berasal dari sinar matahari dan intensitasnya dipengaruhi oleh garis lintang, musim, panjang hari dan iklim, aspek kemiringan, kemiringan permukaan tanah, warna tanah dan tanaman penutup. Input panas lain berasal dari sumber panas bumi dan eksotermik proses oksidasi pelapukan dan respirasi perakaran tanaman.

Kehilangan panas terjadi melalui radiasi permukaan tanah dan melalui evaporasi air tanah. Kehilangan ini tergantung pada musim, panas siang hari, penutup tanah, dan kandungan lengas.

g) Warna Tanah

Warna tanah merupakan salah satu ciri tanah yang jelas dan paling menonjol sehingga mudah terlihat dan lebih sering digunakan dalam memberikan (*description*) tanah daripada ciri tanah lain, khususnya bagi orang awam. Warna tanah tidak secara langsung berpengaruh pada pertumbuhan tanaman, tetapi langsung melalui daya pengaruhnya atas suhu dan lengas tanah. Warna tanah merupakan karakteristik tanah yang penting karena (Susanto. 2005):

- (1) Berhubungan langsung dengan kandungan bahan organik: warna hitam, hitam kecokelatan
- (2) Kondisi pengastusan tanah buruk: kelabu, kehijauan, kekuningan
- (3) Tanah berkembang lanjut: merah
- (4) Kandungan oksida besi dan angan yang tinggi: merah, coklat, hitam kecokelatan
- (5) Kandungan mineral tertentu: limonit berwarna kuning

(6) Kesuburan tertentu: bahan organik tinggi (hitam).

h) Tahanan Jenis (Resistivitas) Tanah

Tahanan jenis tanah yang akan menentukan impedansi pertanahan dipengaruhi oleh beberapa faktor yang meliputi temperatur, gradien tegangan, besar arus, kandungan air dan bahan kimia, kelembaban serta cuaca (Kizlo, et al,2009). Untuk mengetahui harga tahanan jenis tanah yang akurat diperlukan pengukuran secara langsung pada lokasi, karena struktur tanah yang sesungguhnya tidak sesederhana yang diperkirakan. Untuk setiap lokasi yang berbeda mempunyai hambatan jenis tanah yang tidak sama (Hutauruk, 1991). Faktor keseimbangan antara tahanan dan kapasitansi disekelilingnya adalah tahanan jenis tanah yang direpresentasikan dengan rho (ρ).

Tabel 2.3 Pengaruh Jenis Tanah dengan Resistivitas Tanah (Kizlo,et al, 2009).

Jenis Tanah	Resistivitas Tanah (Ωm)
Kalkopirit, bornit, pirit, galena, magnetite	0.000001 ~ 0.01
Tanah rawa	10 – 40
Tanah Padi berupa tanah liat dan rawa	10 – 150
Tanah pertanian berupa tanah liat	10 – 200
Tanah gambut, lempung, dan lumpur	5 – 250
Campuran tanah liat dan pasir	200 – 400
Tanah kapur	50 – 150
Tanah pasir dengan kelembababn 90%	130
Tanah pasir dengan kelembaban normal	300 – 800
Campuran tanah liat dan kerikil	50 – 400
Tanah liat, tanah lumpur	5 – 400
Kerikil basah	500
Pasir dan kerikil kering	1000
Tanah berbatu	3000
Pegunungan	200 – 2000
Solid granit	10.000 – 50.000
Tanah abu	3.5

Sifat kimiawi tanah sebagian besar berasal dari adanya muatan listrik baik negatif maupun positif yang muncul dari permukaan struktur liat terutama yang koloidal, sehingga tanah tanpa koloid (anorganik dan organik) berarti tidak lagi dapat berfungsi sebagai media tumbuh bagi tetanaman (tanah mati). Muatan negatif liat akan bereaksi dengan kation-kation basa seperti K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ dan NH_4^+ , juga dengan Al^{3+} , $Fe^{2/3+}$, Cu^{2+} dan Zn^{2+} , sedangkan muatan positif akan bereaksi dengan anion-anion seperti $H_2PO_4^-$, NO_3^- , Cl^- , dan HSO_4^- . Reaksi-reaksi ini yang kemudian menentukan kadar dan ketersediaan baik unsur hara maupun unsur toksik di dalam tanah bagi tetanaman (Hanafiah, 2007: 134).

2.4.1.2 Kesuburan Kimia

Sifat kimia tanah berhubungan erat dengan kegiatan pemupukan. Dengan mengetahui sifat kimia tanah akan didapat gambaran jenis dan jumlah pupuk yang dibutuhkan. Pengetahuan tentang sifat kimia tanah juga dapat membantu memberikan gambaran reaksi pupuk setelah ditebarkan ke tanah.

Sifat kimia tanah meliputi kadar unsur hara tanah, reaksi tanah (pH), kapasitas tukar kation tanah (KTK), kejenuhan basa (KB), dan potensial redoks (Handayanto. 1988).

a) Reaksi Tanah (pH Tanah)

Reaksi tanah menunjukkan sifat keasaman atau kebasaan tanah yang dinyatakan dengan pH. Nilai pH menunjukkan perbandingan antara banyaknya (konsentrasi) ion H^+ dan OH^- di dalam tanah. Semakin tinggi konsentrasi ion H^+ di dalam tanah, maka semakin asam tanah tersebut.

Sebaliknya, semakin tinggi ion OH^- di dalam tanah, maka tanah tersebut semakin basa (alkalis). Jika konsentrasi kedua ion tersebut dalam keadaan seimbang, maka tanah bereaksi netral ($\text{pH} = 7$).

Di Indonesia pH tanah umumnya berkisar 3-9 tetapi untuk daerah rawa seperti tanah gambut ditemukan pH dibawah 3 karena banyak mengandung asam sulfat sedangkan di daerah kering atau daerah dekat pantai pH tanah dapat mencapai di atas 9 karena banyak mengandung garam natrium.

Menentukan mudah tidaknya ion-ion unsur hara diserap oleh tanaman, pada umumnya unsur hara mudah diserap oleh akar tanaman pada pH tanah netral 6-7, karena pada pH tersebut sebagian besar unsur hara mudah larut dalam air. pH tanah juga menunjukkan keberadaan unsur-unsur yang bersifat racun bagi tanaman. Pada tanah asam banyak ditemukan unsur aluminium yang selain bersifat racun juga mengikat fosfor, sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman. Pada tanah asam unsur-unsur mikro menjadi mudah larut sehingga ditemukan unsur mikro seperti Fe, Zn, Mn dan Cu dalam jumlah yang terlalu besar, akibatnya juga menjadi racun bagi tanaman.

pH tanah sangat mempengaruhi perkembangan mikroorganisme di dalam tanah. Pada pH 5,5-7,0 bakteri jamur pengurai organik dapat berkembang dengan baik.

Tindakan pemupukan tidak akan efektif apabila pH tanah diluar batas optimal. Pupuk yang telah ditebarkan tidak akan mampu diserap tanaman dalam jumlah yang diharapkan, karenanya pH tanah sangat penting untuk

diketahui jika efisiensi pemupukan ingin dicapai. Pemilihan jenis pupuk tanpa mempertimbangkan pH tanah juga dapat memperburuk pH tanah.

Derajat keasaman dan kebasaan (pH) tanah sangat rendah dapat ditingkatkan dengan menebarkan kapur pertanian, sedangkan pH tanah yang terlalu tinggi dapat diturunkan dengan penambahan sulfur. Dapat disimpulkan, secara umum pH yang ideal bagi pertumbuhan tanaman adalah mendekati 6,5-7. Namun kenyataannya setiap jenis tanaman memiliki kesesuaian pH yang berbeda.

Tabel 2.4 Klasifikasi pH berdasarkan sol survey (Munawar. 2011)

Tanah	pH (H ₂ O)	Tanah	pH (H ₂ O)
Luar biasa asam	< 4,5	Netral	6,6-7,3
Asam sangat kuat	4,5-5,0	Agak basis	7,4-7,8
Asam kuat	5,1-5,5	Basis sedang	7,9-8,4
Asam sedang	5,6-6,0	Basis kuat	8,5-9,0
Agak asam	6,1-6,5	Basis sangat kuat	> 9,0

b) Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Di dalam tanah kation-kation (ion bermuatan positif) pada dasarnya terlarut dalam air tanah. Namun demikian karena di dalam tanah terdapat koloid tanah (liat dan humus) yang bermuatan negatif, maka sebagian kation dalam larutan tanah tersebut diserap oleh koloid tanah. Kation yang diserap ini sukar tercuci oleh air gravitasi, tetapi dapat diganti oleh kation lain yang terdapat dalam larutan tanah. Keadaan ini disebut dengan pertukaran kation. Jenis kation yang banyak terdapat dalam kompleks serapan koloid adalah Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, NH⁴⁺, H⁺, Al³⁺. Banyaknya kation yang dapat diserap oleh

tanah per satuan berat tanah disebut kapasitas tukar kation (KTK). KTK biasanya dinyatakan dalam miliekuivalen per 100 gram (me/100 g), atau dapat juga dinyatakan dengan centimole muatan positif (cmol(+)). KTK tiap koloid tanah berbeda, dan humus mempunyai KTK yang lebih tinggi dibanding liat.

Kapasitas tukar kation merupakan sifat kimia tanah yang sangat erat hubungannya dengan kesuburan tanah. Tanah dengan KTK yang lebih tinggi mampu menyediakan unsur hara bagi tanaman dibandingkan dengan KTK rendah. Karena unsur hara yang diserap tidak mudah tercuci. Tanah dengan kandungan bahan organik tinggi mempunyai KTK yang tinggi pula.

Tabel 2.5 KTK koloid tanah (Griffin. 2008)

Koloid Tanah	KPK (me %)
Humus	200
Vermikulit	100-150
Montmorilonit	70-95
Illit	10-40
Kaolinit	3-15
Seskuioksida	2-4

Prinsip pertukaran kation terikat lokal bermuatan negatif pada permukaan mineral lempung dan senyawa organik.

b.1) Mineral Lempung

Substitusi isomorfik dari ion yang berada di tengah Si-tetrahedral dan Al-oktahedral menghasilkan kelebihan muatan negatif, terutama mineral tipe 2:1 yang sebagian dinetralkan oleh kation yang tidak dapat dipertukarkan (ion

K) pada posisi antar kisi (illit dan mineral transisi) dan sebagian oleh kation tertukarkan pada permukaan datar.

Di samping muatan negatif *permanen* akibat substitusi isomorfik, hampir semua mineral lempung mempunyai muatan terubahkan (positif dan negatif) pada tipe mineral yang rusak.

Muatan terubahkan tergantung pada banyak faktor. Salah satu faktor tersebut adalah pH. Pada pH basis (konsentrasi OH^- tinggi, ion H^+ terdisosiasi dari Si-OH dan dipertukarkan kation lain, pada pH asam (konsentrasi ion H^+ tinggi), lebih banyak ion OH^- yang mengalami disosiasi dari kelompok Al-OH sehingga meningkatkan KTA (Kapasitas Tukar Anion). Muatan terubahkan juga tergantung pada ukuran partikel (permukaan spesifik) makin tinggi permukaan spesifik maka tepi mineral yang rusak makin banyak dan makin meningkat kelompok Al-OH dan Si-OH yang muncul. Peningkatan permukaan spesifik juga meningkatkan KTK mineral illit dan mineral transisi.

Permukaan spesifik termasuk permukaan luar (*outer surface*) mineral lempung dan permukaan antar kisi mineral. Pada mineral yang mempunyai kemampuan mengembang, permukaan dalam (*inner surface*) bersifat dominan, memberikan 80%-90% total permukaan spesifik atau $600\text{-}800\text{ m}^2\text{g}^{-1}$. Mineral kaolinit tidak dapat mengembang dan hanya memiliki permukaan luar sehingga permukaan spesifik rendah ($10\text{-}30\text{ m}^2\text{g}^{-1}$). Mineral illit dan transisi mempunyai permukaan spesifik total berkisar $50\text{-}300\text{ m}^2\text{g}^{-1}$. KTK

mineral lempung diukur berdasarkan muatan negatif permukaan luar dan permukaan dalam yang memungkinkan, jadi bukan berdasarkan muatan total.

b.2) Senyawa Humin

Pertukaran kation yang terjadi disebabkan oleh adanya kelompok reaktif karboksil ($R-COO^-$) dan kelompok fenol ($R-O^-$) setelah ion H^+ terdisosiasi. Muatan negatif seperti halnya muatan terubahkan pada mineral lempung sangat tergantung pada pH. Apabila pH meningkat, ion H^+ akan terdisosiasi dari $R-COOH$ dan $R-OH$ sehingga KTK meningkat.

b.3) Pertukaran Anion

Walaupun muatan positif dimiliki oleh mineral lempung, hidroksida, dan senyawa organik, tetapi muatan negatif jauh lebih besar sehingga kapasitas pertukaran anion (AEC) terlalu kecil daripada KTK tanah dan reaksi pertukaran anion kurang penting dibandingkan dengan pertukaran kation.

Anion yang dapat dipertukarkan adalah PO_4 , SO_4 , NO_3 , dan Cl , juga anion organik seperti malat, dan sitrat, serta unsur mikro Mo, Cu, B, dan Zn. Unsur-unsur yang berpotensi sebagai racun, seperti As, F, dan Se dapat diadsorpsi sebagai arsenat, fluorida, dan selenat.

Kemampuan untuk dapat dipertukarkan dan kekuatan pengikatan anion, seperti halnya kation, tergantung pada hidrasi dan valensi dengan urutan-urutan : $PO_4^{3-} > SO_4^{2-} > NO_3^- > Cl^-$. Unsur PO_4^{3-} dan SO_4^{2-} diadsorpsi dalam jumlah yang cukup banyak, sedangkan NO_3^- dan Cl^- diikat secara lemah sehingga senyawa tersebut berada di dalam tanah dalam bentuk larutan

dan sangat mudah terlindi. PO_4^{3-} hanya akan dijumpai pada kondisi basa. Sedangkan ion SO_4^{2-} dalam konsentrasi yang cukup tinggi dijumpai pada kondisi lingkungan tertentu yang sangat asam ($\text{pH} < 4,5$).

Kapasitas tukar anion sangat tergantung pada kandungan lempung, humus, dan hidroksida. Tanah-tanah tropika yang mengandung mineral kaolinit, alofan, dan oksida hidroksida mempunyai KTA mencapai 20 me. 100 g^{-1} .

c) Kejenuhan Basa (KB)

Terdapat dua kelompok kation dalam kompleks serapan koloid yaitu kation asam (H^+ dan Al^{3+}) dan kation basa (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , dan Na^+). Kejenuhan basa (KB) adalah perbandingan antara jumlah kation basa dengan jumlah kation semua kation (kation asam dan basa) dalam kompleks serapan koloid. Kation basa umumnya merupakan unsur hara yang diperlukan tanaman. Disamping itu, basa umumnya mudah tercuci, sehingga tanah dengan KB yang tinggi menunjukkan bahwa tanah tersebut belum banyak mengalami pencucian dan merupakan tanah yang subur. Kejenuhan basa berkaitan dengan pH tanah, tanah yang mempunyai pH rendah (masam) umumnya mempunyai KB yang rendah dibandingkan dengan tanah yang rendah dibandingkan dengan tanah yang mempunyai pH tinggi (alkalis). Tanah yang mempunyai KB rendah berarti bahwa kompleks serapan diisi oleh kation-kation asam Al^{3+} dan H^+ . Apabila jumlah kation asam tersebut terlalu banyak, terutama Al^{3+} dapat menjadi racun bagi tanaman.

d) Potensial Redoks

Reaksi reduksi-oksidasi (redoks) merupakan hal yang penting untuk menjelaskan fenomena kimia dan biologi tanah. Segala bentuk kehidupan umumnya mendapatkan energi dari oksidasi bahan yang tereduksi, yakni mengambil elektron dari substrat organik atau organik untuk menangkap energi yang tersedia selama oksidasi. Hal ini berjalan dengan tahapan yang melibatkan berbagai reaksi antara elektron dari bahan tereduksi digerakkan melalui respirasi atau rantai transpor elektro dari berbagai komponen. Apabila O_2 tidak tersedia, NO_2^- , Fe^{3+} , Mg^{2+} dan SO_4^{2-} dapat berperan sebagai akseptor elektron jika organisme mempunyai sistem enzim yang memadai. Elektronnya dikeluarkan dari membran. Elektron tersebut akhirnya ditransfer ke O_2 , membentuk OH^- di dalam. Karena membran tidak permeabel bebas terhadap H^+ diluar dan OH^- diluar, suatu kisaran pH dan potensial listrik akan terbentuk.

Deskripsi klasik mengenai potensial redoks melibatkan penggunaan istilah E_h yang dinyatakan dalam volt. Konsep P_r , telah digunakan untuk menggantikan E_h . Karena $pH = -\log[H^+]$, intensitas redoks dapat ditulis sebagai, $P_r = -\log[e]$. Dalam larutan reduksi yang tinggi, kecenderungan untuk mendonorkan elektron juga tinggi. Hal ini ditunjukkan oleh rendahnya nilai P_r . Nilai P_r yang tinggi menunjukkan kecenderungan untuk dioksidasi, yakni akseptor elektron. Metode klasik untuk menyatakan redoks E_h , dapat dikaitkan dengan P_r melalui rumus $P_r = E_h \text{ (volt)}/0.059$. makin besar

perbedaan antara potensial elektron antara ekseptor dan donor final, makin besar potensial untuk penangkapan energi oleh sistem biologi.

2.4.1.3 Kesuburan Biologi

Sifat biologi tanah meliputi bahan organik tanah, flora dan fauna tanah (khususnya mikroorganisme penting seperti bakteri, fungi dan Algae), interaksi mikroorganisme tanah dengan tanaman (simbiosis) dan polusi tanah.

Tanah dikatakan subur bila mempunyai kandungan dan keragaman biologi yang tinggi. Berikut merupakan tabel jumlah maksimum biomassa dari organisme tanah pada tanah subur yang berada pada padang rumput :

Tabel 2.6 Jumlah biomassa pada tanah yang subur (B.N. Richards.1974)

Kinds of organism	Abundance (no/m ²)	Biomass (g/m ²)
Bacteria	3×10^{14}	300
Fungi		400
Protozoa	5×10^8	38
Nematodes	10^7	12
Earthworms and related forms	10^5	132
Mites	2×10^5	3
Springtails	5×10^4	5
Other invertebrates (snails, millipedes, etc)	2×10^3	36

a) Bahan Organik Tanah

Bahan organik adalah kumpulan beragam (*continuu*) senyawa-senyawa organik kompleks yang sedang atau telah mengalami proses dekomposisi, baik berupa humus maupun senyawa-senyawa anorganik hasil mineralisasi.

Sumber primer bahan organik tanah maupun seluruh fauna dan mikro flora adalah jaringan organik tanaman, baik berupa daun, cabang/batang, ranting, buah maupun akar. Sedangkan sumber sekunder berupa jaringan organik fauna termasuk kotorannya serta mikroflora.

Secara umum biomassa (bahan organik) terdiri dari 75% air dan 25% biomassa kering. Menurut Brady (1984), biomassa kering terdiri dari: 60% karbohidrat, 1-5% gula dan pati, 10-30% hemiselulosa, 20-50% selulosa, 10-30% lignin, 10% protein, 1-8% lemak. Secara kimiawi tersusun oleh 44% C, 8% H, 40% O dan 8% mineral (Hanafiah. 2005: 166).

Secara fisik pengaruh bahan organik terhadap tanah dan tanaman adalah:

- 1) Mempengaruhi warna tanah menjadi menjadi coklat-hitam
- 2) Merangsang granulasi
- 3) Menurunkan plastisitas dan kohesi tanah
- 4) Memperbaiki struktur tanah menjadi lebih remah
- 5) Meningkatkan daya tahan tanah dalam menahan air sehingga drainase tidak berlebihan, kelembaman dan temperatur tanah menjadi stabil.

Secara kimiawi biomassa berperan sebagai:

- 1) Bagian yang mudah terurai dari biomassa melalui proses mineralisasi yang akan menyumbangkan sejumlah ion-ion hara tersedia
- 2) Senyawa sisa mineralisasi dan yang tidak dapat terurai melalui humifikasi akan menghasilkan humus tanah terutama yang berperan sebagai koloidal

- 3) Selama proses dekomposisi, sejumlah hara tersedia akan diakumulasi ke dalam sel-sel mikrobia, yang apabila mikrobia ini mati dimineralisasi kembali, sehingga menghindarkan ion-ion hara dari pelindian oleh aliran massa air.

Secara biologis, biomass merupakan sumber energi dan hara bagi jasad biologis tanah terutama heterofik. Menurut Subba Rao (1977), jasad renik dikempokkan zymogen dan fermentasi seperti *Pseudomonas* dan *bacillus* akan meningkat populasinya jika dilakukan pemberian biomass, sedangkan kelompok autochthonous atau indigenus seperti *Arthrobacter* dan *Niocardia* tidak begitu terpengaruh.

b) Mikroorganisme tanah

Mikroorganisme berpengaruh dalam proses kesuburan tanah karena :

- 1) berperan dalam siklus energi
 - 2) berperan dalam siklus hara
 - 3) berperan dalam pembentukan agregat tanah
 - 4) menentukan kesehatan tanah
- c) Mikroflora dan Mikrofauna

Salah satu mikrofauna yang mempunyai peran dalam proses kesuburan tanah adalah *protozoa*. *Protozoa* merupakan protista bersel tunggal yang unik, hidup pada lingkungan basah (aquatik). Pada kondisi kering dan suplai makanan terbatas, mikrofauna ini menjadi inaktif. *Protozoa* merupakan predator pemakan bakteri, jamur, algae atau jaringan organik

mati, sehingga hanya jenis pemakan jaringan organik saja yang mempunyai pengaruh terhadap proses dekomposisi bahan organik.

Mikroflora yang berperan pada proses kesuburan tanah adalah bakteri, fungi (jamur), algae (ganggang), dan mikrobial selulolitik.

2.5 Dasar-Dasar Kesuburan Tanah

2.5.1 Unsur Hara Tanaman

Unsur hara tanaman adalah unsur yang diserap oleh tumbuhan. Menurut Hanafiah (2007), unsur kimiawi yang dianggap esensial sebagai unsur hara tanaman adalah jika memenuhi tiga kriteria sebagai berikut:

- a. Unsur ini harus terlibat langsung dalam penyediaan nutrisi yang dibutuhkan tanaman.
- b. Unsur ini tersedia agar tanaman dapat melengkapi siklus hidupnya.
- c. Jika tanaman mengalami defisiensi hanya dapat diperbaiki dengan unsur tersebut.

Unsur hara makro esensial jika dibutuhkan dalam jumlah besar, biasanya di atas 500 ppm dan yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit, biasanya kurang dari 50 ppm disebut mikro esensial.

Menurut Sutejo (1995), jumlah besar yang dibutuhkan tanaman unsur hara tanaman dibedakan menjadi unsur hara makro dan mikro. Yang tergolong ke dalam unsur hara makro antara lain Nitrogen, hidrogen, oksigen, fosfor, kalium, belerang, kalsium dan magnesium. Sedangkan unsur hara mikro antara lain boron, besi, mangan, tembaga, seng, molibdenum, dan klorin.

2.5.1.1 Unsur Hara Makro

a. Carbon, Oksigen, dan Hidrogen (C, O, H)

Carbon, oksigen, dan hidrogen merupakan bahan baku dalam pembentukan jaringan tubuh tanaman. Berada dalam bentuk H_2O (air), H_2CO_3 (asam arang) dan CO_2 dalam udara.

Carbon (C) penting sebagai pembangun bahan organik, karena sebagian besar bahan kering tanaman terdiri dari bahan organik, diambil dalam bentuk CO_2 . Oksigen (O) dalam bahan organik sebagai atom pembangun bahan organik, diambil dalam bentuk CO_2 . Hidrogen (H) merupakan elemen pokok pembangun bahan organik, suplai dari air.

b. Nitrogen

Nitrogen merupakan unsurhara utama bagi pertumbuhan tanaman yang pada umumnya sangat diperlukan untuk pembentukan atau pertumbuhan bagian-bagian vegetatif tanaman seperti daun, batang, dan akar, tetapi kalau terlalu banyak dapat menghambat pembungaan dan pembuahan pada tanamannya.

c. Fosfor

Fosfor diambil tanaman dalam bentuk $H_2PO_4^-$ dan HPO_4^{2-} . Fungsi fosfor dalam tanaman diantaranya dapat mempercepat pertumbuhan akar, dapat mempercepat dan memperkuat pertumbuhan tanaman muda menjadi dewasa, serta meningkatkan produksi biji-bijian. fosfor didalam tanah dapat digolongkan menjadi 2 bentuk, yaitu bentuk organik dan anorganik.

d. Kalium

Kalium diserap dalam bentuk K^+ (terutama pada tanaman muda). Kalium banyak terdapat pada sel-sel muda atau bagian yang banyak mengandung protein, inti-inti sel tidang mengandung kalium. Zat kalium mempunyai sifat mudah larut dan hanyut, selain itu mudah difiksasi dalam tanah. Zat kalium yang tidak diberikan secara cukup, maka efisiensi N dan P akan rendah dengan demikian maka produksiyag tinggi tidak dapat diharapkan.

e. Kalsium

Kalsium adalah molekul bermuatan dominan positif pada hampir semua tanah kecuali tanah-tanah yang pH-nya sangat rendah. Pada tanah dengan pH diatas 4,8 kalsium biasanya ada dalam jumlah cukup untuk pertumbuhan tanaman. Pada tanah asam kalsium cenderung tercuci dan kalsium asli biasanya rendah. Dalam keadaan seperti ini tanah harus dikoreksi dengan cara menambahnya dengan kapur.

f. Magnesium

Magnesium adalah molekul bermuatan positif seperti Ca yang mengalami defisiensi pada pH rendah. Di bawah kondisi asam Mg sangat larut dan dapat hilang karena tercuci. Bila tanah asam dikapur dengan material yang mengandung sedikit Mg dapat mengakibatkan defisiensi pada unsur ini. Bila pengapuran pada tanah yang sangat asam yang pH nya di bawah 5,2 maka penggunaan kapur yang mengandung Mg sangat tepat.

Magnesium dan kalium sangat penting untuk diserap tanaman. Tanaman yang tumbuh dalam tanah yang sangat tinggi kadar K-nya mungkin merangsang defisiensi Mg bila Mg tanah rendah.

g. Sulfur

Sulfur diambil oleh tanaman sebagai molekul sulfat bermuatan negatif (SO_4^{2-}). Berhubung ini adalah molekul bermuatan negatif atau anion, sulfat mungkin mudah tercuci dari tanah. Sebagian besar S namun demikian tidak tersedia dalam bentuk anion tetapi terikat kuat dalam bentuk bahan organik. Ketersediaan sulfur dikendalikan secara luas dalam jumlah dan laju dekomposisi bahan organik. Dalam kebanyakan tanah persediaan S yang cukup bagi pertumbuhan tanaman disuplai melalui proses dekomposisi dan hujan yang jatuh. Di tanah dengan suplai sulfur sedikit, defisiensi S mungkin bisa terjadi. Tanaman-tanaman sayuran biasanya memerlukan S dalam jumlah besar. Unsur S yang digunakan sebagai agen keasaman tanah sering sebagai sumber pupuk.

2.5.1.2 Unsur Hara Mikro

Beberapa unsur hara mikro seperti Mn, Zn, Fe, dan Cu mempunyai kesamaan. Karena pH meningkat, kelarutan unsur mikro menurun. Oleh karena itu defisiensi unsur-unsur ini umum terjadi pada pH tinggi. Bahkan ketika tumbuhan memperlihatkan defisiensi unsur-unsur ini mereka biasanya ada dalam tanah dalam jumlah yang cukup. Namun demikian mereka tidak tersedia bagi pertumbuhan karena kondisi yang tidak cocok, umumnya pH tinggi.

Unsur hara mikro Mn kelarutannya tergantung pada kandungan air tanah. Di bawah kondisi air tergenang Mn menjadi sangat terlarut dan dapat bersifat racun. Biasanya ini terjadi pada pH di bawah 5. Zn keberadaannya dalam tanah dipengaruhi oleh keasaman tanah. Defisiensi Zn biasanya terjadi pada pH moderate hingga tinggi dan lebih jelas bila kadar P tinggi. Defisiensi Zn terjadi pada pH 6-7 terutama bila pemupukan P berlebihan dan pada pemupukan bahan organik yang cukup intensif. Besi menjadi berkurang bagi tanaman bila pH-nya tinggi, sebagian besar Fe tidak larut dan tidak tersedia bagi tanaman. Untuk mengurangi pH dapat dengan menambah unsur S atau agen penambah asam yang lain (Barber, 1995).

Kelarutan Copper (Cu) menurun bila pH meningkat. Oleh karena itu defisiensi Cu bisa terjadi pada kadar pH diatas 7,5. Sebaliknya, Mn, Zn, Fe dan Cu terikat kuat pada bahan organik. Karena kandungan bahan organik meningkat ketersediaan Cu menurun. Dalam tanah yang jumlah bahan organiknya tinggi, Cu bisa menjadi efisien bila pH tanah di bawah 5 (Havlin *et al.* 2005).

Tumbuhan tinggi menghendaki Molibdenum (Mo) dalam jumlah sangat kecil. Unsur ini dalam tanah bila pH tinggi dan menjadi defisien pada tanah berpasir asam. Defisiensi unsur ini sangat berbeda dibanding unsur hara mikro yang lain. Secara umum unsur Molibdenum (Mo) tanah adalah anion yang dapat dengan mudah tercuci dari tanah pasir. Molibdenum (Mo) sangat larut kadang-kadang terjadi pada tanah dengan pH moderat dan tekstur tanah halus, karena dalam batuan induknya kandungan Molibdenum (Mo) sangat rendah. Molibdenum (Mo) sangat esensial bagi fiksasi N oleh tanaman *leguminosae* dan

tanaman ini sangat sensitif pada defisiensi Molibdenum (Mo) (Prasad dan Power, 1997).

Boron (Bo) ada dalam tanah sebagai molekul tak bermuatan yang terikat secara lemah pada berbagai bahan organik dan mineral dan mudah tercuci di tanah berpasir. Ketersediaan Bo dipengaruhi oleh pH tanah. Bila pH di atas 6,5 Bo tidak tersedia bagi tanaman (Mukherjee, 2005).

Tanah pertanian jarang mengalami defisiensi Chlor (Cl). Kenyataannya Cl sering menjadi masalah bila jumlahnya berlebihan. Terutama pada tanah alkalin dibanding pada tanah yang mengalami defisiensi. Fungsi Cl belum banyak diketahui, tetapi diduga berperan dalam kekeringan dan kebasahan tanaman. Defisiensi Cl bisa menyebabkan kepekaan tanaman terhadap penyakit (Prasad dan Power, 1997).

2.5.2 Siklus Unsur Hara

Unsur hara tidak dalam keadaan terkunci dalam satu bentuk simpanan saja, proses-proses alami secara periodik mengubahnya dari bentuk satu ke bentuk yang lain. Ini adalah proses transformasi biogeokimia berkesinambungan yang kita kenal dengan siklus unsur hara tanah. Unsur hara dalam tanah dapat dibedakan atau dikenali berdasarkan batuan asli dan mineral, larut atau diabsorpsi berupa ion-ion. Bentuk biomassa terdapat dalam jaringan makhluk hidup tumbuhan atau organisme tanah dan bentuk organik dalam jaringan mati yang berada dalam berbagai tahap pelapukan termasuk humus tanah.

Akar tanaman dan organisme tanah mengekstrak unsur hara sebagai ion-ion organik sederhana yang dibebaskan melalui pelapukan batuan dan mineral dan

bahan organik tanah. Tumbuhan pada khususnya hanya dapat mengambil unsur hara dalam bentuk ion-ion anorganik sederhana.

Ketika organisme mati jaringannya ditambahkan dalam bentuk bahan organik tanah dan beberapa diantaranya dibebaskan secara tiba-tiba oleh adanya sel yang rusak. Seluruh material itu segera memulai pelapukan. Sebagian bentuk yang tahan membentuk humus tanah yang melapuknya sangat lambat.

2.5.3 Faktor yang Mempengaruhi Unsur Hara Tanah

a) Tekstur Tanah

Tekstur tanah ditentukan oleh jumlah relatif oleh berbagai ukuran partikel yang menyusun tanah. Partikel tanah dibagi dalam tiga kategori yaitu partikel yang paling halus kemudian debu dan pasir. Proporsi pasir, debu dan liat menentukan tekstur. Tekstur tanah mempunyai efek terhadap sifat fisik dan kimia tanah. Secara umum partikel halus memiliki luas permukaan lebih besar dibanding tekstur kasar. Permukaan partikel tanah adalah aktif secara kimiawi. Tanah dengan tekstur halus memiliki aktivitas kimiawi lebih baik dibanding tanah dengan tekstur kasar, dan dapat mengikat lebih banyak hara serta lebih banyak mengikat nutrien yang menjadikannya tidak tersedia bagi tanaman.

b) Bahan Organik

Bahan organik merupakan sumber energi bagi makro dan mikro-fauna tanah. Penambahan bahan organik dalam tanah akan menyebabkan aktivitas dan populasi mikrobiologi dalam tanah meningkat, terutama

yang berkaitan dengan aktivitas dekomposisi dan mineralisasi bahan organik. Beberapa mikroorganisme yang berperan dalam dekomposisi bahan organik adalah fungi, bakteri dan aktinomisetes. Di samping mikroorganisme tanah, fauna tanah juga berperan dalam dekomposisi bahan organik antara lain yang tergolong dalam protozoa, nematoda, *Collembola*, dan cacing tanah. Fauna tanah ini berperan dalam proses humifikasi dan mineralisasi atau pelepasan hara, bahkan ikut bertanggung jawab terhadap pemeliharaan struktur tanah. Mikro flora dan fauna tanah ini saling berinteraksi dengan kebutuhannya akan bahan organik, kerana bahan organik menyediakan energi untuk tumbuh dan bahan organik memberikan karbon sebagai sumber energi. Pengaruh positif yang lain dari penambahan bahan organik adalah pengaruhnya pada pertumbuhan tanaman. Terdapat senyawa yang mempunyai pengaruh terhadap aktivitas biologis yang ditemukan di dalam tanah adalah senyawa perangsang tumbuh (auxin), dan vitamin. Senyawa-senyawa ini di dalam tanah berasal dari eksudat tanaman, pupuk kandang, kompos, sisa tanaman dan juga berasal dari hasil aktivitas mikrobial dalam tanah. Di samping itu, diindikasikan asam organik dengan berat molekul rendah, terutama bikarbonat (seperti *suksinat*, *siannamat*, *fumarat*) hasil dekomposisi bahan organik, dalam konsentrasi rendah dapat mempunyai sifat seperti senyawa perangsang tumbuh, sehingga berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman.

Sejumlah unsur hara seperti N, P, S, Mo, Cu, Zn, dan B mungkin terkandung dalam bahan organik tanah. Sebagai akibatnya, ketersediaannya tergantung pada proses dekomposisi bahan organik.

c) pH Tanah

pH tanah menerangkan keasaman dan kebasaan dalam sistem cair. Air terdiri dari muatan molekul atau ion hidrogen (H^+) dan hidroksida (OH^-). Dalam air selalu ada ion-ion yang tidak dikombinasi dalam molekul air. Jumlah air murni, jumlah H^+ dan OH^- sama yang memiliki pH 7 (netral). Bila suatu sistem memiliki kelebihan ion H^+ dinamakan asam. Bila kelebihannya ion OH^- maka sistem tersebut dinamakan alkalin. pH yang ukurannya sederhana dari ion H^+ dalam sistem tetapi dipresentasikan sebagai negatif logaritma konsentrasi H^+ .

Keasaman tanah penting karena menentukan kelarutan mineral tanah dan mempengaruhi berbagai proses mikroorganisme seperti dekomposisi bahan organik dan fiksasi nitrogen. Beberapa mineral tanah mengandung unsur hara, dan hara ini mungkin tersedia bagi pertumbuhan tanaman bila pH nya dalam range yang sesuai.

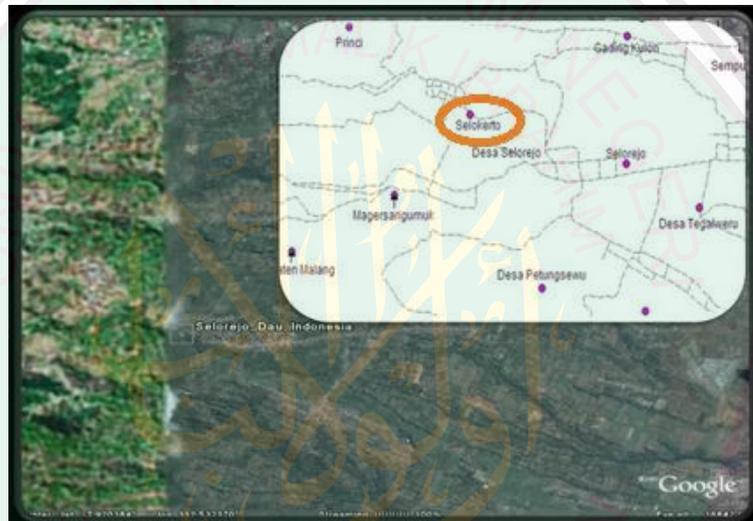
2.6 Deskripsi Daerah Penelitian

2.6.1 Geografis Wilayah

Daerah penelitian ini terletak di daerah pertanian Bedengan Dusun Selokerto Desa Selorejo Kecamatan Dau Kabupaten Malang. Lokasinya berada pada daerah Kabupaten Malang bagian utara. Secara astronomis desa Selorejo terletak pada $7^{\circ}56'19.70''$ lintang selatan dan $112^{\circ}32'46.65''$ bujur timur.

Lokasinya kurang lebih 17 km dari ibukota kabupaten dan 7 km dengan kota kecamatan terdekat. Adapun batas–batas desa Selorejo adalah sebagai berikut:

- Sebelah Barat : Hutan
 Sebelah Selatan : Desa Petung Sewu
 Sebelah Utara : Desa Gading Kulon
 Sebelah Timur : Desa Tegal Weru



Gambar 2.4 Daerah penelitian (<http://selorejodau.blogspot.com/>)

Tanah pertanian ini berbentuk sistem perladangan. Komunitas tanaman yang ditanam adalah mulai dari kacang-kacangan, sayur-sayuran dan jahe-jahean. Para petani dalam bertani hanya memanfaatkan alat-alat konvensional dalam mengolah tanah pertanian.

2.6.2 Tinjauan Geologi

Desa Selorejo tergolong daerah dataran tinggi atau perbukitan dengan luas perbukitan mencapai 333, 76 ha. Diperkirakan ketinggian desa ini \pm 800 – 1200

dpl (dari permukaan laut) dikarenakan daerah ini merupakan pegunungan , sehingga daerah ini memiliki tingkat curah hujan yakni 100 mm/tahun.

Secara geologi daerah pertanian Bedengan merupakan formasi Batuan Gunung api Penanggungan dan Batuan Gunung api Panderman di permukaan didominasi oleh sebaran breksi gunung api, lava dan breksi tufaan dengan sisipan tufa dan aglomerat. Breksi gunung api umumnya melapuk menengah-ringang, berwarna kelabu kehitaman, berbutir pasir kasar-kerakal, terdiri dari komponen batuan andesitik yang cukup segar, batu apung, kaca gunung api, menyudut tanggung-membundar tanggung, kemas terbuka, massa dasar tufa pasiran berbutir kasar, kurang padu dan mudah hancur. Lava umumnya melapuk ringan, berwarna coklat kelabu, bersusunan andesit berkomposisi felspar, piroksin, kaca dan mineral hitam, bervesikuler, berstruktur aliran, setempat terbreksikan dan terkekarkan serta agak keras. Breksi tufaan umumnya melapuk menengah-tinggi, putih keabuan, berbutir pasir kasar-kerakal, terdiri dari komponen batuan andesitik, batu apung dan kaca gunung api. Tufa umumnya melapuk menengah-tinggi, putih kecoklatan, berbutir pasir halus-lapili, berkomponen pecahan batuan, batu apung, kaca gunung api, kurang padu dan mudah hancur. Aglomerat pada umumnya melapuk menengah-tinggi, kelabu kecoklatan, berbutir pasir sangat kasar-kerakal, membundar tanggung, berkomponen pecahan batuan dan kaca gunung api, dalam massa dasar tufa pasiran, kurang padu, mudah hancur. Hasil uji kuat tekan di lapangan memakai *Schmidt Hammer* (UCS lapangan) pada beberapa lokasi berturut-turut 450 -650 kg/cm² (breksi gunung api), dan 700 - 900 kg/cm² (lava). Secara umum formasi ini mempunyai tingkat kekuatan tanah dan batuan

yang tinggi. Tanah pelapukan dari breksi gunung api dan breksi tufaan, pada umumnya lanau pasiran berkerikil, setempat lempung pasiran, coklat kemerahan, plastisitas sedang-tinggi, lunak-teguh, Di beberapa tempat nilai penetrometer saku 2,25 - 3,00 kg/cm², tebal lapisan tanah 0,50 - 1,50 m (Darmawan, 1998).

Jenis Tanah pada daerah ini adalah tanah latosol. Young (1979) mengemukakan, nama Latosol pertama kali didefinisikan oleh Kellog pada tahun 1949 sebagai tanah yang meliputi semua tanah zona di daerah tropika dan didaerah khatulistiwa yang mempunyai karakteristik dominan yang berhubungan dengan rendahnya silikat-seskuioksida, rendahnya aktivitas liat, rendahnya muatan mineral primer, rendahnya muatan unsur yang dapat larut, tingginya derajat stabilitas agregat, dan sedikit berwarna merah.

Tanah Latosol disebut juga sebagai tanah *Inceptisol*. Tanah ini mempunyai lapisan solum tanah yang tebal sampai sangat tebal, yaitu dari 130 cm sampai 5 meter bahkan lebih, sedangkan batas antara horizon tidak begitu jelas. Warna dari tanah latosol adalah merah, coklat sampai kekuning-kuningan. Kandungan bahan organiknya berkisar antara 3-9 % tapi biasanya sekitar 5% saja. Reaksi tanah berkisar antara pH 4,5-6,5 yaitu dari asam sampai agak asam. Latosol adalah tanah yang mengalami pelapukan dan pencucian yang intensif, adanya diferensiasi horizon yang tidak jelas, kandungan hara dan mineral rendah, pH dan kandungan bahan organik rendah, konsistensi gembur dan derajat stabilitas agregat yang tinggi serta akumulasi sesquioksida di dalam tanah sebagai akibat adanya pencucian silikat, dengan kata lain latosol pada umumnya mempunyai sifat fisik baik namun kimianya kurang baik (Dudal dan Soepraptohardjo, 1957).

Pada umumnya tanah latosol mempunyai kadar unsur hara dan organiknya cukup rendah, sedangkan produktivitas tanahnya dari sedang sampai tinggi. Tanah ini memerlukan input yang memadai. Tanaman yang bisa ditanam didaerah ini adalah padi (persawahan), sayur-sayuran dan buah-buahan, palawija, kemudian kelapa sawit, karet, cengkeh, kopi dan lada.

Tanah latosol tergolong dalam jenis tanah masam karena tanah ini telah mengalami pelapukan intensif dan pelindian yang kuat. Selain tanah latosol yang tergolong tanah masam, terdapat juga tanah podsolik, podsol dan organosol. Dikalangan tanah-tanah masam, latosol adalah yang terbaik, terutama dilihat dari segi keadaan fisiknya. Kerentanan terhadap erosi lebih kecil daripada tanah padsolik dan podsol. Persoalan yang terkait pada kerendahan pH juga tidak seberat yang ada dalam tanah podsolik dan podsol. Maka potensi untuk dikembangkan lebih baik daripada tanah podsolik dan podsol (Muljadi & Arsjad, 1967).

2.7 Metode Potensial Diri (*self potential*)

Survei geolistrik memiliki tiga metode, yaitu geolistrik resistivity, geolistrik induction potential, dan geolistrik self potential. Geolistrik self potential (potensial diri) adalah memanfaatkan potensial alami metode ini termasuk pengambilan data pasif karena tidak mengganggu dan tidak memerlukan arus listrik. Metode ini ditemukan oleh Robert Fox pada tahun 1830. Metode tersebut sangat sederhana dan murah, namun metode ini hanya bekerja untuk eksplorasi bawah permukaan dangkal yang kurang dari 100 meter. Jika kedalaman lapisan yang diinginkan melebihi 100 meter, maka sudah tidak akurat. Metode self

potential (potensial diri) secara tradisional digunakan sebagai metode untuk eksplorasi mineral di industri minyak, namun sekarang mulai dikembangkan untuk hidrogeologi, aplikasi rekayasa air, serta identifikasi kesuburan tanah.

Metode potensial diri merupakan salah satu metode geofisika yang prinsip kerjanya adalah mengukur tegangan statis alam (static natural voltage) yang berada di kelompok titik-titik di permukaan tanah (Sharma, 1997).

Potensial diri umumnya berhubungan dengan pelapukan tubuh mineral sulfida (*weathering of sulphide mineral body*), perubahan dalam sifat-sifat batuan (kandungan mineral) pada daerah kontak-kontak geologi, aktifitas bioelektrik dari material organik, korosi, perbedaan suhu dan tekanan dalam fluida di bawah permukaan dan fenomena-fenomena alam lainnya (Telford, 1990).

Potensial diri (*self potential*) berhubungan dengan lapisan mineral yang mengandung sulfida, sifat batuan pada daerah kontak-kontak geologi, aktifitas bioelektrik material organik, korosi, dan fenomena yang lainnya. Daerah sulfida merupakan penghantar yang baik untuk dapat membawa elektron dari kedalaman tertentu ke daerah dekat permukaan. Self potential ini dapat muncul karena adanya aktifitas elektrokimia dan mekanik di dalam bumi. Faktor pengontrol dari aktifitas tersebut adalah air tanah (ground water).

Potensial diri (*self potential*) merupakan tegangan statis alam yang terdapat di permukaan bumi, akibat proses mekanik dan elektrokimia di bawah permukaan. Pada dasarnya potensial diri merupakan tegangan listrik searah (DC) yang terjadi di permukaan bumi yang bervariasi secara lambat. Kemunculan potensial diri terkait dengan pelapukan batuan/mineral, variasi mineral di dalam

arus alami bumi ini sangat kecil maka elektroda yang digunakan haruslah mengandung bahan-bahan atau material dengan konduktifitas yang baik agar dapat menangkap arus listrik yang mengalir. Salah satu contoh bahan yang memiliki konduktifitas yang baik adalah tembaga. Elektroda yang digunakan dipasang pada sebuah wadah ataupun semacam pot yang memiliki celah atau rongga kapiler. Rongga kapiler ini digunakan untuk menyalurkan cairan pembantu agar data atau arus yang didapatkan lebih mudah ditangkap. Cairan tersebut haruslah larutan super jenuh, biasanya adalah H_2SO_4 . Pada tempat yang akan disurvei terlebih dahulu harus dibuat semacam cekungan untuk menempatkan wadah elektroda yang lebih sering disebut sebagai “porous pot”. Elektroda pada porous pot ini akan menghasilkan kontak potensial elektrolitik yang sangat rendah seperti potensial di bawah permukaan yang kecil. Sebaiknya porous pot ini menggunakan wadah tertutup agar menjaga larutan di dalamnya tetap dalam keadaan jenuh. Pada saat pembuatan larutan haruslah sangat memperhatikan nilai molaritasnya, sehingga teknik pencampurannya tidak boleh sembarangan dan dilarutkan dalam satu wadah. Selanjutnya di sekitar tempat tersebut diberi sedikit bentonit agar lebih mempermudah lagi arus yang akan ditangkap. Intinya dalam akuisisi data potensial diri (*self potential*) alat dan bahannya harus dapat mengalirkan listrik dengan baik, dikarenakan arus alami dari bumi sangat kecil sekali. Jika bahan dan alatnya terbuat dari material yang memiliki resistivitas yang besar, artinya memiliki konduktifitas kecil dalam mengalirkan listrik, maka data yang akan didapat akan susah. Pada survei geolistrik self potential ini hanya bisa

terjadi pada tubuh mineral, variasi sifat batuan (kandungan mineral), aktivitas biolistrik dari bahan organik, karatan (proses korosi), gradien tekanan, panas dalam permukaan cairan, serta fenomena lain dari alam yang proses kejadiannya mirip (Telford, 1990).

Prinsip mekanisme yang menghasilkan potensial diri ini adalah proses mekanik serta proses elektrokimia. Pertama adalah proses mekanik yang menghasilkan potensial elektrokinetik atau disebut dengan streaming potential. Sedang yang lainnya adalah proses elektrokimia, proses ini menghasilkan *potensial liquid junction*, potensial serpih dan potensial mineralisasi (Telford, 1990).

2.7.2 Potensial Elektrokinetik

Potensial elektrokinetik (electrofiltration atau streaming atau electromechanical potential) yang bernilai kurang dari 10 mV dibentuk sebagai akibat adanya sebuah elektrolit yang mengalir melalui medium yang berpori atau kapiler. Potensial dari pengukuran mengasumsikan sebagai proses elektrofiltrasi. Menurut Hukum Helmholtz aliran dari arus listrik berhubungan dengan gradien hidrolik dan kuantitas yang dikenal sebagai koefisien elektrofiltrasi (C_E) yang mempresentasikan sifat fisis dan kelistrikan dari elektrolit dan medium yang dilewatinya. Aliran air sejajar dengan batasan geologis. Besarnya resultan beda potensial antara ujung gayanya adalah (Telford,1990):

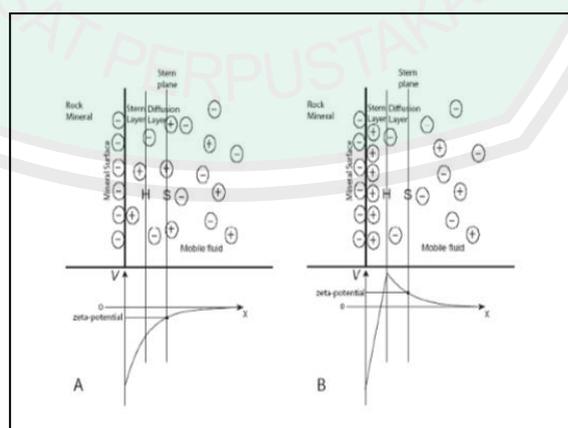
$$E_k = \frac{\varepsilon \zeta \delta P \rho}{4\pi \eta} \quad (2.2)$$

Dengan

- ε : konstanta dielektrik dari elektrolit (farad/m)
- ρ : resistivitas dari elektrolit (Ωm)
- η : viskositas dinamik dari elektrolit (Ns/m^2)
- δP : perbedaan tekanan (Nm^2)
- ζ : potensial zeta (potensial yang muncul pada lapisan padat dan cair) (volt).

Salah satu sumber potensial secara alami adalah “*streaming potential*” (elektronik potensial) yang muncul dari aliran fluida air yaitu ground water melalui medium porous. Oleh karena itu, potensial diri (*self potential*) digunakan dalam investigasi air tanah (*ground water*) dan dalam aplikasi geotechnical engineering untuk study perembesan air tanah. Penelitian lebih lanjut dari air tanah adalah analisis kuantitatif untuk menyediakan informasi yang diinginkan tentang debit dan arah lintasan aliran air tanah (*ground water*). Potensial diri (*self potential*) atau anomali steaming potential dalam struktur tanah dapat disebabkan oleh aliran fluida air yang melewati pori-pori medium sehingga terjadi pertukaran ion antara fluida dan partikel-partikel tanah dalam struktur tersebut. Potensial diri (*self potential*) bila dihubungkan dengan adanya perbedaan gradien tegangan (piezometrik head), konduktivitas fluida, viskositas fluida dan potensial elektrik diantara dua lapisan (*double layer between solid and liquid phases*), ini menghasilkan efek anomali streaming potensial atau potensial elektrokinetik (PE) yang relatif kecil. Oleh karena itu, diperlukan alat ukur SP yang mempunyai kepekaan yang tinggi dalam millivolt (mV). Tegangan yang terukur dipermukaan karena PE yang terjadi dibawah permukaan dapat menggambarkan keadaan

pergerakan air dibawah permukaan di tempat pengukuran. Potensial elektrokinetik (PE) pada (Gambar 2.6), adalah model “*Electrical Double Layer*” (EDL). EDL dibentuk dar fase antara sebuah padatan dan cairan yang ditentukan oleh sifat-sifat elektrokinetik dari bahan padat (*solid material*). Model teoritik EDL pertama kali ditemukan oleh Helmholtz tahun 1879 dimana lapisan uang diam (*immobile*) mengabsorpsi ion-ion cairan (*liquid*). Kemudian, EDL dikembangkan oleh Gouy-Chapman sebagai “*stern layer*” dan “*diffuse layer*” (Devasenathipathy & Santiago, 2003). *Sten layer* adalah lapisan yang diam (rigid) menyerap ion-ion dari difusi layer sebagai lapisan yang bergerak karena aliran fluida. Potensial listrik yang terjadi dari EDL adalah zena potensial (ζ). Adanya PE yang terjadi dibawah permukaan dapat dideteksi di permukaan yang dikenal dengan anomali potensial diri (*self potential*). Anomali potensial diri (*self potential*) atau streaming poensial tersebut menunjukkan adanya kecepatan perembesan fluida air dalam medium.



Gambar 2.8 Potensial Elektrokinetik (PE) (Fagerlund & Heinson, 2003).

2.7.3 Potensial Difusi

Jika konsentrasi elektrolit dalam tanah bervariasi secara lokal, maka perbedaan potensial akan muncul sebagai akibat perbedaan mobilitas anion dan kation dalam larutan yang konsentrasinya berbeda. Potensial ini disebut potensial difusi (liquid junction atau diffusion potential (Telford, 1990). Perubahan potensial difusi secara transien dapat mencapai beberapa puluh mV. Hal ini disebabkan oleh perbedaan beberapa mobilitas elektrolit-elektrolit yang memiliki potensial yang berbeda didalam air tanah. Besarnya potensial ini adalah:

$$E_d = \frac{RT(I_a - I_c)}{nF(I_a + I_c)} \ln\left(\frac{c_1}{c_2}\right) \quad (2.3)$$

Dengan

I_a dan I_c : mobilitas anion (+ve) dan kation (-ve)

R : konstanta gas ($8,314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$)

T : temperatur absolut (K)

n : ion valensi

F : konstanta faraday (96487 Cmol^{-1})

c_1 dan c_2 : konsentrasi larutan (mol).

2.7.4 Potensial Nernst

Potensial nerst (shale) terjadi ketika muncul perbedaan potensial antara 2 logam identik yang dicelupkan dalam larutan yang homogen dan konsentrasi larutan masing-masing elektroda berbeda. Besarnya potensial ini diberikan oleh persamaan potensial difusi dengan syarat bahwa $I_a = I_c$

$$E_s = \frac{RT}{nF} \ln \left(\frac{c_1}{c_2} \right) \quad (2.4)$$

Kombinasi antara potensial difusi dan potensial nerst disebut potensial elektrokimia atau potensial statik (Indriana dkk, 2007). Namun, anomali potensial yang dihasilkan dari potensial ini sangat kecil sehingga tidak berpengaruh begitu besar. Anomali potensial yang besar dihasilkan dari potensial yang timbul dari proses elektrokinetik.

Potensial nernst sangat diperlukan dalam *well-logging*, dalam kasus ini disebut juga sebagai potensial serpihan batuan. Terlihat bahwa potensial elektrokimia secara langsung bergantung pada konsentrasi dan temperatur. Tempertaur dan konsentrasi yang tinggi akan membuat nilai potensialnya membesar, karena alasan inilah pengukuran potensial diri (*self potensial*) sangat penting dalam eksplorasi sumber-sumber geotermal, dimana temperaturnya mempunyai konsentrasi ion-ion yang tinggi. Lebih jauh lagi potensial elektrokimia ini dianggap disebabkan oleh adsorpsi anion oleh permukaan pembuluh kuarsa dan pegmatit dikenal sebagai potensial adsorpsi atau potensial *Zeta*. Potensial adsorpsi dapat teramati sebagai anomali pada tanah liat dimana lapisan ganda padat-cair yang dapat membangkitkan beda potensial.

2.7.5 Potensial Mineralisasi

Bila dua macam logam dimasukkan dalam suatu larutan homogen, maka pada logam tersebut akan timbul beda potensial. Beda potensial ini disebut sebagai potensial kontak elektrolit. Pada daerah yang banyak mengandung mineral, potensial kontak elektrolit dan potensial elektrokimia sering timbul dan

dapat diukur dipermukaan dimana mineral itu berada, sehingga dalam hal ini kedua proses timbulnya potensial ini disebut juga dengan potensial mineralisasi. Potensial mineralisasi bernilai kurang dari 100 mV (Telford, 1990).

Elektron ditransfer melalui tubuh mineral dari agen pereduksi di bawah muka air tanah menuju agen pengoksidasi di atas muka air tanah (dekat permukaan). Tubuh mineral sendiri tidak berperan secara langsung dalam reaksi elektrokimia, tetapi bertindak sebagai konduktor untuk mentransfer elektron (Sato, 1960).

Jadi prinsip dasarnya adalah potensial mineralisasi timbul jika kondisi lingkungan didukung oleh adanya proses elektrokimia sehingga dapat menimbulkan potensial elektrokimia di bawah permukaan tanah. Pada sedimen air laut mempunyai potensial diri antara -100 mV sampai dengan -200 mV.

2.8 Mekanisme Potensial Diri Pada Daerah Mineralisasi

Prinsip dasar dari metode potensial diri adalah pengukuran tegangan statis alam (*Static Natural Voltage*) pada permukaan tanah. Orang yang pertama kali menggunakan metode ini adalah untuk menentukan daerah yang mengandung mineral logam. Setelah keberhasilan metode ini kemudian banyak orang untuk mencari mineral-mineral logam yang berhubungan dengan mineral-mineral sulfida, grafit, magnetit. Berawal dari inilah maka banyak pakar geofisika berusaha untuk mengungkap mekanisme dari fenomena potensial mineralisasi. Mekanisme dari polarisasi spontan pada daerah mineral belum seluruhnya dimengerti, meskipun ada berbagai teori dikembangkan untuk mengungkapnya. Sato dan Mooney (1960), mengusulkan alasan lain dan teori yang lengkap dari

di permukaan. Penyebab SPN antara lain: potensial aliran skala kecil, potensial aliran difusi serta aktivitas akar tumbuh-tumbuhan. Amplitudo SPN sangat tergantung pada vegetasi maka nilai amplitudonya menjadi tinggi di hutan yang lebat, nilainya berkurang di hutan biasa dan amplitudonya rendah pada tanah terbuka (Sato dan Money,1960).

Hasil pengukuran potensial diri ke arah naik (*up hill*) menunjukkan harga potensial yang semakin positif. Sedangkan pada keadaan lainnya untuk pengukuran ke arah turun (*down hill*) berkurang. Keadaan di atas dinamakan efek topografi. Penyebab TE adalah adanya medan aliran potensial oleh karena aliran air dari tempat yang tinggi. Potensial diri (*self potential*) bisa dicirikan oleh panjang gelombang yang relatif panjang dan gradiennya relatif landai. Komponen inilah yang mempunyai hubungan dengan litologi bawah tanah (Sato dan Money,1960).

2.10 Karakter Tanah dan Aliran Fluida dalam Media Berpori

Fluida dalam media berpori yang mengalir dalam tanah merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi manusia. Dalam siklus hidrologi, aliran fluida juga mempunyai peran sebagai salah satu mata rantai yang berfungsi dalam reservoir, yang kemudian mengalirkannya secara perlahan ke dalam sungai atau danau, sehingga kesinambungan aliran terjaga. Walaupun aliran fluida tawar hanya sekitar 0,62% dari semua air (termasuk air laut) di dunia (Foth, 1984), namun fungsinya bagi manusia dan tumbuhan sangat vital. Aliran fluida dalam media berpori mempunyai peran yang penting, karena mudah diperoleh dan kualitasnya relatif baik. Masyarakat dari negara yang kurang maju atau yang

tinggal di daerah terpencil umumnya memanfaatkan sumber mata air untuk kehidupan sehari-hari. Masih banyak manusia yang mengandalkan aliran fluida dalam media berpori untuk pertanian dan industri. Oleh karena itu, pemetaan sumber aliran dan kualitas air dalam media berpori menjadi penting dikerjakan dan dipelihara.

Secara umum tanah dapat didefinisikan sebagai suatu tubuh alam di permukaan bumi yang terjadi akibat bekerjanya gaya-gaya alami terhadap bahan alami (Wesley, 1977). Sedangkan Foth (1984), mendefinisikan tanah sebagai bahan mineral hasil evolusi yang dipengaruhi oleh faktor genesis dan lingkungan, seperti batuan induk, iklim, makro dan mikroorganisme serta kondisi topografi. Tanah sangat beragam dalam hal komposisi maupun sifatnya. Tanah sebagai sistem tersusun oleh tiga komponen, yaitu: komponen padat, komponen cair, dan komponen gas. Hanya fase padat yang akan dibahas dalam tulisan bab ini mengingat pentingnya keberadaan air dalam media pori sebagai bagian cair dan interaksinya dengan pori-pori sebagai bagian padat.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan April 2015 di daerah pertanian bedengan yang terletak di Desa Selokerto, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang Jawa Timur. Data yang digunakan adalah data primer dengan menggunakan metode potensial diri.



Gambar 3.1 Profil daerah penelitian (diambil dari Google Earth, 20 Maret 2014)



Gambar 3.2 Profil daerah pertanian bedengan Malang

3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam pengambilan data dengan menggunakan metode potensial diri, sebagai berikut:

- | | |
|---------------------------------|---------|
| 1. Porous pot (d=7 cm, t=20 cm) | 4 buah |
| 2. Kristal CuSO ₄ | ½ kg |
| 3. Aquades (H ₂ O) | 5 liter |
| 4. Kabel konektor | 2 buah |
| 5. Elektoda dari kawat tembaga | 4 buah |
| 6. Digital Milivoltmeter | 2 buah |
| 7. Capit Buaya | 4 buah |
| 8. Stopwatch | 1 buah |
| 9. GPS | 1 buah |
| 10. Alat Tulis | |
| 11. Seperangkat Komputer | |
| 12. Software <i>MS. Excel</i> | |
| 13. Software <i>Surfer 11</i> | |

Peralatan yang digunakan dalam uji penetapan P-tersedia, K-tersedia, C-organik dan pH tanah di laboratorium, yaitu:

1. Seperangkat alat uji tanah kering dari Balai Penelitian Teknologi Pertanian Jawa Timur
2. Neraca Analitik
3. Botol kocok 100 ml
4. Spatula

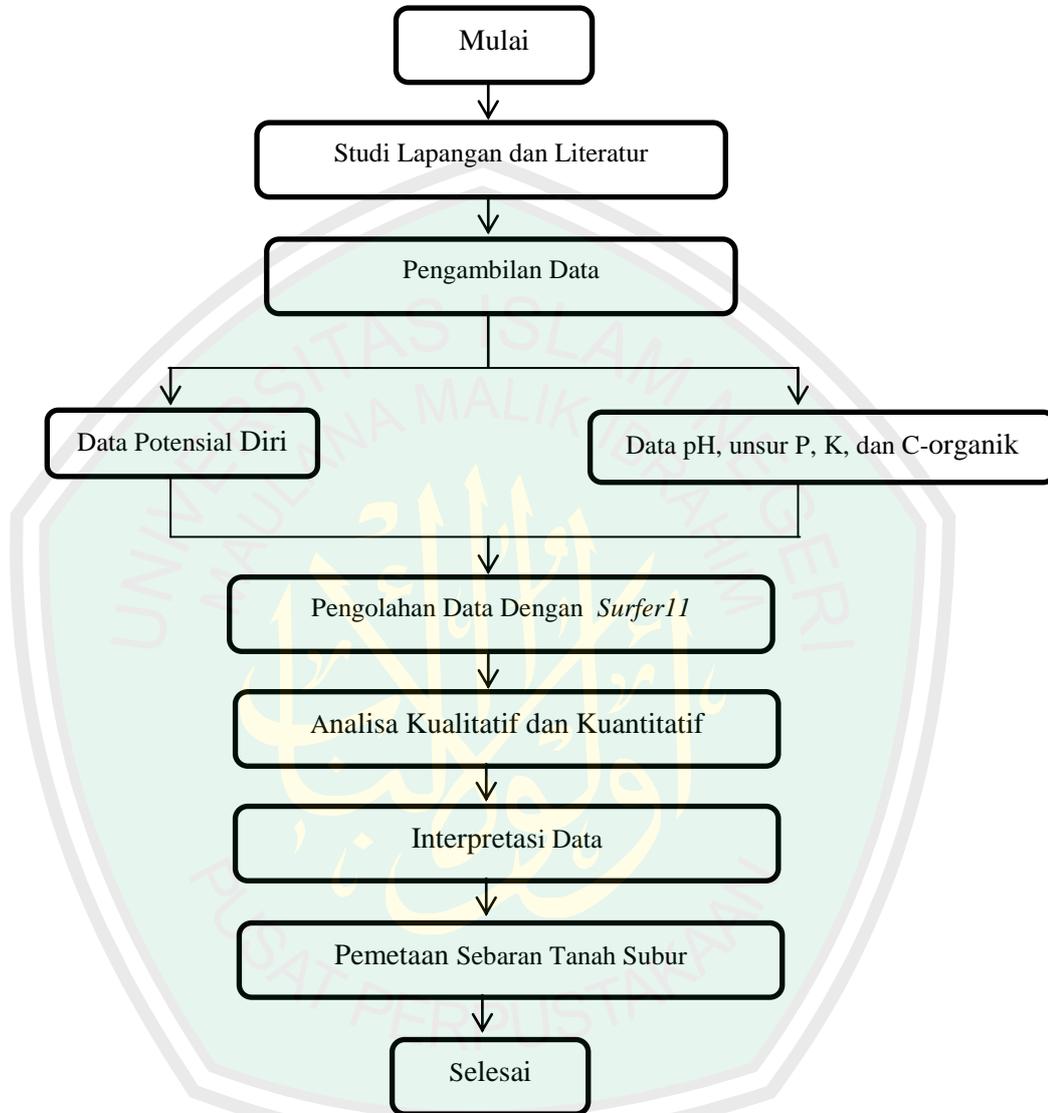
5. Hot plate magnetic S.
6. Pengaduk kaca
7. pH meter
8. Rak tabung reaksi
9. Pereaksi meliputi: Air bebas ion (aquades)
10. Bebeapa pereaksi dari unsur Fosforus (P), Kalium (K), C-Organik serta pH
11. Tissue
12. Sikat pembersih tabung

3.3 Prosedur Penelitian

Sebelum proses pengambilan data di lapangan, maka terlebih dahulu dilakukan survei lokasi pada daerah penelitian dan mengumpulkan referensi terkait kondisi tanah pertanian di daerah tersebut. Serta mempelajari sistem dan pola pemeliharaan tanah pertanian yang dilakukan oleh petani selama ini serta metode yang digunakan dalam pengambilan data, sehingga nantinya memudahkan dalam pengambilan data di lapangan.

Selanjutnya dilakukan pengambilan data dengan menggunakan metode potensial diri dengan dan pengambilan sampel tanah untuk mengitung nilai pH dan kadar hara dari tanah seperti P-tersedia, K-tersedia dan C-organik. Selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan menggunakan software *surfer11* untuk mendapatkan konturdari masing-masing data. Selanjutnya dilakukan analisa data dan interpretasi dari hasil pengolahan data potensial diri. Dan hasil akhir dari metode ini dapat memberikan gambaran sebaran kesuburan tanah di daerah pertanian tersebut.

Adapun alur penelitiannya sebagai berikut:



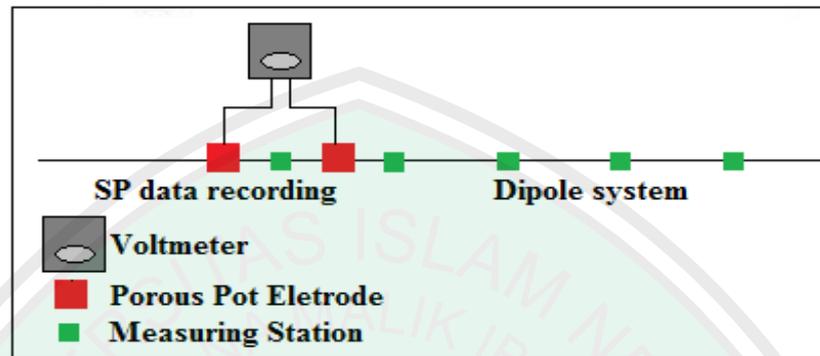
Gambar 3.3 Alur penelitian dengan metode potensial diri

3.4 Metode Penelitian

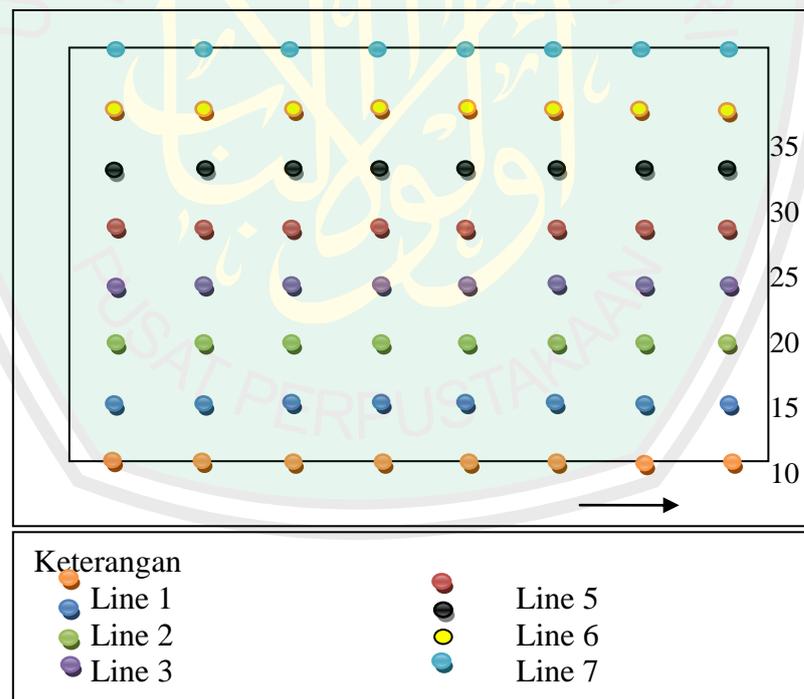
3.4.1 Pengambilan Data Potensial Diri

Pada penelitian ini pengambilan data di lapangan dengan menggunakan metode potensial diri. Pengukurannya dengan menggunakan dua buah elektroda

yang dipindah dengan jarak yang tetap, dengan titik pengamatannya adalah titik lengan diantara dua elektroda tersebut. Seperti pada Gambar 3.3 di bawah ini.



Gambar 3.4 Pengukuran Potensial Diri Metode Gradien Potensial (Sarkowi.1995)



Gambar 3.5 Denah lokasi penelitian dan sebaran datum point (titik pengukuran dan pengambilan sampel tanah)

Data – data yang dicatat dalam survei potensial diri antara lain:

- a) Waktu, yang meliputi hari, tanggal dan jam.
- b) Data potensial diri yaitu potensial listrik tanah (Volt)
- c) Posisi stasiun pengukuran

3.4.2 Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah digunakan untuk mengetahui kandungan hara pada tanah seperti kandungan P-tersedia, K-tersedia, C-organik tanah dan pH tanah. Pengukuran pH tanah dilakukan disetiap titik pada daerah penelitian. Sedangkan untuk uji kandungan hara tanah dilakukan dengan pemberian pereaksi untuk masing-masing unsur hara tersebut, sehingga dapat diketahui status dari masing-masing unsur hara tersebut. Data-data tersebut yang akan dijadikan indikator kesuburan tanah dengan asumsi sebaran tanah subur yang ditunjukkan oleh nilai potensial alami yang terukur.

3.4.3 Cara kerja penetapan pH tanah

Prosedur kerjanya sebagai berikut:

1. Mengambil sampel tanah yang mewakili seluruh areal pertanaman, terutama di kedalaman sekitar area perakaran.
2. Contoh tanah tersebut diambil sedikit (1-2 sendok makan). Dimasukkan ke dalam gelas beaker, kemudian diberi air murni (aquades) dengan volume yang sama dengan volume tanah.
3. Mengaduk campuran air dan tanah, dan dibiarkan mengendap sehingga air menjadi bening.

4. Memisahkan air dari endapan tanah dengan menuangkannya ke wadah yang lain.
5. Memasukkan pH meter ke dalam larutan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaaan dari tanah
6. Mencatat hasil dari sertiap uji yang dilakukan untuk pH tanah dari masing-masing titik pengukuran

3.4.4 Uji Tanah Kering

3.4.4.1 Penetapan Kandungan Hara P-tersedia

1. Memasukkan sampel tanah sebanyak $\frac{1}{2}$ sendok spatula ke dalam tabung reaksi atau sebanyak 0,5 ml sesuai yang tertera pada tabung reaksi
2. Menambahkan 3 ml pereaksi P-1, kemudian mengaduk sampai homogen dengan pengaduk kaca
3. Menambahkan 10 butir atau seujung spatula pereaksi P-2 (dibutuhkan hanya dalam jumlah sedikit saja), lalu dikocok selama 1 menit
4. Diamkan kurang lebih selama 10 menit
5. Membandingkan warna yang muncul dari larutan jernih diatas permukaan tanah dengan bagan warna P-tanah.

3.4.4.2 Penetapan Kandungan K-tersedia

1. Memasukkan $\frac{1}{2}$ sendok spatula sampel tanah ke dalam tabung reaksi atau sebanyak 0,5 ml sesuai yang tertera pada tabung reaksi.

2. Menambahkan 4 ml K1 diaduk sampai homogen, kemudian diamkan kira-kira 5 menit sampai larutan jernih
3. Menambahkan 2 tetes pereaksi K2, lalu dikocok dan diamkan kira-kira 5 menit
4. Menambahkan 2 ml K3 secara perlahan-lahan melalui dinding tabung, kemudian dibiarkan beberapa saat lalu amati kabut putih yang terbentuk (keruh) antara larutan K3 dengan yang dibawahnya.

3.4.4.3 Penetapan pH Tanah dan Kebutuhan Kapur

1. Memasukkan sampel tanah sebanyak $\frac{1}{2}$ sendok spatula ke dalam tabung reaksi atau sebanyak 0,5 ml sesuai yang tertera pada tabung reaksi
2. Menambahkan 4 ml pereaksi pH-1, kemudian diaduk sampai homogen dengan pengaduk kaca
3. Menambahkan 1-2 tetes indikator warna pereaksi pH-2
4. Diamkan larutan selama kurang lebih 10 menit hingga suspensi mengendap dan terbentuk warna pada cairan jernih di bagian atas
5. Membandingkan warna yang muncul pada larutan jernih diatas permukaan tanah dengan bagan warna pH tanah
6. Untuk menentukan kebutuhan kapur untuk tanah agak masam, sampai sangat masam, ditambahkan pereaksi kebutuhan kapur tetes demi tetes sampai muncul warna hijau yang permanen (pH 6-7). Kemudian hiteng jumlah tetes pereaksi kebutuhan kapur yang ditambahkan. Jumlah tetes yang diperoleh menunjukkan jumlah

kapur yang ditambahkan sesuai yang tertera pada tabel kebutuhan kapur.

3.4.4.4 Penetapan C-organik Tanah Lahan Kering

1. Memasukkan sampel tanah sebanyak $\frac{1}{2}$ sendok spatula ke dalam tabung reaksi atau sebanyak 0,5 ml sesuai yang tertera pada tabung reaksi
2. Menambahkan 1 ml pereaksi C-1, kemudian diaduk sampai homogen dengan pengaduk kaca
3. Menambahkan 3 tetes pereaksi C-2 (jangan diaduk)
4. Setelah 10 menit, kemudian diamati ketinggian busa yang terbentuk

Kriteria:

Bila tinggi busa ≤ 3 cm yang terbaca pada tanda garis tabung reaksi 3 ml, maka C-organik tanah tersebut tergolong rendah

Bila tinggi busa > 3 cm yang terbaca pada tanda garis tabung 3 ml, maka C-organik tanah tergolong sedang sampai tinggi.

3.5 Pengolahan Data Potensial Diri

Data yang diperoleh di lapangan adalah nilai potensial antara dua elektroda yang terbaca pada digital voltmeter. Data potensial ini belum menunjukkan nilai potensial diri pada titik ukur tersebut, karena ada perbedaan nilai di suatu titik ukur jika pengukuran diulang-ulang pada waktu yang berlainan. Oleh karena itu, data-data potensial hasil pengukuran harus dikoreksi, yang meliputi: koreksi pembacaan awal, koreksi harian, dan koreksi gangguan (noise). Selanjutnya data tersebut akan diolah dengan

menggunakan software *surfer11* untuk mendapatkan kontur sebaran nilai potensialnya yang disumsikan sebagai posisi yang banyak mengandung mineral yang terkandung dalam air pada soil.

3.6 Interpretasi Data

Data potensial diri yang telah terkoreksi diinterpretasikan secara kualitatif dan kuantitatif. Interpretasi kualitatif dilakukan menggunakan software *Surfer versi 11* untuk mendapatkan peta kontur isopotensial. Berdasarkan peta kontur ini, maka dapat diinterpretasi sebaran mineral yang terlarut dalam air pada soil di daerah penelitian. Selanjutnya membuat beberapa garis di atas closur peta kontur yang diduga sebaran posisi mineral yang terkandung dalam air pada soil. Dari beberapa garis itu akan diperoleh kurva profil isopotensial. Selain itu estimasi sebaran tanah subur pada daerah ini dibuktikan dengan uji kandungan unsur hara tanah seperti kandungan P-tersedia, K-tersedia, C-organik tanah serta pH tanah. Unsur-unsur tersebut yang dapat menjadi indikator tersebarnya mineral yang terkandung dalam air pada soil yang ditunjukkan dari nilai potensial yang terukur. Interpretasi dilanjutkan dengan melakukan uji korelasi dengan statistika untuk mengetahui hubungan antara potensial dan pH tanah terhadap kesuburan tanah.

BAB IV

HASIL DAN PEMPAHASAN

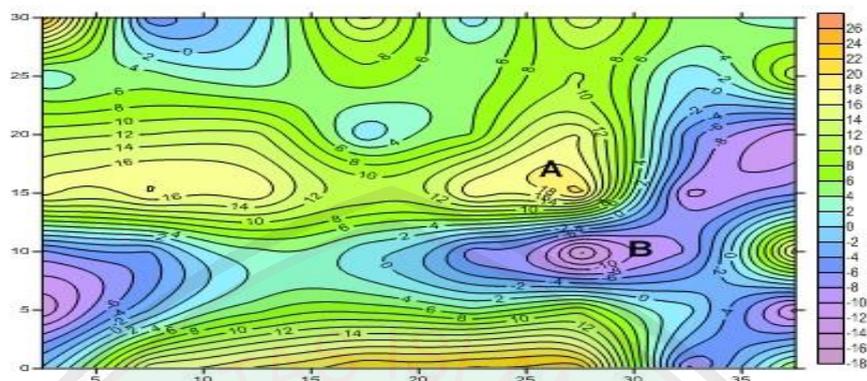
4.1 Data Hasil Pengamatan

Dari hasil penelitian dengan menggunakan metode *self potential* (potensial diri) digunakan untuk mengetahui pola sebaran tanah subur di daerah pertanian bedengan desa Selokerto, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang, serta pengukuran sifat kimia tanah berupa uji pH, kandungan P, kandungan K, dan kandungan C tanah. Diperoleh nilai potensial listrik tanah (V) dan nilai pH pada setiap titik pengukuran (Lampiran 1 dan 2). Dari data tersebut dilakukan konversi dengan *software surfer11* untuk sebaran nilai potensial dan nilai pH setiap titik pengukuran.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan data yang telah didapatkan selanjutnya dilakukan interpretasi secara kualitatif dilakukan dengan menggunakan *software Surfer11* untuk mendapatkan peta kontur isopotensial. Berdasarkan peta kontur tersebut, maka dapat diinterpretasi sebaran mineral yang terlarut dalam air pada soil di daerah penelitian.

4.2.1 Sebaran Nilai Potensial Listrik Tanah

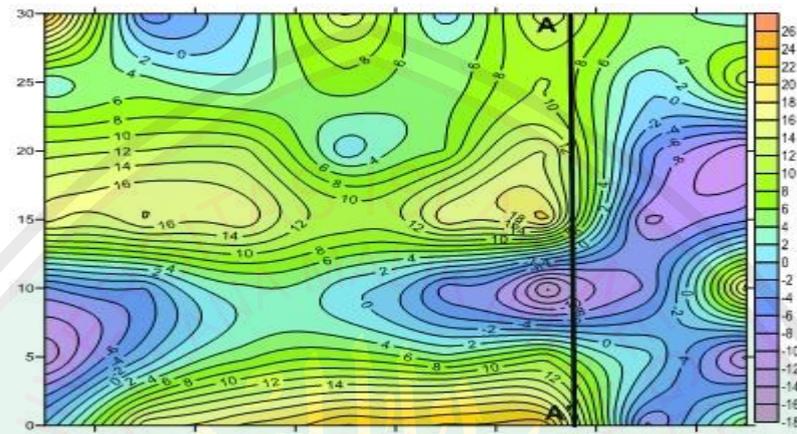


Gambar 4.1 Distribusi nilai potensial listrik tanah dengan jarak pengukuran 5m

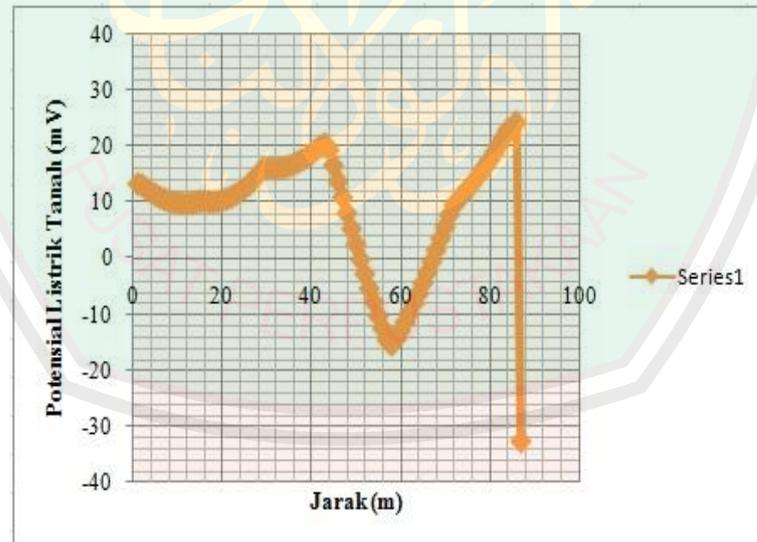
Gambar diatas menunjukkan kontur pencitraan tanah yang menggambarkan pola sebaran nilai potensial alami dengan jarak pengukuran setiap 5m dengan menggunakan software *surfer11*.

Berdasarkan kontur diatas (Gambar 4.1) dapat diketahui nilai isopotensialnya berkisar antara -18 mV sampai 26 mV. Pada daerah dengan tonjolan besar nilai potensialnya diasumsikan terdapat sebaran mineral yang terkandung pada air dalam soil. Nilai potensial listrik tanah yang sangat kecil mengindikasikan daerah yang konduktif. Berdasarkan peta kontur isopotensial yang telah dibuat dapat diinterpretasi bahwa daerah penelitian merupakan zona konduktif. Hal ini diindikasikan dengan rendahnya nilai potensial diri yang terukur, yang secara numerik bernilai negatif (Kartini dan Danusaputro, 2005). Perbedaan nilai isopotensial tersebut disebabkan adanya aktifitas bioelektrik pada tumbuhan, perbedaan konsentrasi elektrolit serta aktifitas geokimia lainnya.

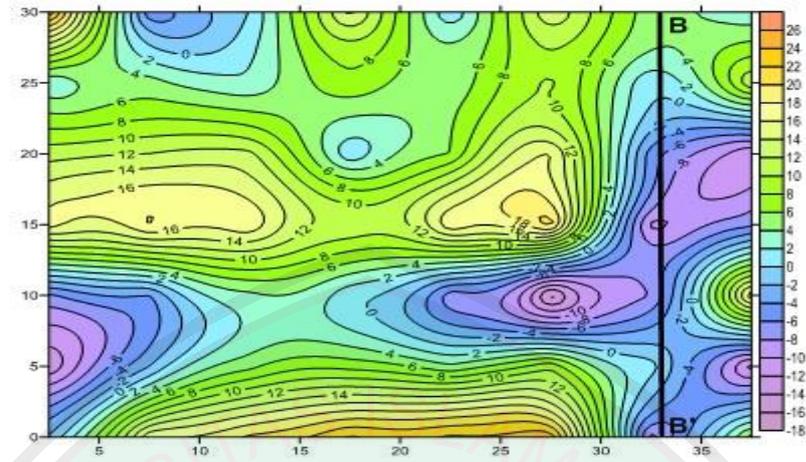
Interpretasi dilanjutkan dengan membuat beberapa penampang pada kontur isopotensial yang diperkirakan adanya anomali pada daerah yang terjadi tonjolan.



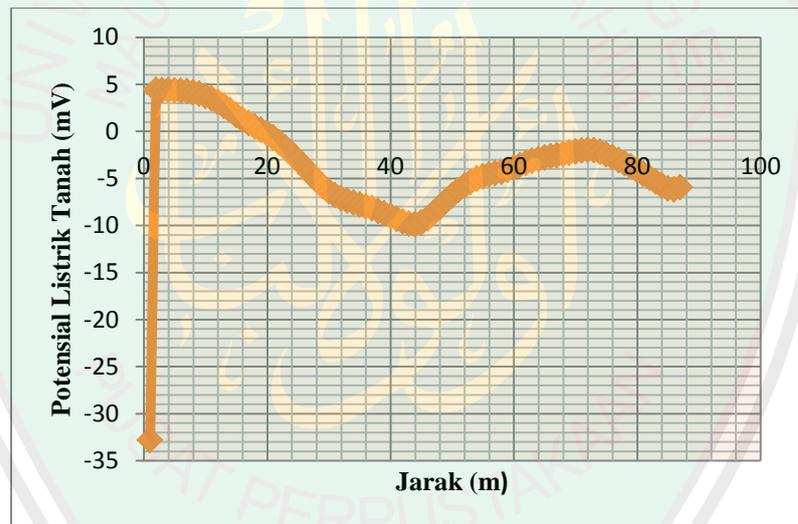
Gambar 4.2 Irisan A-A' pada kontur sebaran nilai potensial listrik tanah



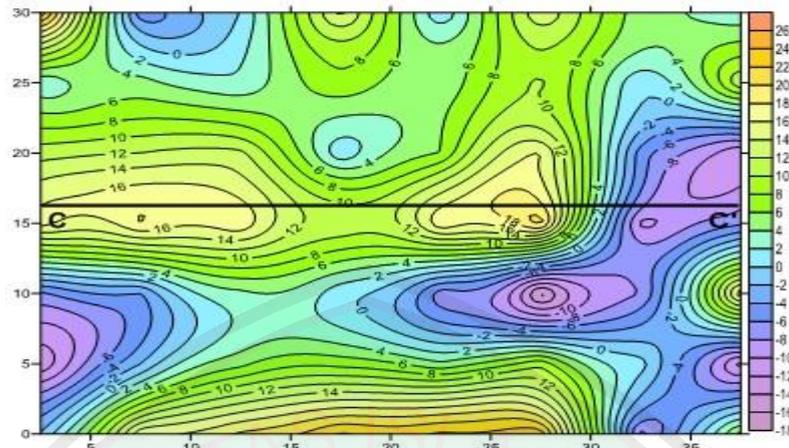
Gambar 4.3 Profil penampang peta isopotensial lapangan pada irisan A-A'



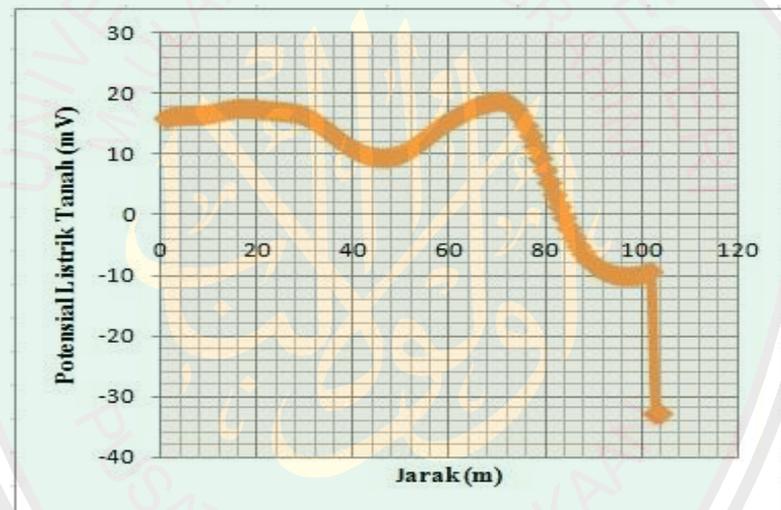
Gambar 4.4 Irisan B-B' pada kontur sebaran nilai potensial listrik tanah



Gambar 4.5 Profil penampang peta isopotensial lapangan pada irisan B-B'



Gambar 4.6 Irisan C-C' pada kontur sebaran nilai potensial listrik tanah



Gambar 4.7 Profil penampang peta isopotensial lapangan pada irisan C-C'

Berdasarkan profil penampang peta isopotensial tersebut dapat diketahui variasi nilai yang dihasilkan dari setiap irisan. Irisan A-A' dan irisan B-B' mempunyai variasi nilai potensial listrik tanah antara -2 mV sampai -20 mV pada jarak 20 m. Daerah ini diperkirakan mempunyai tingkat konduktivitas rendah yang ditunjukkan dengan rendahnya nilai potensial listrik tanah yang dihasilkan dibandingkan dengan daerah sekelilingnya. Sedangkan irisan C-C' mempunyai variasi nilai potensial listrik tanah antara 10 mV sampai 20 mV pada jarak 30 m.

Daerah ini diperkirakan mempunyai tingkat konduktifitas yang tinggi dibanding dengan daerah sekelilingnya, hal ini ditunjukkan dengan tingginya nilai potensial yang dihasilkan.

4.2.2 Estimasi Sebaran Tanah Subur dari Nilai Potensial Listrik Tanah

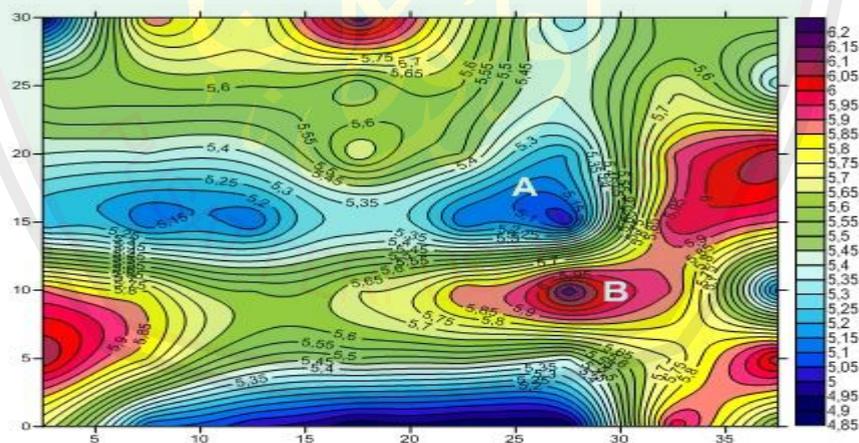
Berdasarkan peta kontur isopotensial yang telah dibuat dapat diinterpretasikan bahwa daerah penelitian merupakan zona konduktif yang diindikasikan dengan rendahnya nilai potensial diri yang terukur, yang secara numerik bernilai negatif (Kartini dan Danusaputro, 2005).

Kondisi diatas menunjukkan pola sebaran anomali yang dalam penelitian ini merupakan dugaan untuk sebaran tanah subur yang ditunjukkan oleh anomali dengan tonjolan besar. Variasi nilai sebaran potensial listrik tanah antara -18 mV sampai 26 mV. Pada daerah anomali yakni daerah dengan tonjolan besar pada nilai potensial listrik tanah yaitu antara -2 mV sampai dengan -20 mV diperkirakan sebagai zona konduktif dibandingkan dengan daerah sekelilingnya yang ditunjukkan dengan rendahnya nilai potensial listrik tanah yang terukur. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Hamzah dkk. (2008), bahwa semakin kecil anomali potensial listrik tana (bernilai negatif), maka akumulasi aliran air ke lokasi itu relatif semakin besar. Pada anomali A (warna hijau) diketahui bahwa variasi nilai potensial listrik tanah antara 4 mV sampai 18 mV. Dan anomali B (warna biru keunguan) dengan nilai isopotensial antara -2 mV sampai -20 mV.

Penyebab perbedaan nilai beda potensial pada survei dengan metode potensial diri (*self potential*) adalah karena adanya aktivitas elektrokimia dan mekanik di permukaan bumi. Proses mekanik tersebut adalah elektrokinetik yang

tidak lain adalah adanya larutan elektrolit yang mengalir melalui medium berpori atau kapiler, sehingga terjadi pertukaran ion antara fluida dan partikel-partikel tanah. Selain itu terdapat potensial mineralisasi dimana di dalam tubuh mineral terjadi reaksi setengah sel elektrokimia, dan anoda berada di bawah air tanah. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi, maka anoda merupakan sumber arus sulfida yang berada di bawah permukaan tanah, sulfida mengalami oksidasi dan reduksi yang diakibatkan oleh H_2O dan O_2 di dalam tanah. Sato dan Mooney (1960), menggambarkan aliran-aliran ion dan elektron mengalir di sekitar sulfida dan di dalam sulfida, zona tersebut diasumsikan menjadi penghantar yang baik untuk membawa elektron dari suatu kedalaman ke daerah dekat permukaan tanah.

4.2.3 Sebaran Nilai pH Tanah



Gambar 4.8 Pola sebaran nilai pH tanah pada kedalaman 30 cm

Gambar diatas menunjukkan kontur pencitraan tanah yang menggambarkan pola sebaran nilai pH di setiap titik pengukuran dengan menggunakan software *surfer11*.

Nilai pH yang didapatkan dari sampel pengujian di setiap titik pengukuran berkisar antara 4,9 sampai 6,2. Perbedaan nilai tersebut disebabkan adanya perubahan reaksi didalam tanah, hal ini berkaitan dengan perubahan tingkat kelarutan senyawa dari unsur-unsur di dalam tanah dengan pH lingkungan di dalam tanah. Oleh karena itu, pH sangat mempengaruhi ketersediaan hara bagi tanaman. Adapun unsur hara didalam tanah berupa nitrogen, kalium, kalsium, fosforus, magnesium, dll.

Dari gambar kontur di atas menunjukkan pola sebaran pH tanah di setiap titik pengukuran. Daerah anomali A yang ditunjukkan dengan warna biru mempunyai nilai pH antara 4,85 sampai 5,4 dan termasuk dalam jenis tanah asam sangat kuat. Dan daerah anomali B yang ditunjukkan dengan warna hijau mempunyai nilai pH antara 5,5 sampai 5,6 dan termasuk dalam jenis tanah asam kuat. Dan daerah anomali yang ditunjukkan dengan warna kuning sampai merah mempunyai nilai pH antara 5,7 sampai 6,0 dan termasuk dalam jenis tanah agak asam.

4.2.4 Estimasi Sebaran Tanah Subur dari Nilai pH

Daerah yang diasumsikan sebagai zona konduktif tersebut berada antara jarak 20m sampai 30m dengan nilai potensial listrik tanah antara -2 mV sampai -20 mV. Berdasarkan uji pH dari setiap titik pengambilan data pada survei *self potential* daerah tersebut mempunyai nilai pH berkisar antara 4,9 - 6,2, dan untuk zona konduktif pada pH berkisar antara 5,6 - 6,2. Adapun klasifikasi tanah berdasarkan nilai pH dapat dilihat pada tabel berikut (Munawar,2011):

Tabel 4.1 Klasifikasi tanah berdasarkan nilai pH (Munawar, 2011)

Tanah	pH (H ₂ O)	Tanah	pH (H ₂ O)
Luar biasa asam	> 4,5	Netral	6,6-7,3
Asam sangat kuat	4,5-5,0	Agak basis	7,4-7,8
Asam kuat	5,1-5,5	Basis sedang	7,9-8,4
Asam sedang	5,6-6,0	Basis kuat	8,5-9,0
Agak asam	6,1-6,5	Basis sangat kuat	> 9,0

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa daerah yang diasumsikan sebagai zona konduktif termasuk dalam jenis tanah **asam sedang**. Secara umum, tanah masam merupakan tanah yang mempunyai nilai pH kurang dari 5,0. Sedangkan tanah yang mempunyai pH antara 5,0 - 7,0 (meskipun secara kimiawi termasuk masam) tidak digolongkan ke dalam tanah masam karena tidak memerlukan perlakuan khusus dalam kaitannya dengan pH. Tanah masam tersebar sangat luas dari dataran rendah sampai dataran tinggi dengan wilayah datar sampai bergunung. Kendala pada tanah masam adalah memiliki reaksi tanah yang masam, miskin hara, kandungan bahan organik rendah, kandungan besi dan aluminium sangat tinggi melebihi batas, serta peka terhadap erosi sehingga tingkat produktivitasnya rendah (Hidayat, et al., 2000).

Pengaruh pH terhadap pertumbuhan tanaman dapat dipandang dari segi denaturasi protein penyusun sel yang tidak lain ketersediaan unsur hara pada tanaman. Pada pH rendah terjadi kekahatan (*deficiency*) unsur-unsur hara makro dan bersamaan dengan itu terjadi peningkatan ketersediaan unsur-unsur hara mikro, yang dapat melampaui batas sehingga bersifat meracun. Pada pH tinggi hampir semua unsur hara mikro bersifat kahat. Dengan kata lain pH tanah

merupakan salah satu faktor penting yang mengatur keadaan lingkungan ion dalam tanah.

Muatan partikel tanah dapat bersifat permanen negatif dan dapat berubah-ubah (negatif atau positif) tergantung kepada lingkungan, terutama pH. Sumber muatan yang berubah-ubah adalah gugus-gugus karboksilat (-COOH), fenolik (-C₆H₄OH), dan hidroksil (-OH) pada koloid organik (humus) yang mempunyai luas permukaan yang sangat besar. Pada pH rendah, muatan positifnya meningkat (protonisasi), dan sebaliknya pada pH tinggi muatan negatif meningkat (deprotonisasi).

4.2.5 Pola Sebaran Kandungan P-Tersedia, K-Tersedia, dan C-organik Tanah

Pola sebaran kandungan P-tersedia, K-tersedia, dan C-organik tanah berdasarkan uji tanah kering pada kedalaman 15 cm dan kedalaman 30 cm dengan beberapa pereaksi dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Uji Kandungan P,K, dan C-organik

Kedalaman	Line	Jenis Hara			Kebutuhan Kapur
		P	K	C-organik	
15 cm	1	Sedang	Sedikit	Rendah	10 tetes > 8
	2	Sedang	Sedikit	Rendah	10 tetes > 8
	3	Sedang	Sedikit	Rendah	10 tetes > 8
	4	Sedang	Sedikit	Rendah	10 tetes > 8
	5	Sedang	Sedikit	Rendah	10 tetes > 8
	6	Sedang	Sedikit	Rendah	10 tetes > 8
	7	Sedang	Sedikit	Rendah	10 tetes > 8
30 cm	1	Rendah	Ada	Rendah	10 tetes > 8
	2	Rendah	Ada	Rendah	10 tetes > 8
	3	Rendah	Ada	Rendah	10 tetes > 8
	4	Rendah	Ada	Rendah	10 tetes > 8
	5	Rendah	Ada	Rendah	10 tetes > 8
	6	Rendah	Ada	Rendah	10 tetes > 8
	7	Rendah	Ada	Rendah	10 tetes > 8

Zona konduktif pada daerah penelitian diasumsikan sebagai posisi tersebarnya soil yang mengandung banyak mineral kesuburan tanah, seperti Karbon (C), Nitrogen (N), Fosforus (F), Kalium (K), Sulfur (S), dll. Dpalam penelitian ini penulis tidak hanya mengambil data dengan metode potensial (*self potential*) untuk mengetahui estimasi sebaran tanah subur, telah dilakukan juga uji sampel tanah kering untuk mengetahui kadar dari unsur hara tersedia pada tanah yaitu uji kadar P-tersedia, K-tersedia, C organik-tersedia pada tanah serta uji pH pada setiap titik pengukuran.

4.2.5.1 Kandungan P-tersedia Tanah

Fosforus (P) merupakan unsur hara esensial penyusun beberapa senyawa kunci dan sebagai katalis reaksi-reaksi biokimia penting di dalam tanaman. Fosforus berperan di dalam menangkap dan mengubah energi matahari menjadi

senyawa-senyawa yang sangat berguna bagi tanaman. Selain itu, peran vital P di dalam nutrisi tanaman agar dapat tumbuh, berkembang, dan memproduksi dengan normal.

Bentuk fosforus (P) di dalam tanah di klasifikasikan menjadi dua, P organik dan P inorganik. Fosforus organik terdapat dalam sisa-sisa tanaman, hewan, dan jaringan jasad renik, sedangkan Fosforus inorganik terdiri dari mineral apatit, kopleks fosfat Fe dan Al, dan P terjerap pada partikel liat. Kelarutan senyawa P organik maupun inorganik di dalam tanah pada umumnya sangat rendah, sehingga hanya sebagian kecil P tanah yang berada dalam larutan tanah. Jumlah P organik di dalam tanah beragam, dari 20% - 80% P total (Prasad dan Power), 1997). Kandungan P-tersedia di dalam tanah jumlahnya beragam, yaitu antara 0,02% - 0,5%, dengan rata-rata 0,05%. Pada umumnya, P organik merupakan mayoritas, terutama pada tanah lapisan atau horizon A. Kandungan P organik pada tanah-tanah yang sedikit bahan organik hanya sekitar 0,03%, sedangkan tanah yang kandungan bahan organiknya tinggi dapat mencapai 0,05% atau lebih. Pada kebanyakan tanah, P organik merupakan mayoritas, terutama pada tanah lapisan atas atau horizon A. Kandungan P-organik pada tanah-tanah yang miskin bahan organiknya hanya sekitar 30%, sedangkan pada tanah-tanah yang kandungan bahan organiknya tinggi dapat mencapai 50% atau lebih. Sedangkan jumlah kandungan P inorganik di dalam tanah dipengaruhi oleh derajat kemasaman tanah (pH).

Ketersediaan P di kebanyakan tanah maksimum pada rentan pH 6,0 sampai 6,5 (Havlin *et.al*,2005). Fikisasi P terjadi pada tanah-tanah masam dan

kapuran atau bereaksi alkalin. Pada tanah masam (pH rendah), fosfat larut akan bereaksi dengan Fe dan Al larut dan membentuk senyawa sebagai Fe- atau Al-fosfat yang relatif kurang larut, sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman. Sebaliknya, pada tanah-tanah alkalin (pH tinggi), ion Ca dan senyawa karbonatnya akan mengendap dengan P larut sebagai mineral Ca-P. Fosforus paling banyak tersedia pada rentang pH antara 5,5 dan 6,5 (Parasad dan Power, 1997).

Sebaran nilai kandungan P-tersedia di daerah penelitian dengan kedalaman sampel uji 15 cm berada dalam status **sedang** dan pada kedalaman 30 cm berada dalam status **rendah** karena pH yang terukur berkisar 4,9 - 6,2 dan termasuk dalam jenis tanah masam. Pada fenomena ini terjadi peningkatan muatan positif dari permukaan mineral liat kristalin sehingga menjerap anion fosfat. Sedangkan pada pH yang lebih tinggi, maka akan terjadi pengendapan dikalsium fosfat dan jenis Ca-P yang lain.

4.2.5.2 Kandungan K-tersedia Tanah

Bersama-sama dengan unsur N dan P, Kalium (K) adalah unsur hara esensial primer bagi tanaman yang terserap oleh tanaman dalam jumlah yang lebih besar dibandingkan unsur-unsur hara lainnya, kecuali N. Semua K di dalam tanah merupakan K inorganik (mineral), dan merupakan unsur yang tidak menjadi bagian struktur senyawa-senyawa organik.

Kandungan K-tersedia pada tanah jumlahnya beragam, mulai dari 0,1% - 3% dengan rata-rata 1% K. Tetapi sebagian besar (sampai 98%) K tanah terikat dalam bentuk mineral, sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Bahkan, banyak

tanah yang mengandung sejumlah K total besar masih tanggap terhadap pemberian pupuk. Di dalam interaksi antara K dan mineral tanah sangat menentukan ketersediaan K bagi tanaman.

Pengaruh pH terhadap ketersediaan K bersifat tidak langsung yaitu melalui pengaruh pH terhadap jenis kation dominan pada kompleks jerapan tanah dan ruang antar lapisan mineral liat. Tanah masam dengan kompleks jerapan tanah akan didominasi oleh Al^{3+} tinggi, dan ion K akan berkumpul pada ruang antar lapisan mineral liat (Havlin *et al*, 2005), akibatnya K cenderung akan berada di dalam larutan tanah sehingga mudah tersedia bagi tanaman. Sebaliknya, jika pH tanah ditingkatkan seperti dengan pengapuran, maka ion Al^{3+} akan mengendap sehingga K dijerap oleh tanah lebih kuat.

Nilai sebaran kandungan K-tersedia di daerah penelitian dengan kedalaman sampel uji 15 cm berada dalam status **rendah** dan untuk kedalaman 30 cm berada dalam status **ada**. Untuk jumlah kandungan K-tersedia tanah, yang ditunjukkan adanya sedikit endapan putih (menyerupai kabut) saat dilakukan uji tanah kering untuk kandungan K. Kalium berfungsi dalam pembentukan lapisan kutikula yang sangat penting untuk pertahanan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit. Tanaman yang dipasok K cukup mempunyai aktivitas enzim tinggi dan tahan terhadap serangan jamur dan sengatan serangga. Selain itu, K juga terlibat dalam proses pemasakan buah dan mendorong tingginya kandungan asam di dalam tanaman yang esensial untuk membuat rasa enak dari buah (SQM, 2006).

4.2.5.3 Kandungan C-Organik Tanah

Kandungan karbon (C) dan nitrogen (N) merupakan sumber bahan organik yang sangat penting untuk peningkatan kandungan bahan organik tanah (BOT). Hubungan C dan N untuk menentukan nilai dari bahan atau untuk menentukan tindakan yang harus dilakukan agar penambahan bahan organik bermanfaat untuk perbaikan kondisi tanah. Hubungan ini disebut dengan rasio (nisbah) karbon:nitrogen (C/N). Kebanyakan residu tanaman mengandung 45% C, tetapi kandungan N sangat beragam. Rasio C/N yang rendah berarti bahan mengandung banyak N dan mudah terdekomposisi, sehingga cepat memasok N bagi tanaman. Sebaliknya, bahan-bahan dengan rasio C/N tinggi akan sulit terdekomposisi dan dapat menyebabkan kekahatan N pada tanaman.

Kandungan C-organik tanah dipengaruhi oleh perubahan pH tanah. Kenaikan nilai pH tanah juga mempengaruhi kenaikan kandungan C-organik tanah. Begitu pula sebaliknya, penurunan nilai pH tanah mempengaruhi penurunan kandungan C-organik tanah.

Nilai sebaran kandungan C-Organik tanah di daerah penelitian dengan kedalaman sampel uji 15 cm dan kedalaman 30 cm berada dalam status **rendah**. Untuk jumlah kandungan C-Organik tanah yang ditunjukkan dengan tinggi busa ≤ 2 cm. Kandungan C-Organik tanah sangat dipengaruhi oleh pH tanah, kenaikan pH akan mempengaruhi kenaikan kandungan C-Organik, dan sebaliknya penurunan pH akan menurunkan kandungan C-Organik tanah.

4.3 Hubungan Nilai Potensial Listrik Tanah dan Kandungan Unsur Hara Terhadap Kesuburan Tanah

Berdasarkan penjelasan di atas setiap komponen yang diperoleh dari setiap pengukuran pada penelitian ini mempunyai hubungan terhadap harga kesuburan tanah di daerah penelitian. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah potensial diri (*self potential*) yang mengukur nilai potensial alami tanah dengan elektroda berpori dan indikasi untuk anomali ditunjukkan adanya tonjolan yang besar pada nilai potensial listrik tanah dan diasumsikan sebagai posisi tersebarnya mineral-mineral yang terkandung pada air dalam soil atau disebut sebagai zona konduktif. Dan data tersebut dikontrol dengan uji kandungan unsur hara tanah diantaranya Fosforus (P), Kalium (K), C-Organik serta pH tanah.

Berdasarkan data penelitian yaitu data nilai potensial listrik tanah dan pH tanah dilakukan uji korelasi dengan statistika untuk mengetahui hubungan keduanya terhadap kesuburan tanah. Uji korelasi antara nilai potensial listrik tanah dan pH tanah ditunjukkan pada tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Korelasi potensial listrik tanah dengan pH

		pH	Potensial listrik tanah
pH	Pearson Correlation	1	-.995**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	56	56
Potensial listrik tanah	Pearson Correlation	-.995**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	56	56

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



Gambar 4.9 Grafik hubungan potensial listrik tanah terhadap pH

Berdasarkan hasil uji korelasi pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa antara potensial listrik tanah (mV) dengan kadar pH pada daerah penelitian menyatakan adanya korelasi negatif antara keduanya. Hal ini terbukti dari nilai pearson correlation sebesar $r = -0.995$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa semakin besar nilai pH maka akan semakin kecil nilai potensial listrik tanahnya (negatif), dan sebaliknya semakin kecil nilai pH maka akan semakin besar nilai potensial listrik tanahnya (positif).

Pada pembahasan sebelumnya dijelaskan bahwa jenis tanah pada penelitian ini termasuk dalam tanah **asam sedang (pH 5,5 – 6,0)** dan salah satu karakteristiknya adalah kadar hara (makro & mikro) cukup rendah, sifat kimia tanah cukup rendah, serta aktivitas mikroorganisme yang cukup rendah. Ini dibuktikan dari hasil uji sampel tanah untuk kandungan hara Fosforus (P), Kalium (K), dan C-Organik tanah. Pada umumnya unsur hara makro akan lebih tersedia pada pH agak masam sampai netral, sedangkan unsur hara mikro kebalikannya

yakni lebih tersedia pada pH yang lebih rendah. Tersedianya unsur hara makro, seperti Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K) dan Magnesium (M) pada pH 6,5. Unsur hara Fosfor (P) pada pH lebih besar dari 8,0 tidak tersedia karena diikat oleh ion Ca. Sebaliknya jika pH turun menjadi lebih kecil dari 5,0 maka fosfat kembali menjadi tidak tersedia. Hal ini dapat terjadi karena dalam kondisi pH masam, unsur-unsur seperti Al, Fe, dan Mn menjadi sangat larut. Fosfat yang semula tersedia akan diikat oleh logam-logam sehingga tidak larut dan tidak tersedia untuk tanaman.

Hubungan derajat keasaman tanah (pH) dengan unsur hara bagi tanaman yaitu pada keasaman tanah netral (pH 6,5 – 7,5) unsur hara tersedia dalam jumlah yang optimal. Pada kebanyakan tanah ketersediaan P maksimum dijumpai pada kisaran antara 5,5 – 7,5 dan ketersediaan menurun bila pH lebih rendah dari 5,5 atau lebih tinggi dari 7,5 (Budianto dkk, 1995).

Unsur hara tersebut di golongan dalam unsur hara makro yang tidak lain merupakan sumber bahan organik tumbuhan (BOT) yang berperan dalam memperbaiki sifat-sifat tanah yang dapat menjaga ketersediaan unsur hara di dalam tanah dan membuat kondisi tanah cocok untuk pertumbuhan tanaman. Bahan organik berpengaruh terhadap sifat-sifat fisika tanah melalui berbagai cara, diantaranya jatuhnya butiran hujan. Bahan organik dapat memperbaiki struktur tanah melalui sifat-sifat adhesif dari bahan organik, seperti bahan sisa bakteri, gel organik, jamur, dll (Munawar, 2011).

Perubahan pH tanah tersebut akan mempengaruhi perubahan nilai konduktivitas tanah. Perubahan nilai konduktivitas tanah merupakan akibat dari

larutan elektrolit pupuk. Oleh karena itu, kandungan air pada tanah sangat berpengaruh terhadap perubahan nilai konduktivitasnya. Tanah yang subur diindikasikan dengan nilai konduktivitas yang rendah, dengan kata lain pH tanah tersebut juga rendah. Tingkat kesuburan tanah yang rendah merupakan akibat dari kondisi kemasaman tanah yang disertai dengan tingginya sifat toksisitas Fe dan Al yang berakibat pada kahalatnya Ca, Mg, dan P karena proses fiksasi yang distimulasi aktivitas ion H^+ . Hal ini mendorong perubahan elektrokimia terhadap penyediaan dan pengambilan hara (Ponnamperuma, 1985). Perubahan sifat-sifat kimia yang dimaksud antara lain terjadinya perubahan potensial redoks (Eh) dan keasaman tanah (pH) yang merupakan dua faktor utama yang saling berkaitan dalam mempengaruhi kelarutan dan ketersediaan hara dan transformasinya di dalam tanah serta berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman.

Berdasarkan data yang diperoleh, pada daerah penelitian yaitu daerah pertanian bedengan dapat diasumsikan mempunyai tingkat kesuburan rendah yang ditunjukkan dengan sebaran nilai potensial listrik tanah berkisar antara (-18 mV sampai 26 mV) dan nilai pH antara (5,6 sampai 6,0). Dengan asumsi untuk zona konduktif dengan sebaran nilai potensial antara (-2 mV sampai -20 mV) dan pH antara (5,7 sampai 6,0). Selain itu, zona konduktif ini mempunyai tingkat konduktivitas yang cukup rendah, yang ditunjukkan dengan rendahnya kandungan unsur hara pada daerah tersebut, diantaranya Fosforus (P) (pada kedalaman 15 cm berada dalam status **sedang** dan kedalaman 30 cm berada dalam status **rendah**), Kalium (K) (pada kedalaman 15 cm berada dalam status **rendah** dan pada kedalaman 30 cm berada dalam status **ada**), C-Organik (pada kedalaman 15 cm

dan kedalaman 30 cm berada dalam status **rendah** antara), serta pH antara 4,9 - 6,2 (**agak masam**).

4.4 Kesuburan Tanah dalam Perspektif Al-Qur'an

Secara umum tanah merupakan media bagi tumbuhan dan habitat hidup bagi hewan dan tumbuhan. Tanah merupakan hasil transformasi zat-zat mineral dan organik di muka daratan bumi yang terbentuk dibawah pengaruh faktor-faktor lingkungan yang saling berinteraksi dalam masa yang sangat panjang.

Pengertian tanah di dalam Al-Qur'an salah satunya terdapat pada surat 'Abasa ayat 25-27 sebagai berikut:

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ إِلَىٰ طَعَامِهِ ۚ ﴿٢٥﴾ أَنَا صَبَبْنَا الْمَاءَ صَبًّا ﴿٢٦﴾ ثُمَّ شَقَقْنَا الْأَرْضَ شَقًّا ﴿٢٧﴾ فَأَنْبَتْنَا فِيهَا حَبًّا ﴿٢٨﴾

*“Maka hendaklah manusia itu memperhatikan makanannya.
Sesungguhnya kami benar-benar Telah mencurahkan air (dari langit),
Kemudian kami belah bumi dengan sebaik-baiknya,
Lalu kami tumbuhkan biji-bijian di bumi itu”.*

Tanah biasanya terdiri dari mineral tanah liat yang bercampur atau tidak bercampur dengan pasir dan mineral berbutir halus (diameternya kurang dari 0,004 mm). Pada dasarnya terbentuk dari silikat alumunium berbentuk rembesan timbal balik antara silikat dioksida dan alumina dengan sejumlah unsur lain. Bagian atas permukaannya bermuatan listrik positif atau sesuai dengan jenis tanah liatnya.

Kesuburan tanah didefinisikan sebagai status suatu tanah yang menunjukkan kapasitas untuk memasok unsur-unsur esensial dalam jumlah yang mencukupi untuk pertumbuhan tanaman tanpa adanya konsentrasi racun dari

unsur manapun. Kesuburan tanah erat kaitannya dengan produktivitas tanah dan nutrisi tanaman. Produktivitas tanah merupakan kapasitas tanah untuk memproduksi hasil tertentu dengan pengolahan yang maksimum, sedangkan nutrisi tanaman mengacu pada bagaimana tanaman mendapatkan, menyebarkan, dan menggunakan unsur-unsur hara dalam proses dan reaksi yang berlangsung di dalam tanaman bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Foth & Ellis, 1997).

Firman Allah SWT dalam surat Al-Baqarah ayat 22 menjelaskan proses penyebaran unsur-unsur hara pada tanaman sehingga tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan baik, sebagai berikut:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ فِرَاشًا وَالسَّمَاءَ بِنَاءً وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجَ بِهِ
 مِنَ الثَّمَرَاتِ رِزْقًا لَّكُمْ فَلَا تَجْعَلُوا لِلَّهِ أَنْدَادًا وَأَنْتُمْ تَعْلَمُونَ ﴿٢٢﴾

“Dialah yang menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu dan langit sebagai atap, dan dia menurunkan air (hujan) dari langit, lalu dia menghasilkan dengan hujan itu segala buah-buahan sebagai rezki untukmu; Karena itu janganlah kamu mengadakan sekutu-sekutu bagi Allah[30], padahal kamu Mengetahui” (QS. Al-Baqarah [2]:22).

Bergetarnya tanaman karena disirami air mempunyai beberapa sebab selain pertambahan bobotnya karena hidrasi, diantara sebabnya adalah terdapat muatan listrik yang serupa diatas permukaan butiran yang berakibat ketidak harmonisan dan saling menjauh sesamanya di dalam gerak getaran hanya bisa dihentikan dengan kesetaraan muatan listrik itu melalui muatan yang berbeda akibat ionisasi zat garam tanah di dalam pengairan. Dengan demikian terjadi pertukaran antar berbagai ion di permukaan molekul tanah dan ion yang tersebar

di dalam air yang tersimpan diantaranya agar tumbuh-tumbuhan dapat memanfaatkan ion unsur yang memberinya gizi di dalam tanah setelah penguraiannya melalui enzim tertentu yang dikeluarkan akar bibit mendorong ke bawah. Kalau tidak karena karakteristik rengkahan tanah ketika hujan turun atau pengairan, tentu bumi tidak akan pernah ditumbuhi. Dari ini, kita pahami salah satu bentuk sumpah Al-Qur'an "*Demi bumi yang memiliki celah-celah (rengkahan)*", sangat jelas urgensinya yang besar di dalam penyuburan bumi agar cocok bagi kehidupan.

Berdasarkan penjelasan di atas dapat ditarik garis merah bahwa tanah mempunyai substansi yang sangat kompleks, sehingga menjadikan apa yang di dalamnya hidup serta di dalam tanah juga terdapat zat-zat yang ada di dalam tubuh manusia. Sebagaimana makhluk hidup, tanah mempunyai daya tahan untuk tetap hidup. Sebagaimana Allah SWT menjelaskan dalam firman-Nya surat Fushshilat ayat 39, sebagai berikut:

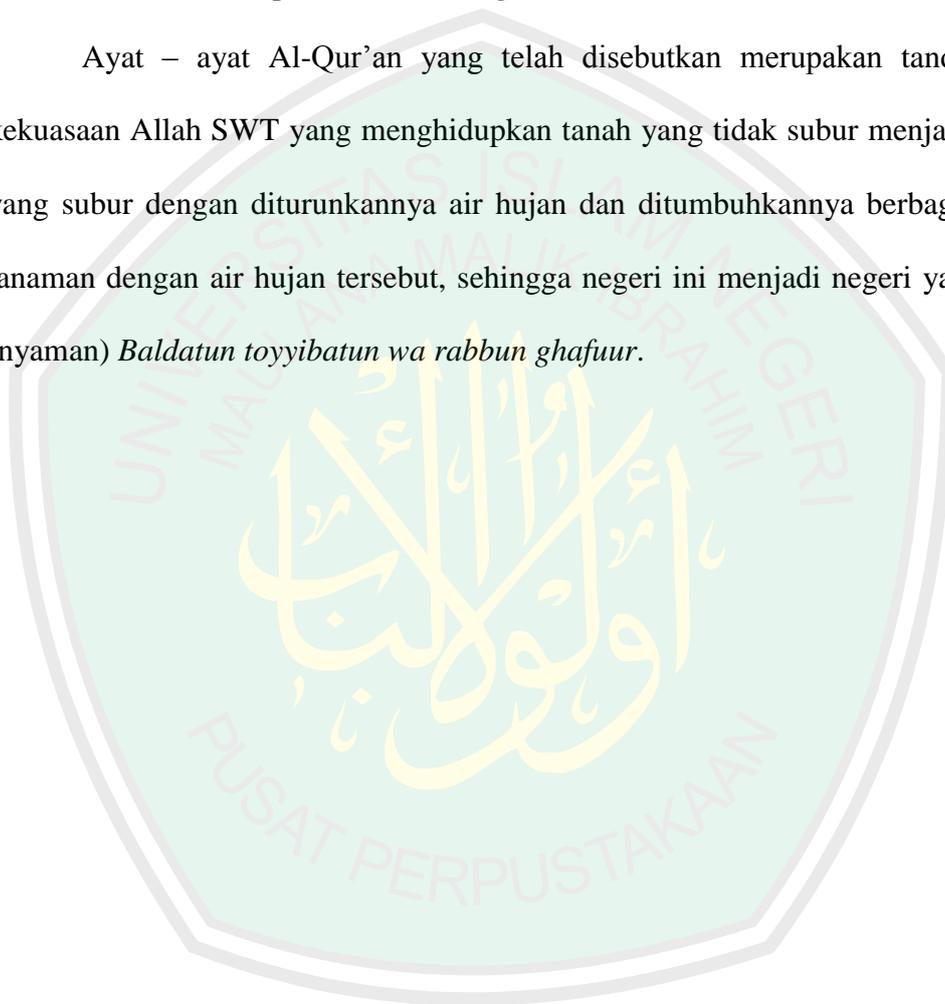
وَمِنْ آيَاتِهِ أَنْ تَرَى الْأَرْضَ خَاشِعَةً فَإِذَا أَنْزَلْنَا عَلَيْهَا الْمَاءَ اهْتَزَّتْ وَرَبَتْ إِنَّ الَّذِي أَحْيَاهَا لَمُحْيٍ الْمَوْتَى إِنَّهُ عَلَى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ ﴿٣٩﴾

“ Dan di antara tanda-tanda-Nya (ialah) bahwa kau lihat bumi kering dan gersang, Maka apabila kami turunkan air di atasnya, niscaya ia bergerak dan subur. Sesungguhnya Tuhan yang menghidupkannya, Pastilah dapat menghidupkan yang mati. Sesungguhnya dia Maha Kuasa atas segala sesuatu”.

Berdasarkan penjelasan dari ayat-ayat Al-Qur'an di atas dapat diketahui bagaimana proses penyebaran unsur hara (makro dan mikro) pada tanah, yang disebabkan oleh penambahan bobot tanah karena hujan atau perairan. Hal ini

ditunjukkan dengan pertukaran berbagai ion pada permukaan molekul tanah sehingga muatan pada tanah akan berubah dan perubahan muatan pada tanah akan mempengaruhi reaksi pada tanah (pH). Sehingga tingkat kesuburan dan produktivitas tanah dapat diketahui dengan baik.

Ayat – ayat Al-Qur'an yang telah disebutkan merupakan tanda-tanda kekuasaan Allah SWT yang menghidupkan tanah yang tidak subur menjadi tanah yang subur dengan diturunkannya air hujan dan ditumbuhkannya berbagai jenis tanaman dengan air hujan tersebut, sehingga negeri ini menjadi negeri yang baik (nyaman) *Baldataun toyyibatun wa rabbun ghafuur.*



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan interpretasi data penelitian dengan metode *self potential* (potensial diri) dapat disimpulkan bahwa :

1. Pola sebaran nilai potensial listrik tanah di daerah penelitian bervariasi antara -18 mV sampai 26 mV. Sedangkan pola sebaran nilai pH tanah di daerah penelitian bervariasi antara 4,9 sampai 6,2. Daerah dengan nilai potensial listrik tanah rendah diperkirakan mempunyai tingkat kesuburan yang lebih baik dibandingkan dengan daerah sekitarnya yang berada pada interval -2 mV sampai -20 mV
2. Berdasarkan sebaran nilai potensial listrik tanah dan pH tanah pada daerah penelitian, diketahui adanya hubungan berbanding terbalik. Semakin besar nilai potensial listrik tanah maka pH semakin rendah dan semakin kecil nilai potensial listrik maka pH nya semakin tinggi.
3. Berdasarkan pola sebaran kandungan P-tersedia, K-tersedia, dan C-organik tanah yang terukur, secara umum tanah di daerah pertanian bedengan Malang mempunyai tingkat kesuburan yang rendah dengan status rendah untuk kandungan (P, K, dan C-organik).

5.2 Saran

1. Survei Potensial Diri pada bidang pertanian merupakan survei pendahuluan untuk mengetahui pola penyebaran anomali pada daerah

penelitian. Maka sebaiknya dilakukan survei lebih lanjut dengan metode lain untuk melengkapi hasilnya.

2. Perlu dilakukan studi teoritik lebih lanjut interpretasi kuantitatif data *self-potential* (potensi diri) untuk model yang lain.
3. Titik-titik pengukuran diperbanyak di sekitar daerah penelitian.



DAFTAR PUSTAKA

- Agustina. 2014. *pH EH dan EC Indikator Uji Kesuburan Tanah*. (Online).(<http://C.Agustina Notes.htm>, diakses 23 Maret 2015).
- Ali, Munawar. 2011. *Kesuburan Tanah dan Nutri Tanaman*. Bogor: IPB Press
- Allred, Barry J.; Daniels, Jeffrey J. Ehsani, M. Reza. 2008. *Handbook Agricultural Geophysics*. CRC Press. USA
- Barber SA. 1995. *Soil Nutrient Bioavailability. A Mechanistic Approach*. New York: John Wiley & Sons
- Muhammad Basir, Chiyo. 2008. "Efektifitas Bahan Organik dan Tinggi Genangan Terhadap Perubahan Eh, pH, dan Status Fe, P, Al terlarut Pada Tanah Ultisol. *Jurnal Agroland (15) 4: 257-263*
- Deni, Rhamdani. 2008. *Analisis Resistansi Tanah Berdasarkan Kelembaban, Temperatur, dan Kadar Garam*. Skripsi. Departemen Elektro Universitas Indonesia
- Eko, Rudi Subandiono. dkk. 2014. "Sifat-Sifat pada Lahan Potensial untuk Pengembangan Pertanian di Provinsi Jambi dan Implikasi Pengelolaannya. *Jurnal Tanah dan Iklim*. Vol. 38 No.1
- Foth HD, Ellis BG. 1997. *Soil Fertility*. 2nd Ed. Boca Raton: Lewis Publishers
- Hanafiah, Kemas Ali. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: Raja Grafindo Persada
- Eko, Handayanto. *Pengelolaan Kesuburan Tanah*. Malang: Fakultas Pertanian UB
- Havlin JI, et al. 2005. *Soil Fertility and Fertilizer. An Introduction to Nutrient Management*. New Jersey: Pearson Prentice Hall
- Joko, Sukamto. 1992. *Hubungan Sifat Fisik Tanah dengan Nilai Konduktivitas Hidrolika (Hydraulic Conductivity)*. Skripsi. Fakultas Teknik Pertanian ITB
- Kartini dan Danusaputro, Hernowo. 2005. "Estimasi Penyebaran Polutan dengan Metode Self Potential (Studi Kasus TPA Jati Barang, Kecamatan Mijen, Semarang)". *Jurnal Berkala Fisika*, Vol 8. No.1 hal 27-32
- Kizlo, Marina & Kanbergs, Arvids. 2009. The Cause of The Parameters Changes of Soil Resistivity. International Scientific Conference on Power and Electrical ECT-2009
- Laboran Geofisika, Fakultas MIPA, UGM. 2001. *Panduan Workshop Eksplorasi Geofisika (Teori dan Aplikasi)*. Yogyakarta: UGM

- Maulana, Yusuf. 2003. "Analisa Kuantitatif Cadangan Panas Bumi Dengan Metode Potensial Diri Di Danau Ranau". *Jurnal Rekayasa Sriwijaya*, No.2 Vol.8
- Mochamad Aji, Saputro. 2015. *Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas 2D Untuk Identifikasi Kesuburan Tanah (Studi Kasus Tanah Pertanian Bedengan Malang)*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
- Muhammad Basir, Chiyo. 2008. "Efektifitas Bahan Organik dan Tinggi Genangan Terhadap Perubahan Eh, pH, dan Status Fe, P, Al terlarut Pada Tanah Ultisol". *Jurnal Agroland (15) 4*: 257-263
- Muh, Sarkowi. 1995. *Interpretasi Kuantitatif Profile Anomali Self Potential Dengan Metode Iteratif Otomatis*. Skripsi. Universitas Diponegoro Semarang
- Muljadi, D., & Arsjad S. 1967. *Peranan Faktor dalam Perentjanaan Landuse Seminar Tata Guna Sumber-sumber Alam Pertama*. Jakarta
- Nita, Andrini. 2014. *Pendugaan Sebaran Mata Air Panas Menggunakan Survei Self Potential (Studi Kasus di Daerah Sumber Air Panas Desa Lombang Kecamatan Btanag-Batang Kabupaten Sumenep)*. Skripsi. Jurusan Fisika UIN Malang
- Nanang, Setiawan. 2009. *Penerapan Metode Potensial Diri (Self Potential) Untuk Menentukan Pola Penyebaran dan Kedalaman Mineral di Kecamatan Silo Kabupaten Jember*. Skripsi. FMIPA Universitas Jember
- Nursyamsi, D & Setyorini, D. 2009. "Ketersediaan P Tanah-Tanah Netral dan Alkalin". *Jurnal Tanah dan Iklim*, No.30
- Paramita, Indrayanti. 2007. "Analisis Pengaruh Jenis dan Kedalaman Tanah Terhadap Kuat Medan Listrik serta Kapasitas Hantar Arus pada Kabel XLVE 20 kV dengan Metode Elemen Hingga". *Proceding Seminar Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS*.
- Ponnamperuma, F.N., 1984. *Effects Of Flooding on soils in T.T. Koslowski (Ed). Flooding and Plant Growth*, P. 10 – 45, Academic Press. Inc. New York
- Pranita, Ferum Mahendra, dkk. 2010. "Pemetaan Permukaan Bawah Tanah di Taman Perpustakaan Universitas Negeri Malang dengan Metode Geolistrik Potensial Diri". Universitas Negeri Malang
- Prasad R, Power JF. 1997. *Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture*. New York: CRC Lesi Publisher
- Prasetyo, B.H. dkk. 1996. "Tanah-tanah sawah intensifikasi di Jawa: Susunan mineral, sifat-sifat kimia dan klasifikasi". Pembret. Penel. Tanah dan pupuk 14: 12-24

- Prasetyo, B.H dan A. Kasno. 1998. "Sifat morfologi, komposisi mineral dan fisika kimia tanah sawah irigasi di Propinsi Lampung". *Jurnal Tanah Tropika* VI (12): 155-168.
- Prasetyo, B.H. dan A. Kasno. 2001. "Sifat morfologi, komposisi mineral, dan fisika kimia tanah sawah irigasi di Propinsi Lampung". Jurusan Ilmu Tanah UNILA dan HITI Kamda Lampung Jurusan Tanah Tropika 12: 155-167
- Rachman, Sutanto. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Sleman: Kanisius
- Rina Dwi, Indriana; Nurwidyanto, M. Irham. 2007. "Interpretasi Bawa Permukaan dengan Metode Self Potensial Daerah Bledug Kuwu Kradenan Grobogan". *Jurnal Berkala Fisika*, Vol 3. P. 155-167
- Ritung, Sofyan & Suryani, Erna. 2013. "Karakteristik Tanah dan Kesesuaian Lahan Tanaman Tebu di Kecamatan Kunduran, Blora, Jawa Tengah". *Jurnal Tanah dan Iklim* No.37
- Sato and Money, 1960, *the Electrochemical Mechanism of Sulphida Self Potential, Geophysics*, Vol. XXV, p. 226-246.
- Shofa, Maila, dkk. 2014. "Interpretasi Pola Aliran Fluida Panas Bumi Dengan Metode Spontaneous-Potential (SP) dan Suhu Permukaan Dangkal Di Lereng Utara Gunung Telomoyo Kabupaten Semarang". *Youngster Physics Journal*, Vol.3 No.2, April 2014, Hal 119-128
- Soil Survey Staff. 1993. *Soil Survey Manual*. USDA Handbook No.18
- Subardja, D. 2007. "Karakteristik dan Pengelolaan Tanah Masam dari batuan Vulkanik untuk Pengembangan Jagung di Sukabumi, Jawa Barat". *Jurnal Tanah dan Iklim*. No. 25
- Sumanto. 2012. *Pengaruh Campuran BatuBara dengan Tanah Liat Pada Konduktivitas Listrik dan Kekuatan Tekan Dingin Sebagai Bahan Refraktor*. Skripsi. Fakultas Teknik Semarang
- Supangat, Agung B. 2013. "Status Kesuburan Tanah Di Bawah Tegakan Eucalyptus Pellita F.Muell: Studi Kasus di HPHTI PT. ARARA ABADI, Riau". *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, Vol. 20 No.1 maret 2013: 22-34
- Suprihanto, Notodarmojo. 2005. *Pencemaran Tanah dan Air Tanah*. Bandung: ITB

LAMPIRAN



Lampiran 1 Data Potensial Listrik Tanah

Daerah Survei : Desa Selorejo,
Kecamatan Dau

Koordinat : S (07.95721°)
E (112.54247°)

Tanggal : 03 April 2015

Ketinggian : 838 m

No.Lintasan : I -VI

Titik awal : (x = 2,5 Y = 0)

Interval : 5 m

No.	Titik Awal		V (mV)	Keterangan
	x	y		
1	2.5	0	-1.8	Line I
2	7.5	0	17.7	
3	12.5	0	20.4	
4	17.5	0	24.3	
5	22.5	0	24.4	
6	27.5	0	25.3	
7	32.5	0	-8.8	
8	37.5	0	6.9	
9	2.5	5	-13.6	
10	7.5	5	-2	
11	12.5	5	5.4	
12	17.5	5	7.3	
13	22.5	5	4.4	
14	27.5	5	9.5	
15	32.5	5	0.8	
16	37.5	5	-12.9	Line III
17	2.5	10	-6.5	
18	7.5	10	-4.2	
19	12.5	10	3.5	
20	17.5	10	0.5	
21	22.5	10	-7.1	
22	27.5	10	-16.7	
23	32.5	10	-7.9	
24	37.5	10	17.7	Line IV
25	2.5	15	16.8	
26	7.5	15	18.1	
27	12.5	15	17.5	
28	17.5	15	11.5	
29	22.5	15	17.5	
30	27.5	15	20.9	
31	32.5	15	-10.5	

32	37.5	15	-6.4	
33	2.5	20	11.1	Line V
34	7.5	20	12	
35	12.5	20	12.5	
36	17.5	20	0.4	
37	22.5	20	6	
38	27.5	20	16.2	
39	32.5	20	-5	
40	37.5	20	-11.9	
41	2.5	25	2.2	Line VI
42	7.5	25	4.9	
43	12.5	25	2.4	
44	17.5	25	7.7	
45	22.5	25	4.5	
46	27.5	25	10.2	
47	32.5	25	0.1	
48	37.5	25	11.8	
49	2.5	30	25.6	Line VII
50	7.5	30	-5.4	
51	12.5	30	0.1	
52	17.5	30	-14.6	
53	22.5	30	0.3	
54	27.5	30	13.7	
55	32.5	30	4.8	
56	37.5	30	2.5	

Lampiran 2 Nilai pH Untuk Setiap Titik Pengukuran

No.	Titik Awal		pH	Keterangan
	x	y		
1	2.5	0	5.7	Line I
2	7.5	0	5.1	
3	12.5	0	5	
4	17.5	0	4.9	
5	22.5	0	4.9	
6	27.5	0	4.9	
7	32.5	0	6	
8	37.5	0	5.5	
9	2.5	5	6.1	Line II
10	7.5	5	5.8	
11	12.5	5	5.5	
12	17.5	5	5.5	
13	22.5	5	5.5	
14	27.5	5	5.4	
15	32.5	5	5.7	
16	37.5	5	6.1	Line III
17	2.5	10	5.9	
18	7.5	10	5.8	
19	12.5	10	5.6	
20	17.5	10	5.7	
21	22.5	10	5.9	
22	27.5	10	6.2	
23	32.5	10	5.9	
24	37.5	10	5.1	Line IV
25	2.5	15	5.2	
26	7.5	15	5.1	
27	12.5	15	5.1	
28	17.5	15	5.3	
29	22.5	15	5.1	
30	27.5	15	5	
31	32.5	15	6	
32	37.5	15	5.9	Line V
33	2.5	20	5.4	
34	7.5	20	5.4	
35	12.5	20	5.4	
36	17.5	20	5.7	
37	22.5	20	5.5	

38	27.5	20	5.2	Line VI
39	32.5	20	5.9	
40	37.5	20	6.1	
41	2.5	25	5.6	
42	7.5	25	5.6	
43	12.5	25	5.6	
44	17.5	25	5.5	
45	22.5	25	5.6	
46	27.5	25	5.4	
47	32.5	25	5.7	
48	37.5	25	5.3	
49	2.5	30	4.9	Line VII
50	7.5	30	5.9	
51	12.5	30	5.7	
52	17.5	30	6.2	
53	22.5	30	5.7	
54	27.5	30	5.3	
55	32.5	30	5.6	
56	37.5	30	5.6	

Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian



(Pengambilan Data Potensial Listrik Tanah)



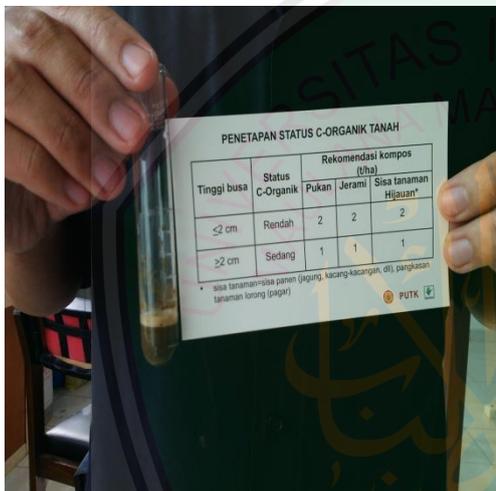
(Alat dan Bahan untuk survei geofisika dengan metode potensial diri)



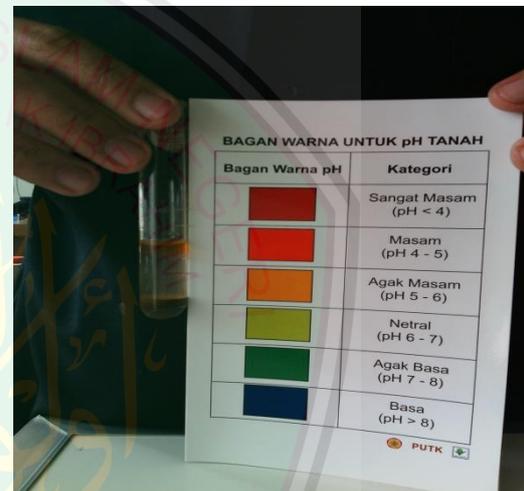
(Sampel tanah untuk diuji nilai pH)



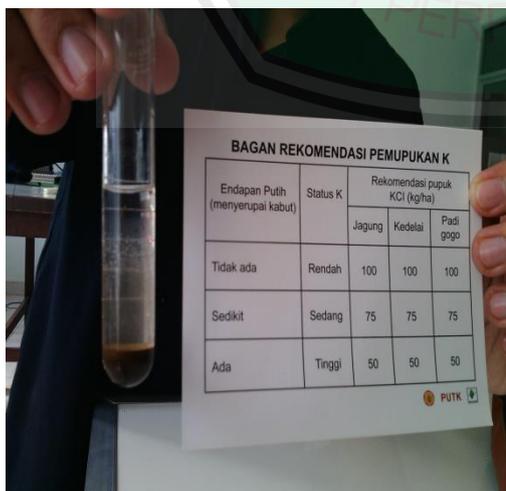
(Uji pH dengan pH meter)



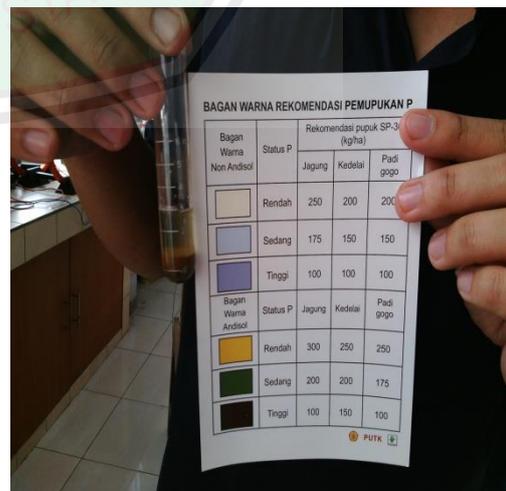
(Uji Kadar C-organik pada tanah kering)



(Uji pH pada tanah kering)



(Uji Kadar K pada tanah kering)



(Uji Kadar P pada tanah kering)