



**PENGEMBANGAN INSTRUMENTASI PENGUKURAN SIMULTAN
BERBASIS ELEKTRODA SELEKTIF ION (ESI)
UNTUK ANALISIS UNSUR HARA TANAH**

SKRIPSI

Oleh

Rani Armida Putri Wigina

NIM. 101810301036

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2016



**PENGEMBANGAN INSTRUMENTASI PENGUKURAN SIMULTAN
BERBASIS ELEKTRODA SELEKTIF ION (ESI)
UNTUK ANALISIS UNSUR HARA TANAH**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh:

Rani Armida Putri Wigina

NIM 101810301036

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Ayahanda Rebo, Ibunda Dini Indarwati dan Kakak Ringe Juwita Grahmawati serta Rendika Singgih Kurniawan yang tercinta, terimakasih atas doa, motivasi, kasih sayang yang luar biasa serta pengorbanan selama ini
2. Bapak/ibu guru TK Al Baitul Amien Jember, SDN Kepatihan 03 Jember, SMP Negeri 1 Jember dan SMAN 3 Jember serta bapak/ibu dosen di Jurusan Kimia FMIPA UNEJ yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing dengan penuh kesabaran
3. Rekan kerja penelitian Reksi Bayu Murti yang selalu memberikan semangat untuk terselesaikannya penelitian dengan baik;
4. Teman-teman kimia angkatan 2010 “RUMPIS” tanpa terkecuali atas semangat, kebersamaan, dan kerjasamanya sehingga studi penulis terselesaikan dengan baik;
5. Andika Ade, Maya, Umi, Lena, Melia, Cinde, Dani, Anita dan Minin, terima kasih atas doa, dorongan, semangat dan perhatian yang diberikan selama ini;
6. Sahabat SMA Juwita, Chusnul, Ranny Ifmaniar yang telah menemani perjalanan studi penulis; dan
7. Almamater tercinta Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai
(dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain).

Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap”
(terjemahan Surat Asy-Syarh Ayat 6-8)^{*)}

“*When you believe, your mind will find way to do*”
(David J. Schwartz)^{**)}

^{*)} Departemen Agama Proyek Pengabdian Kitab Suci Al-Qur'an. 1975. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Jakarta: PT. Bumi Restu.

^{**)} David J. Schwartz. 1959. *The Magic of Thinking Big*. Publisher: Wilshire Book Co, Chatsworth, California.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rani Armida Putri Wigina

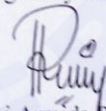
NIM : 101810301036

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul "Pengembangan Instrumentasi Pengukuran Simultan Berbasis Elektroda Selektif Ion (ESI) untuk Analisis Unsur Hara Tanah" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari ini tidak benar.

Jember, 20 Juni 2016

Yang menyatakan,



Rani Armida Putri Wigina

NIM 101810301036

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN INSTRUMENTASI PENGUKURAN SIMULTAN
BERBASIS ELEKTRODA SELEKTIF ION (ESI)
UNTUK ANALISIS UNSUR HARA TANAH**

Oleh:

Rani Armida Putri Wigina

NIM 101810301036

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Asnawati, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph. D.

PENGESAHAN

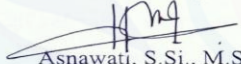
Skripsi berjudul “Pengembangan Instrumentasi Pengukuran Simultan Berbasis Elektroda Selektif Ion (ESI) untuk Analisis Unsur Hara Tanah” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

hari, tanggal : **KAMIS 23 JUN 2016**

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

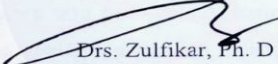
Tim Penguji;

Ketua (DPU),


Asnawati, S.Si., M.Si

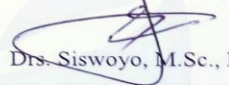
NIP. 196808141999032001

Penguji I,


Drs. Zulfikar, Ph. D

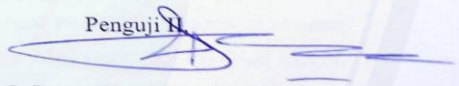
NIP. 196310121987021001

Sekretaris (DPA),


Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D

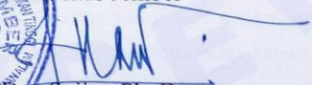
NIP. 196605291993031003

Penguji II,


Dr. D. S. Purwo Handoko, S.Si., M.Si

NIP. 196808021994021001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember


Drs. Sujito, Ph. D

NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Pengembangan Instrumentasi Pengukuran Simultan Berbasis Elektroda Selektif Ion (ESI) untuk Analisis Unsur Hara Tanah; Rani Armida Putri Wigina, 101810301036; 2016: 45 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Unsur hara merupakan unsur yang terdapat dalam tanah yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman melalui bentuk ketersediaan, konsentrasi, dan kesetimbangannya dengan unsur hara lain (Winarso, 2005). Metode analisis yang banyak digunakan untuk analisis unsur hara seperti kalium, nitrat dan fosfat pada umumnya sulit diaplikasikan di lapangan. Metode potensiometri berbasis elektroda selektif ion merupakan salah satu metode yang dapat diaplikasikan di lapangan. Metode potensiometri dengan ekstraktor portabel (PEP) mulai dikembangkan karena memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode potensiometri pada umumnya yaitu dapat dilakukan pada tempat pengambilan sampel dan ekstraksi sampel melalui pengocokan menggunakan botol (Utami, 2013). Metode PEP yang sudah digunakan selama ini memerlukan waktu yang relatif lama karena pengukuran analit dilakukan secara satu per satu (Paramita, Sukaton, Muawanah, Mujiyono, 2014). Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan pengembangan instrumentasi untuk pengukuran secara simultan yang dapat mengukur analit (ion kalium, nitrat dan fosfat) dalam waktu yang bersamaan, sehingga dapat mempersingkat waktu analisis.

Penelitian ini diawali dengan pembuatan desain instrumen pengukuran simultan berbasis elektroda selektif ion. Pengujian dilakukan menggunakan larutan standar untuk masing-masing analit dan sampel tanah secara tunggal dan simultan. Data hasil pengukuran divalidasi untuk mengetahui nilai sensitivitas, limit deteksi, daerah linier dan keterulangan metode PEP tunggal maupun simultan.

Desain instrumentasi pengukuran simultan dari penelitian ini tersusun atas beberapa komponen yaitu sensor, penguat sinyal, *Analog Digital Converter* (ADC) dan komputer. Pengukuran daerah linier untuk kalium, nitrat dan fosfat memiliki daerah linier yang sama baik pada metode PEP tunggal maupun simultan. Namun, nilai sensitivitas dan limit deteksi metode PEP tunggal lebih rendah dibandingkan dengan metode PEP secara simultan. Sementara pengukuran keterulangan untuk kalium, nitrat dan fosfat metode PEP tunggal memiliki nilai koefisien variasi yang lebih rendah daripada metode PEP simultan. Waktu analisis metode PEP tunggal lebih lama dibandingkan dengan metode PEP simultan.

PRAKATA

Puji syukur Alhamdulillah ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan Instrumentasi Pengukuran Simultan Berbasis Elektroda Selektif Ion (ESI) untuk Analisis Unsur Hara Tanah”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Drs. Sujito, Ph. D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Asnawati, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, dan perhatiannya dalam penulisan skripsi ini;
4. Drs. Zulfikar, Ph.D. selaku Dosen Penguji I dan Dr. Donatus Setyawan Purwo Handoko, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu guna menguji serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
5. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dalam menyelesaikan studi di Jurusan Kimia;
6. Dwi Indarti, S.Si., M.Si. selaku Ketua Laboratorium Instrumen yang telah memberikan izin tempat penelitian;

7. Bapak/ibu dosen Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember umumnya dan bapak/ibu dosen Jurusan Kimia khususnya yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan;
8. Teknisi-teknisi Laboratorium Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
9. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Besar harapan penulis, semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk semua pihak. Amin.

Jember, Juni 2016

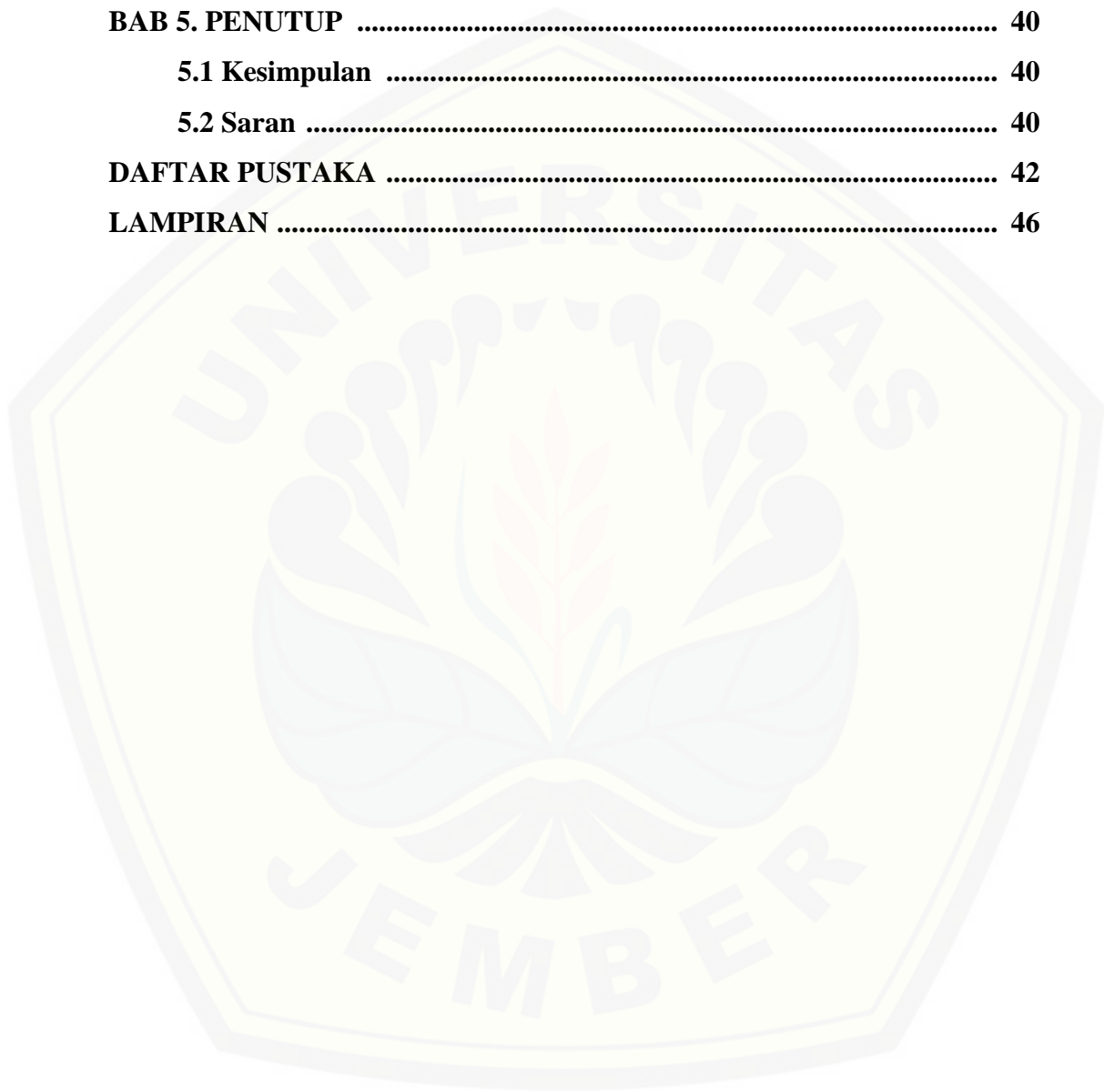
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tanah	4
2.2 Sistem Akuisisi Data	5
2.3 Sensor	6
2.3.1 Potensiometri	6
2.4 Transduser	9
2.5 Amplifier	9
2.6 Analog Digital Converter (ADC)	10
2.7 Sistem Pengukuran Simultan Berbasis Komputer	11

BAB 3. METODE PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.2.1 Alat	12
3.2.2 Bahan	12
3.3 Diagram Alir Penelitian	13
3.4 Prosedur Penelitian	14
3.4.1 Skema Pengukuran Simultan.....	14
3.4.2 Pengambilan Sampel	14
3.4.3 Pengukuran Kadar Air.....	14
3.4.4 Pembuatan Berbagai Larutan	15
3.4.5 Analisis Kalium dengan Potensiometer Ekstraktor Portabel secara Tunggal.....	18
3.4.6 Analisis Nitrat dengan Potensiometer Ekstraktor Portabel secara Tunggal.....	18
3.4.7 Analisis Fosfat dengan Potensiometer Ekstraktor Portabel secara Tunggal.....	19
3.4.8 Analisis analit dengan Potensiometer Ekstraktor Portabel secara simultan	19
3.5 Validasi Metode Potensiometri.....	20
3.5.1 Daerah linier	20
3.5.2 Sensitivitas.....	21
3.5.3 Limit deteksi.....	21
3.5.4 Keterulangan	22
BAB 4. HASIL dan PEMBAHASAN	23
4.1 Desain Instrumen Pengukuran Simultan.....	23
4.2 Pengukuran Kadar Air	28
4.3 Penentuan Kalium, Nitrat dan Fosfat dengan Metode PEP.....	28
4.3.1 Evaluasi Metode PEP secara Tunggal dan Simultan.....	29
4.4 Karakteristik Metode Potensiometri	32
4.4.1 Daerah linier	34

4.4.2 Sensitivitas.....	35
4.4.3 Limit deteksi.....	36
4.4.4 Keterulangan	36
4.5 Pengukuran Sampel Metode PEP Tunggal dan Simultan.....	38
BAB 5. PENUTUP	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	46

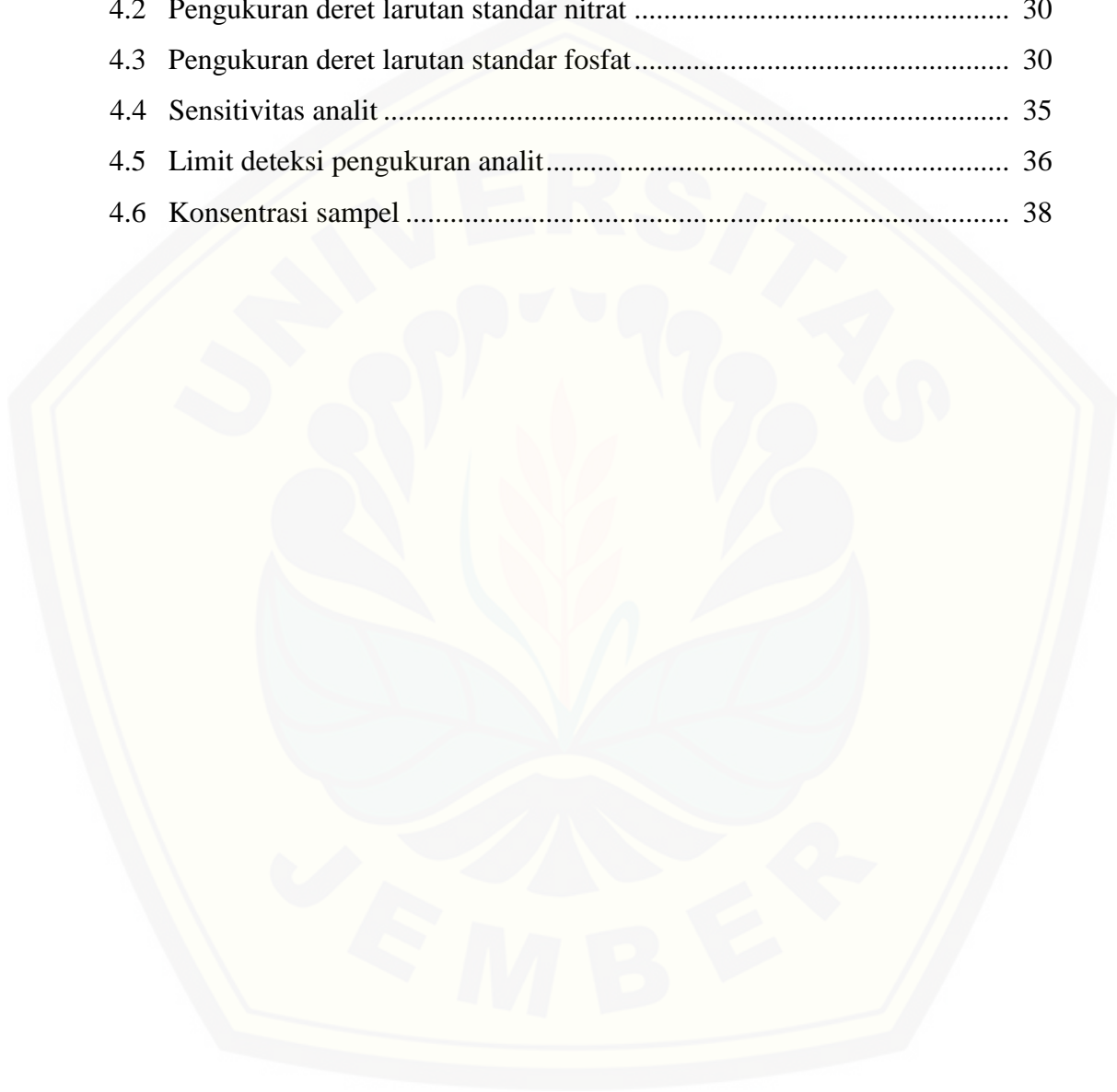


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Gambaran umum masukan-keluaran transduser	9
2.2 Sensor <i>amplifier</i> LAB-EA4-C	10
3.1 Diagram Alir Penelitian	13
3.2 Desain instrumen.....	14
4.1 Desain instrumen pengukuran simultan	23
4.2 Arduino uno	24
4.3 Tampilan <i>front panel</i> metode PEP tunggal	26
4.4 Tampilan <i>front panel</i> metode PEP simultan	26
4.5 Tampilan <i>blog diagram</i> metode PEP tunggal	27
4.6 Tampilan <i>blog diagram</i> metode PEP simultan	27
4.7 Proses ekstraksi pada metode potensiometri dengan ekstraktor portabel	29
4.8 Kurva kalibrasi kalium metode PEP tunggal dan simultan.....	32
4.9 Kurva kalibrasi nitrat metode PEP tunggal dan simultan	33
4.10 Kurva kalibrasi fosfat metode PEP tunggal dan simultan.....	33
4.11 Teori kurva kalibrasi kation dan anion	34
4.12 Keterulangan pada kalium metode PEP tunggal dan simultan	37
4.13 Keterulangan pada nitrat metode PEP tunggal dan simultan.....	37
4.14 Keterulangan pada fosfat metode PEP tunggal dan simultan	38

DAFTAR TABEL

	Halaman
4.1 Pengukuran deret larutan standar kalium.....	30
4.2 Pengukuran deret larutan standar nitrat	30
4.3 Pengukuran deret larutan standar fosfat.....	30
4.4 Sensitivitas analit	35
4.5 Limit deteksi pengukuran analit.....	36
4.6 Konsentrasi sampel	38



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Perhitungan limit deteksi	46
A. 1. Metode PEP tunggal	46
A.1.1 Kalium.....	46
A.1.2 Nitrat	46
A.1.3 Fosfat.....	47
A. 2. Metode PEP simultan	47
A.2.1 Kalium.....	47
A.2.2 Nitrat	48
A.2.3 Fosfat.....	48
Lampiran B. Perhitungan keterulangan	49
B.1. Metode PEP tunggal	49
B.1.1 Kalium.....	49
B.1.2 Nitrat.....	49
B.1.3 Fosfat.....	50
B.2. Metode PEP simultan	50
B.2.1 Kalium.....	50
B.2.2 Nitrat.....	51
B.2.3 Fosfat.....	51
Lampiran C. Perhitungan kadar air	52
Lampiran D. Perhitungan konsentrasi dalam sampel tanah	53
D.1. Metode PEP tunggal	53
D.1.1 Kalium.....	53
D.1.2 Nitrat	54
D.1.3 Fosfat.....	55
D.2. Metode PEP simultan	56
D.2.1 Kalium.....	56
D.2.2 Nitrat	57
D.2.3 Fosfat.....	58

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai negara agraris karena sebagian besar penduduknya memiliki mata pencaharian di bidang pertanian. Sistem pengelolaan lahan pertanian yang baik dapat meningkatkan produktivitas tanah, sehingga akan menghasilkan produk yang berkualitas dari tanaman. Salah satu upaya yang dikembangkan untuk pengelolaan lahan pertanian adalah pertanian presisi (*precision agriculture*). Pertanian presisi dilakukan dengan memberikan perlakuan yang tepat pada lokasi yang tepat, sesuai dengan kondisi tanah dan kebutuhan tanaman (Kim *et al.*, 2009). Salah satu hal yang harus diketahui untuk menerapkan pertanian presisi adalah mengetahui unsur hara yang terkandung di dalam tanah.

Unsur hara merupakan unsur yang terdapat dalam tanah yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman melalui bentuk ketersediaan, konsentrasi, dan kesetimbangannya dengan unsur hara lain (Winarso, 2005). Unsur hara dalam tanah dibedakan menjadi unsur makro dan unsur hara mikro. Unsur hara makro terdiri dari karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium, dan sulfur, sedangkan unsur hara mikro terdiri dari besi, mangan, tembaga, seng, boron, molibden, klor, dan kobalt (Foth, 1984).

Metode analisis yang banyak digunakan untuk analisis nitrat, fosfat dan kalium yaitu metode *UV Spectroscopy* (Shaw *et al.*, 2013), *Inductively Coupled Plasma (ICP)* dan *Colorimetric* (Pierzynski *et al.*, 2005), dan *Emission Spectroscopy* (Akenga *et al.*, 2014). Metode ini sulit diaplikasikan di lapangan karena proses preparasi sampel yang kompleks, sehingga dipilih metode potensiometri berbasis elektroda selektif ion untuk mengukur unsur hara dalam tanah. Elektroda selektif ion

merupakan bagian yang sangat berperan dalam analisis secara potensiometri (Suyanta, 2004). Elektroda hanya berinteraksi dengan analit yang akan diukur dan tidak merespon zat lain yang ada dalam sampel (Kim *et al.*, 2006). Metode yang selama ini digunakan untuk analisis unsur hara tanah adalah metode potensiometri konvensional (PK). Metode ini memiliki kelemahan yaitu umumnya masih dilakukan dilaboratorium dan ekstraksi sampel dilakukan dengan cara sampel di *stirer* lalu disaring menggunakan kertas saring sehingga, membutuhkan peralatan yang lebih banyak (Kim *et al.*, 2007).

Metode potensiometri dengan ekstraktor portabel (PEP) mulai dikembangkan karena memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode potensiometri konvensional (PK) yaitu dapat dilakukan pada tempat pengambilan sampel dan ekstraksi sampel melalui pengocokan menggunakan botol, kemudian campuran di dekantasi agar tanah dan ekstrak terpisah sehingga, peralatan yang dibutuhkan tidak banyak (Utami, 2013). Metode PEP yang sudah digunakan selama ini memerlukan waktu yang relatif lama karena pengukuran analit dilakukan secara satu per satu (Paramita, Sukaton, Muawanah, Mujiyono, 2014).

Pengembangan instrumentasi untuk pengukuran secara simultan yang dapat mengukur analit (ion kalium, nitrat dan fosfat) dalam waktu yang bersamaan dilakukan untuk mengurangi alat dan analisis yang dibutuhkan dalam pengukuran dan juga dapat mempersingkat waktu analisis. Sistem pengukuran simultan dilakukan dalam satu langkah percobaan dengan kondisi yang sama sehingga, dapat memperkecil kesalahan pengukuran.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana desain instrumentasi pengukuran simultan berbasis Elektroda Selektif Ion (ESI) dalam penentuan nitrat, kalium, dan fosfat dalam tanah?

2. Bagaimana perbandingan hasil pengukuran menggunakan metode PEP berbasis Elektroda Selektif Ion yang meliputi waktu analisis, limit deteksi, daerah linear, keterulangan dan sensitivitas tunggal dan simultan dalam penentuan nitrat, kalium, dan fosfat dalam tanah?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengembangan instrumentasi menggunakan modul-modul komersial yang siap pakai.
2. *Software* pendukung berbasis Windows OS.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengembangkan instrumentasi pengukuran simultan berbasis Elektroda Selektif Ion (ESI) dalam penentuan nitrat, kalium, dan fosfat dalam tanah.
2. Mengetahui perbandingan hasil pengukuran menggunakan metode PEP berbasis Elektroda Selektif Ion yang meliputi waktu analisis, limit deteksi, daerah linear, keterulangan dan sensitivitas tunggal dan simultan dalam penentuan nitrat, kalium, dan fosfat dalam tanah

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi mengenai metode yang tepat dan lebih efisien dalam penentuan nitrat, kalium, dan fosfat dalam tanah.
2. Mempercepat waktu analisis.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah merupakan hasil evolusi yang memiliki susunan unik dan teratur yang terdiri dari lapisan-lapisan yang berkembang secara genetik (Foth, 1995). Tanah adalah lapisan kerak bumi yang telah mengalami pelapukan yang mengandung bahan-bahan organik dan anorganik yang biasa disebut dengan mineral. Bahan anorganik misalnya unsur hara akan mendukung proses pertumbuhan bahan-bahan organik (jasad hidup) (Rafi'I, 1982). Unsur hara berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman melalui bentuk ketersediaannya, konsentrasi dan kesetimbangannya dengan unsur hara lain. Kondisi unsur hara di dalam tanah mudah dikendalikan sehingga bentuk ketersediaannya, konsentrasi dan kesetimbangannya dengan unsur hara lain dapat disesuaikan dengan kebutuhan tanaman dan dapat menjaga kualitas tanah serta lingkungan (Winarso, 2005).

Unsur hara di dalam tanaman yang memiliki fungsi spesifik dan sangat mempengaruhi pertumbuhan dan kualitas tanaman disebut dengan unsur hara esensial. Unsur hara lain yang terdapat dalam jaringan tanaman disebut dengan unsur hara non esensial. Berdasarkan jumlah unsur hara yang dibutuhkan tanaman, unsur hara esensial dapat dibedakan menjadi unsur hara makro esensial dan unsur hara mikro esensial. Unsur hara makro esensial merupakan unsur hara yang diperlukan tanaman dalam jumlah yang relatif besar, biasanya diatas 500 ppm, sedangkan unsur hara mikro esensial merupakan unsur hara yang diperlukan tanaman dalam jumlah kecil, biasanya kurang dari 50 ppm (Hanafiah, 2012). Unsur-unsur hara yang termasuk unsur hara makro esensial yaitu nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan belerang (S), sedangkan unsur-unsur hara yang

termasuk unsur hara mikro esensial yaitu boron (Bo), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), kobalt (Co) dan klorin (Cl) (Foth, 1998).

Salah satu upaya untuk meningkatkan produksi pertanian adalah dengan menerapkan pola pertanian yang modern dimana dilakukan pemantauan kondisi tanah, lingkungan, dan iklim sebelum dilakukan pengelolaan lahan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam pemantauan lahan pertanian yaitu dengan pengukuran kadar unsur hara makro (N,P,K) dalam tanah dengan menggunakan teknologi sensor. Pengembangan teknologi sensor diharapkan dapat diaplikasikan dalam bidang pertanian sehingga pengelolaan lahan yang meliputi pemupukan dapat dilakukan sesuai dengan kondisi lahan. Hal tersebut tentunya akan meningkatkan produksi hasil pertanian dan menghindari pencemaran yang disebabkan karena pemberian pupuk yang berlebih (Soegandi, 2010).

2.2 Sistem Akuisisi Data

Perkembangan sistem akuisisi data dimulai dengan pengamatan data secara manual yang hanya membutuhkan transduser untuk mengubah suatu besaran fisis menjadi bentuk sinyal listrik dan kemudian mengubahnya menjadi bentuk yang mudah ditangkap oleh manusia. Sistem ini masih menyulitkan terkait dengan proses pengolahan datanya. Sistem dengan menggunakan komputer analog mulai dikembangkan sebagai pengolah datanya. Sistem ini juga masih memiliki kendala yaitu kesulitan dalam menyimpan data dalam bentuk analog dan kesulitan dalam hal pemrograman. Upaya untuk mengatasinya hal tersebut, saat ini dikembangkan sistem akuisisi data digital berbasis komputer (Samadikun *et al*, 1989).

Sistem akuisisi data berbasis komputer terdiri dari beberapa komponen yaitu:

1. Komputer/Laptop berfungsi untuk mengontrol secara keseluruhan kerja sistem
2. *Hardware* meliputi sensor, transduser, dan apabila input sinyal berupa sinyal analog, maka diperlukan pentransferan ke bentuk digital
3. *Software*

Penggunaan akuisisi data memberikan beberapa manfaat yaitu dapat membaca atau menerima data secara terus-menerus, pemrosesan data berlangsung lebih cepat, penerimaan data secara otomatis, dapat menerima lebih dari satu data, dan data yang diterima dapat berasal dari sensor dengan sinyal analog maupun digital (Samadikun *et al*, 1989).

2.3 Sensor

Sensor merupakan bagian dari transduser yang berinteraksi langsung dengan sampel dan berfungsi untuk merasakan adanya perubahan energi eksternal yang akan masuk sebagai *input* transduser. Sensor akan mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia. Salah satu jenis sensor yaitu sensor kimia. Sensor kimia akan mendeteksi jumlah suatu zat kimia dengan cara mengubah besaran kimia menjadi besaran listrik. Sensor ini melibatkan beberapa reaksi kimia. Contoh dari sensor kimia adalah sensor pH, sensor oksigen, dan sensor gas (Karim, 2013). Beberapa karakteristik dari sensor kimia secara umum yaitu:

1. Spesifik
2. Sensitivitas
3. Waktu respon dan % *recovery*
4. Stabilitas dan daya tahan

Sensor kimia yang digunakan untuk mendeteksi konsentrasi suatu analit tertentu dikenal dengan sebutan elektroda selektif ion (ESI). Salah satu prinsip pengukuran pada elektroda selektif ion yaitu potensiometri (Soegandi, 2010).

2.3.1 Potensiometri

Potensiometri merupakan metode analitik yang digunakan untuk mengukur beda potensial dari suatu analit tanpa adanya aliran arus listrik. Prinsip pengukuran dengan metode potensiometri adalah mengukur beda potensial yang terjadi antara elektroda pembanding dengan elektroda kerja (Day dan Underwood, 1989). Elektroda pembanding merupakan elektroda yang nilai potensial selnya sudah diketahui.

Elektroda ini sama sekali tidak peka terhadap komposisi larutan yang sedang diukur. Elektroda kerja merupakan elektroda yang nilai potensial selnya tergantung pada konsentrasi analit (Kenkel, 2003).

Analisis secara potensiometri bergantung pada hubungan antara nilai potensial dengan logaritma konsentrasi analit. Nilai potensial yang terukur berbanding lurus dengan nilai logaritma konsentrasi. Hubungan nilai potensial dengan konsentrasi analit dapat dijelaskan melalui persamaan nernst.

$$E_{sel} = E^0 + \frac{0,0591}{n} \log[ion]$$

dimana n merupakan jumlah mol elektron yang terlibat (Hendayana *et al*, 1994).

Elektroda merupakan suatu penghantar dalam suatu sel elektrokimia. Terdapat dua jenis elektroda dalam pengukuran potensiometri yaitu elektroda indikator dan elektroda pembanding. Elektroda indikator merupakan elektroda yang nilai potensialnya dipengaruhi oleh konsentrasi analit. Elektroda pembanding merupakan elektroda yang nilai potensialnya tidak bergantung pada konsentrasi analit. Elektroda indikator dibagi menjadi dua macam yaitu elektroda logam dan elektroda membran (Hendayana *et al*, 1994).

a. Elektroda Logam

Menurut Hendayana *et al*. (1994) elektroda logam dibagi menjadi beberapa jenis yaitu:

1. Elektroda jenis pertama, elektroda jenis ini langsung berkesetimbangan dengan kation yang berasal dari elektroda logam tersebut.
2. Elektroda jenis kedua, elektroda jenis ini merupakan elektroda yang nilai potensialnya bergantung pada konsentrasi suatu anion yang berikatan dengan ion yang berasal dari elektroda membentuk endapan atau ion kompleks yang stabil.
3. Elektroda jenis ketiga, elektroda jenis ini merupakan elektroda yang nilai potensialnya bergantung pada konsentrasi ion logam lainnya.

4. Elektroda redoks, terdapat beberapa logam yang dapat menjadi elektroda indikator seperti platina, emas, dan paladium. Fungsi logam tersebut adalah untuk membangkitkan kecenderungan sistem dalam menarik atau melepas elektron, namun logam tidak secara nyata dalam reaksi redoks.

b. Elektroda Membran

Elektroda membran dikenal dengan sebutan elektroda selektif ion karena memiliki tingkat selektifitas yang tinggi (Skoog *et al*, 2007). Elektroda selektif ion merupakan elektroda indikator dimana nilai potensial membrannya merupakan fungsi konsentrasi dari satu ion tertentu. Material dalam membran mengandung bahan yang selektif terhadap ion tertentu sehingga dapat memisahkan sampel dalam elektroda. Penggunaan elektroda selektif ion memiliki beberapa keuntungan yaitu pengukuran analit dilakukan secara langsung, memiliki sensitivitas yang baik hingga *range* konsentrasi yang besar, dan mudah dibawa (Wang, 2001).

Elektroda selektif ion yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

a. Elektroda Selektif Ion Nitrat (ELIT 8021)

Memiliki matrik membran polimer PVC yang didesain secara khusus untuk mendeteksi ion nitrat dalam larutan atau untuk kebutuhan laboratorium. Larutan ISA (*Ion Strength Adjustor*) yang dianjurkan yaitu larutan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 2M dan menggunakan larutan standar 1000 ppm NaNO_3 (Nico 2000, 2015 a).

b. Elektroda Selektif Ion Kalium (ELIT 8031)

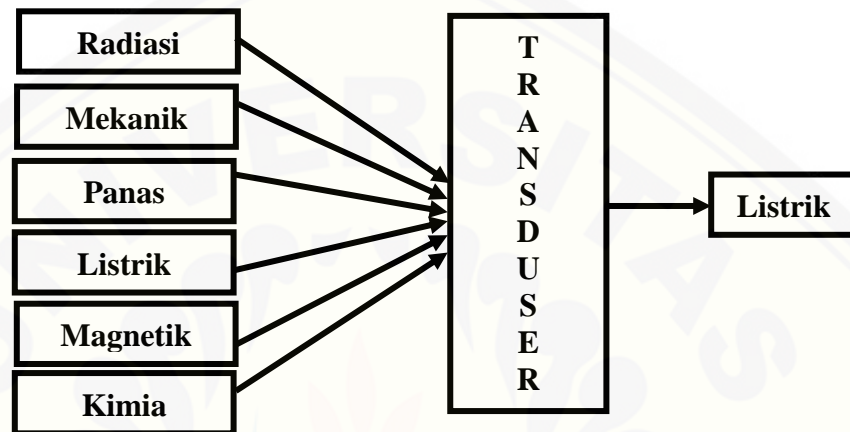
Elektroda ini memiliki matrik membran polimer PVC yang dirancang khusus untuk mendeteksi ion kalium dalam larutan atau untuk kebutuhan labortaorium. Larutan ISA (*Ion Strenght Adjustor*) yang dianjurkan untuk digunakan elektroda ini adalah larutan NaCl 2,5M dan menggunakan larutan standar 1000 ppm KCl (Nico 2000, 2015 b).

c. Elektroda kobalt

Elektroda kobalt merupakan elektroda yang selektif terhadap ion fosfat. Elektroda kobalt dapat merespon ion fosfat melalui proses oksidasi kobalt pada permukaan elektroda. Elektroda kobalt memiliki kelebihan yaitu murah, mudah

digunakan, dan selektif dalam mendeteksi ion fosfat dalam sampel (Meruva dan Meyerhoff, 1996).

2.4 Transduser



Gambar 2.1 Gambaran Umum Masukan-Keluaran Transduser

Gambar 2.1 merupakan gambaran umum masukan dan keluaran dari transduser. Transduser merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk mengubah suatu bentuk energi tertentu menjadi bentuk energi lain. Biasanya diubah menjadi bentuk energi listrik. Transduser dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu *Active Transducer*, transduser yang dapat menghasilkan energi listrik sendiri dan *Passive Transducer*, transduser yang memerlukan *power supply* eksternal untuk dapat bekerja (Trisna, 2013).

2.5 Amplifier

Amplifier berfungsi untuk memperkuat tegangan yang diterima oleh sensor. Hal ini dikarenakan sinyal tegangan *output* yang berasal dari sensor sangat kecil (Trisna, 2013).



Gambar 2.2 Sensor *Amplifier* LAB-EA4-C

Gambar 2.2 merupakan sensor *amplifier* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu jenis LAB-EA4-C. *Amplifier* jenis ini terdiri dari 4 saluran input dan output. Keluaran dari *amplifier* ini yaitu berupa sinyal analog. *Amplifier* ini dapat digunakan untuk pengukuran dengan menggunakan 4 elektroda secara bersamaan dalam satu wadah maupun dalam wadah yang berlainan. Agar dapat bekerja dengan baik, *amplifier* jenis ini harus dihubungkan dengan *power supply* eksternal sebesar 6-9V DC, 200 mA (Eainstrument, 2015).

2.6 Analog Digital Converter (ADC)

Sinyal *analog* yang berupa tegangan potensial tidak dapat langsung di proses di dalam komputer. Sebuah komputer hanya dapat mengolah sebuah data *digital*, sehingga dibutuhkan pengubah sinyal *analog* menjadi *digital*. *Analog Digital Converter* (ADC) merupakan pengubah input sinyal *analog* menjadi kode-kode *digital*. ADC secara umum digunakan sebagai perantara antara sensor (*output* sinyalnya berupa sinyal *analog*) dengan sistem komputer. ADC memiliki 2 karakter yaitu kecepatan sampling dan resolusi. Kecepatan sampling suatu ADC menunjukkan seberapa sering sinyal *analog* diubah menjadi sinyal *digital* pada selang waktu tertentu. Resolusi ADC menunjukkan ketelitian nilai dari hasil konversi ADC. Prinsip kerja dari ADC yaitu mengubah sinyal *analog* ke dalam bentuk besaran yang merupakan nilai perbandingan antara sinyal *input* dengan tegangan referensi (Trisna, 2013).

2.7 Sistem Pengukuran Simultan Berbasis Komputer

Pengukuran unsur hara dalam tanah yang selama ini digunakan yaitu dilakukan pengukuran secara satu per satu. Hal ini tentunya akan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk pengukuran setiap analit. Sistem pengukuran simultan (pengukuran yang dilakukan dalam waktu yang bersamaan) mulai dikembangkan untuk meningkatkan ketepatan dalam pengukuran dan memperoleh sejumlah data dalam waktu yang singkat. Pengukuran secara simultan dapat dilakukan dengan menggunakan instrumentasi yang dirangkai secara khusus untuk pengukuran secara bersamaan dalam penentuan unsur hara dalam tanah. Berkembangnya teknologi berbasis komputer dan komunikasi data saat ini memungkinkan untuk memanfaatkannya dalam suatu sistem pengukuran. Sistem pengukuran dimulai dengan pengambilan, pengolahan, penampilan, dan penyimpanan data yang dilakukan secara otomatis, sehingga akan memudahkan dalam analisis data. Proses pengambilan hingga penyimpanan data dilakukan dengan menjalankan instrumentasi yang telah dirangkai dengan dilengkapi *software* yang dirancang khusus (Kholis *et al*, 2006). Pengukuran simultan dapat dilakukan dalam satu langkah percobaan dengan kondisi percobaan yang sama sehingga, dapat mengurangi kesalahan dalam pengukuran (Nahdhiyah, 2011).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Waktu penelitian dimulai pada bulan Januari 2015 sampai dengan selesai. Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Instrumen Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan

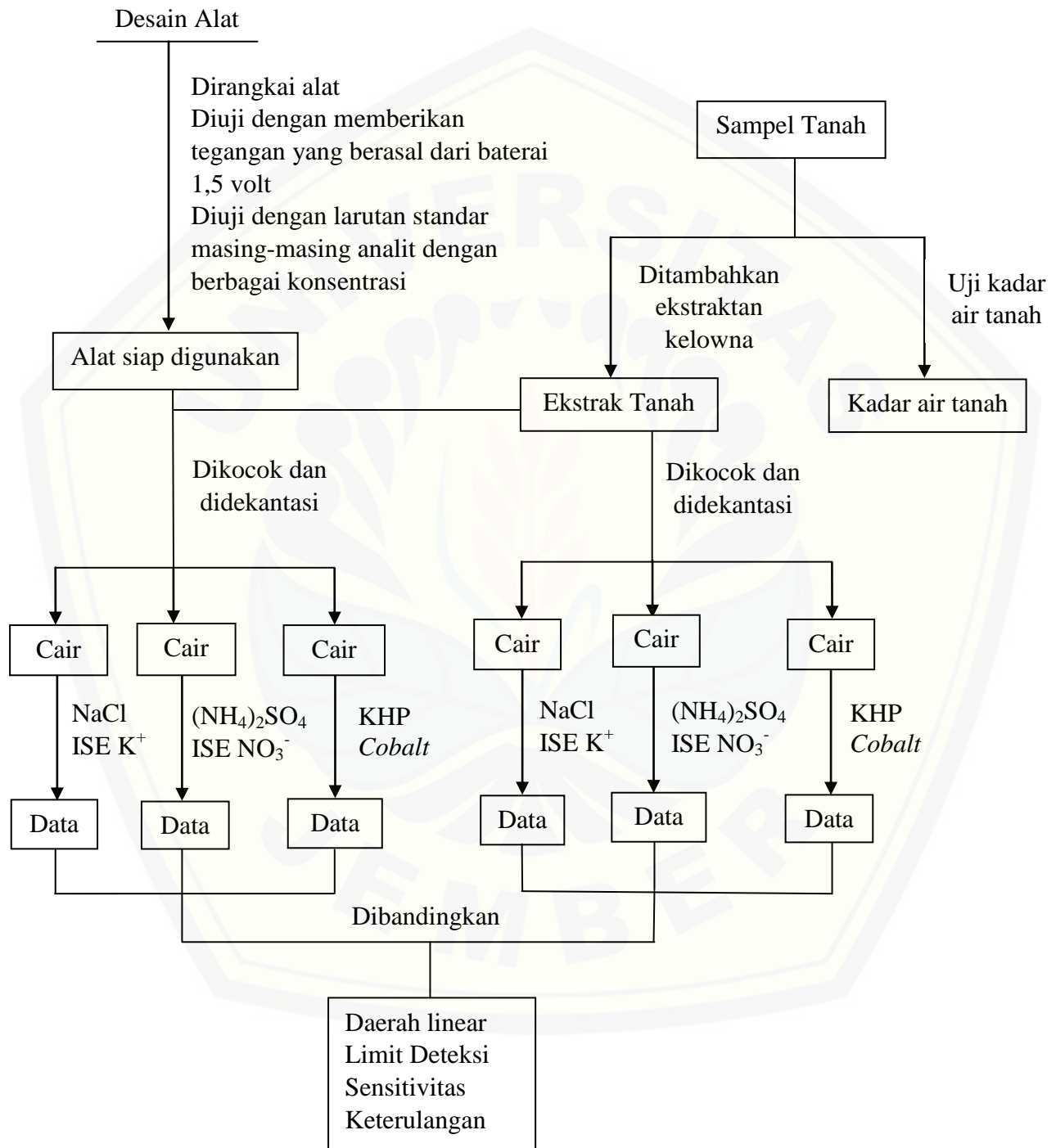
3.2.1 Alat

Alat yang digunakan adalah *amplifier*, ADC, *power supply*, gelas piala, sekop, penjepit besi, pipet *volume*, labu ukur, pipet Mohr, pipet tetes, pipet mikro liter, spatula, corong, cawan, *chamois*, neraca analitik, oven, desikator, pH meter, botol ekstrak, elektroda pembanding CH_3COOLi , elektroda pembanding Ag/AgCl, Elektroda Selektif Ion Kalium (ELIT 8031), Elektroda Selektif Ion Nitrat (ELIT 8021) dan elektroda kobalt-karbon.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah pertanian di *Agrotecnopark* Fakultas Pertanian, NaCl (Merck, Mr: 58,44 g/mol), HCl (Merck, Mr: 36,45 g/mol, ρ : 1,19 g/ml), KCl (Merck, Mr: 74,55 g/mol), NaNO_3 (Mr: 84,99 g/mol; RdH), CH_3COOH (Merck, Mr: 60,05 g/mol), NH_4F (Merck, Mr: 37,04 g/mol), $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (Merck, Mr: 132,14 g/mol), KHP (Merck, Mr: 204,22 g/mol), $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Merck, Mr: 156,02 g/mol) dan akuademin.

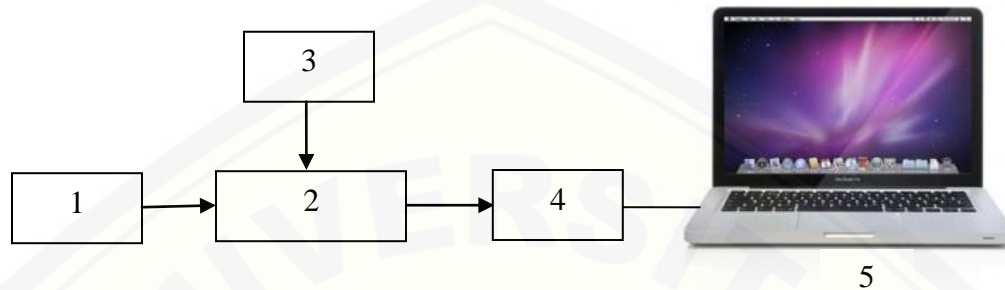
3.3 Rancangan Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Skema Pengukuran Simultan



Gambar 3.2 Desain Instrumen

Keterangan : 1 = Sensor (Elektroda NO_3^- , K^+ dan kobalt-karbon)

2 = Penguat sinyal (*Amplifier*)

3 = *Power supply*

4 = *Analog Digital Converter*

5 = Komputer

3.4.2 Pengambilan Sampel

Sampel tanah diambil di *Agrotechnopark* Fakultas Pertanian Universitas Jember di daerah Tegalboto. Sampel tanah diambil dengan menggunakan sekop pada kedalaman 10-20 cm (Sutedjo, 1992). Semua sampel kemudian dicampur hingga merata dan dimasukkan ke dalam wadah yang bebas kontaminan dan terlindung dari sinar matahari.

3.4.3 Pengukuran Kadar Air

Sebanyak 5,000 gram sampel tanah dimasukkan ke dalam cawan yang telah diketahui massanya dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam. Kemudian cawan dikeluarkan dari oven dengan menggunakan penjepit besi dan

dimasukkan ke dalam desikator selama ± 15 menit. Setelah sampel dingin kemudian ditimbang dengan neraca analitik. Berat tanah yang hilang merupakan berat air.

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{(b-c)}{(b-a)} \times 100\%$$

Keterangan:

a = massa cawan kosong

b = massa cawan dan massa sampel tanah

c = massa cawan dan massa sampel tanah setelah dioven dan dimasukkan ke dalam desikator

(Sulaeman *et al.*, 2005).

3.4.4 Pembuatan Berbagai Larutan

a. Larutan HCl 0,025 M

Dipipet sebanyak 8,28 mL larutan HCl 37% ke dalam labu ukur 100 mL. kemudian ditambahkan dengan akuademin hingga tanda batas untuk membuat larutan HCl 1M. Dipipet sebanyak 2,5 mL larutan HCl 1M ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan akuademin hingga tanda batas.

b. Larutan Asam Asetat 5 M

Dipipet asam asetat glasial 100% sebanyak 7,15 mL. Selanjutnya larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL yang telah berisi akuademin dan secara perlahan ditambahkan asam asetat dan diencerkan menggunakan akuademin hingga tanda batas.

c. Larutan NH_4F 0,3 M

Ditimbang 0,2775 gram NH_4F dan dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL. Kemudian ditambahkan akuademin hingga tanda batas.

d. Larutan Kelowna

Dipipet sebanyak 25 mL asam asetat glasial 5 M dan 25 mL NH_4F 0,3 M. Larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL dan ditambah akuademin hingga tanda batas (Carter, 1993).

- e. Larutan *Ionic Strength Adjustor* (NaCl 2,5M)
Ditimbang sebanyak 14,61 gram NaCl dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Selanjutnya dilarutkan dengan akuademin hingga tanda batas.
- f. Larutan *Ionic Strength Adjustor* ((NH₄)₂SO₄ 2M)
Ditimbang sebanyak 26,43 gram (NH₄)₂SO₄ dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Selanjutnya dilarutkan dengan akuademin hingga tanda batas.
- g. Larutan *Ionic Strength Adjustor* (KHP 0,025M pH 4)
Ditimbang sebanyak 0,510 gram KHP dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Selanjutnya dilarutkan dengan akuademin hingga tanda batas. Kemudian ditambahkan larutan HCl 0,025M tetes demi tetes hingga menjadi pH 4.
- h. Larutan Standar Kalium 1000 ppm
Ditimbang sebanyak 0,1908 gram KCl dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Kemudian ditambah dengan akuademin hingga tanda batas.
- i. Larutan Standar Kalium 100 ppm
Dipipet sebanyak 5 mL larutan standar K⁺ 1000 ppm dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL. Kemudian ditambahkan dengan akuademin hingga tanda batas.
- j. Larutan Standar Kalium dengan berbagai konsentrasi (0,01; 0,1; 1,0; 10; 100 ppm)
Dipipet sebanyak 5 mL larutan standar K⁺ 50 ppm dan diencerkan menggunakan akuademin ke dalam labu ukur 100 mL. Dipipet sebanyak 5 mL larutan standar K⁺ 10 ppm dan diencerkan menggunakan akuademin ke dalam labu ukur 50 mL. Dipipet sebanyak 5 mL larutan standar K⁺ 1 ppm dan diencerkan menggunakan akuademin ke dalam labu ukur 50 mL. Dipipet sebanyak 5 mL larutan standar K⁺ 0.1 ppm dan diencerkan menggunakan akuademin ke dalam labu ukur 50 mL.
- k. Larutan Standar Nitrat 1000 ppm
Ditimbang sebanyak 0,137 gram NaNO₃ anhidrat dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan dilarutkan dengan akuademin hingga tanda batas.

- l. Larutan Standar Nitrat 100 ppm
Dipipet sebanyak 5 mL larutan standar nitrat 1000 ppm dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL. Kemudian ditambahkan dengan akuademin hingga tanda batas.
- m. Larutan Standar nitrat dengan berbagai konsentrasi (0,01; 0,1; 1,0; 10; 100 ppm)
Dipipet sebanyak 5 mL larutan standar nitrat 100 ppm dan diencerkan menggunakan akuademin ke dalam labu ukur 50 mL. Dipipet sebanyak 5 mL larutan standar nitrat 10 ppm dan diencerkan menggunakan akuademin ke dalam labu ukur 50 mL. Dipipet sebanyak 5 mL larutan standar nitrat 1 ppm dan diencerkan menggunakan akuademin ke dalam labu ukur 50 mL. Dipipet sebanyak 5 mL larutan standar nitrat 0,1 ppm dan diencerkan menggunakan akuademin ke dalam labu ukur 50 mL.
- n. Larutan Standar Fosfat 1000 ppm
Ditimbang sebanyak 0,164 gram $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml dan ditambahkan akuademin hingga tanda batas.
- o. Larutan Standar Fosfat 100 ppm
Dipipet sebanyak 5 mL larutan standar fosfat 1000 ppm dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL. Kemudian ditambahkan dengan akuademin hingga tanda batas.
- p. Larutan standar Fosfat dengan berbagai (0,01; 0,1; 1,0; 10; 100 ppm)
Dipipet sebanyak 5 mL larutan standar fosfat 100 ppm dan diencerkan menggunakan akuademin ke dalam labu ukur 50 mL. Dipipet sebanyak 5 mL larutan standar fosfat 10 ppm dan diencerkan menggunakan akuademin ke dalam labu ukur 50 mL. Dipipet sebanyak 5 mL larutan standar fosfat 1 ppm dan diencerkan menggunakan akuademin ke dalam labu ukur 50 mL. Dipipet sebanyak 5 mL larutan standar fosfat 0,1 ppm dan diencerkan menggunakan akuademin ke dalam labu ukur 50 mL.

3.4.5 Analisis Kalium dengan Potensiometer Ekstraktor Portabel secara tunggal

a. Pengukuran Larutan Standar

Diambil sebanyak 2,5 mL larutan deret standar dan dimasukkan masing-masing ke dalam wadah kedua. Kemudian ditambahkan 50 μ L larutan ISA (NaCl 2,5M). Cairan diserapkan pada *chamois* dan elektroda selektif ion kalium ditempelkan pada *chamois*. Ditunggu beberapa saat hingga nilai potensial yang terbaca pada komputer stabil. Masing-masing dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

b. Pengukuran Kalium dalam Sampel

Ditimbang sebanyak 5 gram tanah dan ditambahkan ekstrak kelowna sebanyak 50 mL. Wadah dikocok selama 10 menit. Campuran didekantasi supaya tanah dan ekstrak terpisah. Dipipet ekstrak tanah sebanyak 2,5 mL dan dimasukkan ke dalam wadah kedua. Kemudian ditambahkan 50 μ L larutan ISA (NaCl 2,5M). Selanjutnya cairan pada wadah kedua diserapkan pada *chamois* dan elektroda selektif ion kalium ditempelkan pada *chamois*. Ditunggu beberapa saat hingga nilai potensial yang terbaca pada komputer stabil. Masing-masing dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

3.4.6 Analisis Nitrat dengan Potensiometer Ekstraktor Portabel secara tunggal

a. Pengukuran Larutan standar

Diambil sebanyak 2,5 mL larutan deret standar dan dimasukkan masing-masing ke dalam wadah kedua. Kemudian ditambahkan 50 μ L larutan ISA ($[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ 2M). Cairan diserapkan pada *chamois* dan elektroda selektif ion nitrat ditempelkan pada *chamois*. Ditunggu beberapa saat hingga nilai potensial yang terbaca pada komputer stabil. Masing-masing dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

b. Pengukuran Nitrat dalam Sampel

Ditimbang sebanyak 5 gram tanah dan ditambahkan 50 mL ekstrak kelowna. Wadah dikocok selama 10 menit. Campuran didekantasi supaya tanah dan ekstrak terpisah. Dipipet ekstrak tanah sebanyak 2,5 mL dan dimasukkan ke dalam wadah

kedua. Wadah dikocok selama 5 menit dan campuran didekantasi supaya tanah dan ekstraktan terpisah. Dipipet ekstrak tanah sebanyak 2,5 mL dan diletakkan pada wadah kedua. Kemudian ditambahkan 50 μL larutan ISA ($[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ 2M). Cairan diserapkan pada *chamois* dan elektroda selektif ion nitrat ditempelkan pada *chamois*. Ditunggu beberapa saat hingga nilai potensial yang terbaca pada komputer stabil. Masing-masing dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

3.4.7 Analisis Fosfat dengan Potensiometer Ekstraktor Portabel secara tunggal

a. Pengukuran Larutan Standar

Diambil sebanyak 2,5 mL larutan deret standar dan dimasukkan masing-masing ke dalam wadah kedua. Kemudian ditambahkan 50 μL larutan ISA (KHP 0,025M pH 4). Cairan diserapkan pada *chamois*. Kemudian lektroda kobalt dan Ag/agCl ditempelkan pada *chamois*. Ditunggu beberapa saat hingga nilai potensial yang terbaca pada komputer stabil. Masing-masing dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

b. Pengukuran Fosfat dalam Sampel

Ditimbang sebanyak 5 gram tanah dan ditambahkan 50 mL ekstraktan kelowna. Kemudian wadah dikocok selama 10 menit. Campuran didekantasi supaya tanah dan ekstraktan terpisah. Dipipet ekstrak tanah sebanyak 2,5 mL dan diletakkan pada wadah kedua. Kemudian ditambahkan 50 μL larutan ISA (KHP 0,025M pH 4). Cairan diserapkan pada *chamois*. Kemudian elektroda kobalt dan Ag/AgCl ditempelkan pada *chamois*. Ditunggu beberapa saat hingga nilai potensial yang terbaca pada komputer stabil. Masing-masing dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

3.4.8 Analisis analit dengan Potensiometer Ekstraktor Portabel secara simultan

a. Pengukuran Larutan Standar

Diambil sebanyak 2,5 mL larutan deret standar masing-masing analit dan dimasukkan masing-masing ke dalam wadah kedua. Kemudian ditambahkan 50 μ L larutan ISA untuk masing-masing analit. Larutan ISA untuk kalium adalah NaCl 2,5M, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 2M untuk nitrat, dan KHP 0,025M pH 4 untuk fosfat. Cairan diserapkan ke *chamois* dan elektroda kerja dan elektroda pembanding untuk masing-masing analit ditempelkan pada *chamois*. Diukur nilai beda potensial secara bersamaan. Ditunggu beberapa saat sampai nilai potensial yang terbaca pada komputer stabil.

b. Pengukuran Sampel

Ditimbang sebanyak 5 gram tanah dan ditambahkan 50 mL ekstraktan kelowna pada masing-masing wadah kedua. Kemudian wadah dikocok selama 10 menit. Campuran didekantasi supaya tanah dan ekstraktan terpisah. Ekstrak tanah untuk masing-masing analit di pipet sebanyak 2,5 mL dan diletakkan pada wadah kedua. Kemudian ditambahkan 50 μ L larutan ISA untuk masing-masing analit. Larutan ISA untuk kalium adalah NaCl 2,5M, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 2M untuk nitrat, dan KHP 0,025M pH 4 untuk fosfat. Cairan diserapkan ke *chamois* dan elektroda kerja dan elektroda pembanding untuk masing-masing analit ditempelkan pada *chamois*. Diukur nilai beda potensial secara bersamaan. Ditunggu beberapa saat sampai nilai potensial yang terbaca pada komputer stabil.

3.5 Validasi Metode Potensiometri

3.5.1 Daerah Linier

Daerah linier dapat diperoleh dari kurva kalibrasi. Kurva kalibrasi dibuat dengan memplotkan antara sumbu x dan sumbu y. Sumbu x merupakan konsentrasi larutan standard. Variasi konsentrasi standard yang digunakan yaitu 0,01; 0,1; 1; 10; dan 100 ppm sedangkan, sumbu y merupakan beda potensial yang dihasilkan.

Respon linear dalam metode potensiometri ditunjukkan melalui persamaan garis sebagai berikut :

$$y = a + bx$$

dimana, a merupakan perpotongan terhadap sumbu y (intersep) dan b adalah kemiringan kurva kalibrasi (Caulcutt, 1995).

3.5.2 Sensitivitas

Ukuran sensitivitas merupakan ukuran *ratio* dari analit yang ada dengan respon yang dihasilkan. Apabila sensor dapat merespon analit pada konsentrasi yang sangat kecil, dapat disimpulkan bahwa sensitivitas sensor sangat tinggi. Menurut IUPAC dalam Skoog *et al.* (2007), sensitivitas merupakan *slope* atau kemiringan dari kurva kalibrasi.

3.5.3 Limit Deteksi

Limit deteksi merupakan jumlah konsentrasi terkecil analit dalam sampel yang masih dapat dideteksi dan memberikan respon signifikan dibandingkan dengan blanko (Harmita, 2004). Persamaan yang digunakan untuk mengetahui limit deteksi adalah

$$S_m = S_{bl}' + 3S_{bl}$$

$$C_m = \frac{S_m - S_{bl}'}{m}$$

dimana :

C_m = limit deteksi

S_m = sinyal minimum analitik yang dapat dibedakan

m = nilai slope dari persamaan linier kurva kalibrasi

S_{bl}' = rata-rata sinyal blanko

S_{bl} = standar deviasi blanko (Skoog, 2007).

S_{bl}' merupakan nilai rata-rata yang dihasilkan dari pengukuran blanko setelah dilakukan sepuluh kali pengulangan. Rata-rata beda potensial yang dihasilkan

dijumlahkan dengan tiga kali nilai standar deviasi blanko saat pengukuran. Kemudian hasilnya dikurangi dengan rata-rata sinyal blanko dan dibagi dengan *slope* dari kurva kalibrasi.

3.5.4 Keterulangan

Keterulangan merupakan keseksamaan suatu metode apabila dilakukan oleh analis yang sama pada kondisi yang sama berulang kali dan dalam interval yang pendek. Keterulangan menunjukkan tingkat kesalahan pengukuran akibat pengulangan (Harmita, 2004). Keterulangan dalam penelitian ini dihasilkan dengan melakukan pengulangan sebanyak tiga kali setiap pengukuran. Hasil pengulangan dapat dinyatakan sebagai koefisien variasi dari simpangan baku.

$$Kv = \left[\frac{SD}{x} \right] \times 100\%$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

dimana : SD = standart deviasi, x = potensial yang dihasilkan, \bar{x} = potensial rata-rata sampel, n = jumlah pengulangan, dan Kv = koefisien variasi (Miller dan Miller, 1991).

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Desain instrumentasi pengukuran simultan terdiri dari beberapa komponen yaitu sensor, penguat sinyal, *Analog Digital Converter* (ADC) dan komputer. Sensor dihubungkan dengan penguat sinyal berupa *amplifier* yang dapat menerima sinyal yang berbeda-beda. *Output* sinyal dari *amplifier* menjadi *input* sinyal bagi ADC. ADC akan mengubah sinyal *analog* menjadi sinyal *digital* yang ditampilkan sebagai *output* data yang diolah menggunakan *software* LabVIEW pada komputer.
2. Nilai sensitivitas dan waktu analisis metode PEP simultan lebih baik daripada metode PEP tunggal, yaitu nilai sensitivitas untuk kalium, nitrat dan fosfat berturut-turut sebesar 0,235; 0,178; dan 0,265 V/dekade. Waktu analisis yang dibutuhkan selama 1 menit untuk masing-masing analit. Sementara nilai limit deteksi dan koefisien variasi metode PEP tunggal lebih baik daripada metode PEP simultan, yaitu nilai limit deteksi untuk kalium, nitrat dan fosfat berturut-turut sebesar 1,472; 0,018; dan 0,031 ppm. Nilai koefisien variasi untuk kalium, nitrat dan fosfat berturut-turut sebesar 0,002-0,005%; 0,001-0,006%; dan 0,001-0,006%. Namun, daerah linier bekerja pada daerah yang sama baiknya yaitu pada range konsentrasi 0,01 ppm hingga 100 ppm untuk kalium dan fosfat, sedangkan nitrat berada pada range konsentrasi 0,01 ppm hingga 10 ppm.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan pengembangan pengukuran simultan dengan menggunakan saluran *input* dan *output* yang lebih banyak.

2. Perlu dilakukan pengujian ion pengganggu dari ekstrak yang digunakan dalam pengukuran kalium, nitrat dan fosfat.



DAFTAR PUSTAKA

- Akenga, P., Ali, S., Anam, O., Amir, Y., Waudu, W. 2014. Determination of Selected Micro and Macronutrients in Sugarcane Growing Soils at Kakamega North District, Kenya. *IOSR Journal of Applied Chemistry (IOSR JAC)*. Vol 7. 34-41.
- Carter, M. R. 1993. *Soil Sampling and Methods of Analysis*. USA: Lewis Publishers.
- Caulcutt, R. & Boddy, R. 1995. *Statistic for Analytical Chemist*. London: Chapman and Hall.
- Day, R. A. & Underwood, A.L. 1989. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta: Erlangga.
- Eainstrument. 2015. Electro Analytical Instruments Amplifiers for Electrodes. [Serial on line]. <http://www.eainstruments.com> [18 Januari 2015].
- Foth, H.D. 1984. *Fundamental of Soil Science. Sixth Edition*. Terjemahan S. Adisoemarto. 1984. Jakarta: Erlangga.
- Foth, H. D. *Dasar-dasar Ilmu Tanah Edisi Ketujuh*. Alih Bahasa oleh Purbayanti, Lukitawati, dan Trimultasih. 1995. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Foth, H. D. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Terjemahan oleh Endang Dwi Purbayanti et al. 1998. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hanafiah, K. A. 2012. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Harmita. "Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya". *Majalah Ilmu Kefarmasian*. Vol. I, No. 3. Desember 2004.
- Hendayana, Kadarohman, Sumarna, dan Supriatna. 1994. *Kimia Analitik Instrumen. Edisi Kesatu*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Hilaliyah, S. N. 2012. "Penggunaan Metode Potensiometri dan Spektrometri untuk Mengukur Kadar Spesi Nitrogen (Nitrat : NO_3^- dan Ammonium : NH_4^+ dalam Tanah Pertanian dengan Tiga Ekstraktan". Skripsi. Jember: Universitas Jember.

- Johnston, A. E. 2000. *Soil and Plant Phosphate*. Paris: International Fertilizer Industry Association.
- Karim, S. 2013. *Sensor dan Aktuator*. Malang: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Kenkel, J. 2003. *Analytical Chemistry for Technicians Third Edition*. United States of America: CRC Press LLC.
- Kholis, E.A., Siswoyo dan T. Mulyono. 2006. Pemanfaatan Parallel Port Mikrokomputer untuk Pengukuran Simultan Empat Parameter Kualitas Air. *Jurnal Kimia Lingkungan*. Vol 7. 108-118.
- Kim, H.J., K.A. Sudduth., dan J.W. Hummel. 2006. Sensing Nitrate and Potassium Ions in Soil Extracts Using Ion Selective Electrodes. *J. of Biosystems Eng.* Vol 31. 463-473.
- Kim, Hummel, Sudduth, dan Birrel. 2006. "Evaluation of Phosphate Ion-Selective Membranes and Cobalt-Based Electrodes for Soil Nutrient Sensing". *American Society of Agricultural and Biological Engineers*. ISSN 0001-2351. Vol. 50 (2): 415-425.
- Kim, H.J., J.W. Hummel., K.A. Sudduth., dan P.P Motavalli. 2007. Simultaneous Analysis of Soil Macronutrients Using Ion selective Electrodes. *Soil Science Society of America*. Vol 71. 1867-1877.
- Kim, H.J., K.A. Sudduth., dan J.W. Hummel. 2009. Soil Macronutrient Sensing for Precision Agriculture. *Journal of Enviromental Monitoring*. Vol 11. 1810-1824.
- Laili, C.A. 2013. "Menentukan Kadar Natrium dan Kalium dalam Tanah dengan Membandingkan Metode Potensiometri dan Spektrometri". Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Lane, Brannum. 2012. Primer : Ion Selective Measurement in Online Analysis. USA : Xylem Inc.
- Meruva, K. R. & Meyerhoff, M. E. 1996. Mixed Potential Response Mechanisme of Cobalt Electrodes Toward Inorganic Phosphate. *Anal. Chem.* Vol. 68. No.13: 2022-2026.
- Miller, J.C. & Miller, J.N. *Statistik Untuk Kimia Analitik Edisi Kedua*. Alih Bahasa oleh Suroso. 1991. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

- Muawanah, B. R. 2014. "Evaluasi Kinerja Metode Potensiometri dengan Ekstraktor Portabel untuk Penentuan Kalium dan Natrium dalam Tanah". Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Mujiyono, A. 2014. "Investigasi Material Absorben sebagai Komponen Pendukung Proses Pengukuran Potensiometri Unsur Hara dalam Tanah". Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Nahdhiyah, N. 2011. "Analisis Ion Sianida (CN⁻) dan Timbal (Pb²⁺) Secara Simultan dengan Metode *Reverse Flow Injection Potentiometry*". Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Nico 2000. 2015 a. Technical Specification for The Nitrate Ion-Selective Electrode (ELIT 8021) [Serial on line]. <http://www.nico2000.com> [20 Januari 2015].
- Nico 2000. 2015 b. Technical Specification for The Potassium Ion-Selective Electrode (ELIT 8031) [Serial on line]. <http://www.nico2000.com> [20 Januari 2015].
- Paramita, D.R.A. 2014. "Evaluasi Kinerja Metode Potensiometri dengan Ekstraktor Portabel untuk Penentuan Nitrat dan Ammonium dalam Tanah". Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Pierzynski, Zhang, Wolf, Kleinmann, Mallarino, dan Sullivan. 2005. Phosphorus Determination in Water and Extracts of Soils and by-products: Inductively-Coupled Plasma Spectrometry Versus Colorimetric Procedures. SERA-17 Policy Workgroup Paper. [Serial on line]. [15 Januari 2015].
- Rafi'I, S. 1982. *Ilmu Tanah*. Bandung: Penerbit Angkasa.
- Samadikun, S., R. Rio dan T. Mengko. 1989. *Bahan Ajar Sistem Instrumentasi Elektronika*. Bandung: ITB.
- Shaw, Williams, Miller, dan Jones. 2013. Assessing The Potential for Ion selective Electrodes and Dual Wavelength UV Spectroscopy as a Rapid on-Farm Measurement of Soil Nitrate Concentration. *Agriculture*. ISSN 2077-0472. 327-341
- Skoog, D.A., Holler, F.J., dan Crouch, S.R. 2007. *Principles of Instrumental Analysis. Sixth Edition*. Canada: Thomson Cooperation.

- Soegandi, T.M.S. 2010. *Rancang Bangun Sensor Ion Fosfat di Dalam Tanah untuk Bidang Pertanian*. Bandung: Pusat Penelitian Elektronika Dan Telekomunikasi (PPET) LIPI.
- Sukatun, A. R. 2014. “Evaluasi Kinerja Metode Potensiometri dengan Ekstraktor Portabel untuk Penentuan Fosfat dalam Tanah”. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Sulaeman, Suparto, dan Eviati. 2005. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- Sutedjo, M.M. 1992. *Analisa Tanah, Air, dan Jaringan Tanaman*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Suyanta. 2004. *Penentuan Tetapan Selektivitas Elektroda Selektif Ion Sistem Potensiometri Dengan Metode MPM*. Yogyakarta: Jurusan pendidikan Kimia Universitas Yogyakarta.
- Trisna, A.A.Y. 2013. “Instrumen Ukur Kadar Kebutuhan Pupuk Urea pada Tanaman Jagung Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*”. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Utami, R.T. 2013. “Desain Ekstraktor untuk Analisis Nitrat dan Kalium di Tanah Pertanian dengan Metode Potensiometri”. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Wang, J. 2001. *Analytical Electrochemistry Second Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Winarso, S. 2005. *Kesuburan tanah. Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah*. Yogyakarta: Gava Media.
- Yurianto, A. 2011. “Perancangan Sistem Otomasi dan Data *Logger* Terintegrasi untuk BTS pada Metode Remote Area”. Skripsi. Jakarta: Universitas Indonesia.

LAMPIRAN A. PERHITUNGAN LIMIT DETEKSI

A.1 Metode PEP tunggal

A.1.1 Kalium

Persamaan regresi linear $y = 0,089x + 2,227$

Sinyal Blanko (S_{bl}) (V)					\bar{S}_{bl} (V)	s_{bl}
2,602	2,604	2,605	2,613	2,603	2,607	0,005
2,603	2,614	2,615	2,604	2,603		

$$S_m = \bar{S}_{bl} + 3s_{bl}$$

$$S_m = 2,607 + 3(0,005)$$

$$S_m = 2,622$$

$$c_m = \frac{S_m - \bar{S}_{bl}}{m}$$

$$c_m = \frac{2,622 - 2,607}{0,089}$$

$$= 0,168$$

Antilog $c_m = 1,472$ ppm

A.1.2 Nitrat

Persamaan regresi linear $y = -0,165x + 2,195$

Sinyal Blanko (S_{bl}) (V)					\bar{S}_{bl} (V)	s_{bl}
2,404	2,303	2,304	2,206	2,304	2,274	0,095
2,105	2,205	2,406	2,304	2,203		

$$S_m = \bar{S}_{bl} + 3s_{bl}$$

$$S_m = 2,274 + 3(0,095)$$

$$S_m = 2,559$$

$$c_m = \frac{S_m - \bar{S}_{bl}}{m}$$

$$c_m = \frac{2,559 - 2,274}{-0,165}$$

$$= -1,745$$

Antilog $c_m = 0,018$ ppm

A.1.3 Fosfat

Persamaan regresi linear $y = -0,139x + 2,285$

Sinyal Blanko (S_{bl}) (V)					\bar{S}_{bl} (V)	s_{bl}
2,302	2,203	2,202	2,304	2,205	2,243	0,070
2,303	2,305	2,302	2,202	2,102		

$$S_m = \bar{S}_{bl} + 3s_{bl}$$

$$S_m = 2,243 + 3(0,070)$$

$$S_m = 2,453$$

$$c_m = \frac{S_m - \bar{S}_{bl}}{m}$$

$$c_m = \frac{2,453 - 2,243}{-0,139}$$

$$= -1,510$$

$$\text{Antilog } c_m = 0,031 \text{ ppm}$$

A.2 Metode PEP simultan

A.2.1 Kalium

Persamaan regresi linear $y = 0,235x + 2,298$

Sinyal Blanko (S_{bl}) (V)					\bar{S}_{bl} (V)	s_{bl}
2,615	2,602	2,622	2,603	2,631	2,624	0,014
2,630	2,631	2,640	2,641	2,622		

$$S_m = \bar{S}_{bl} + 3s_{bl}$$

$$S_m = 2,624 + 3(0,014)$$

$$S_m = 2,666$$

$$c_m = \frac{S_m - \bar{S}_{bl}}{m}$$

$$c_m = \frac{2,666 - 2,624}{0,235}$$

$$= 0,178$$

$$\text{Antilog } c_m = 1,507 \text{ ppm}$$

A.2.2 Nitrat

Persamaan regresi linear $y = -0,178x + 2,442$

Sinyal Blanko (S_{bl}) (V)					\bar{S}_{bl} (V)	s_{bl}
2,402	2,303	2,303	2,402	2,303	2,293	0,087
2,305	2,304	2,303	2,202	2,105		

$$S_m = \bar{S}_{bl} + 3s_{bl}$$

$$S_m = 2,293 + 3(0,087)$$

$$S_m = 2,554$$

$$c_m = \frac{S_m - \bar{S}_{bl}}{m}$$

$$c_m = \frac{2,554 - 2,293}{-0,178}$$

$$= -1,466$$

$$\text{Antilog } c_m = 0,034 \text{ ppm}$$

A.2.3 Fosfat

Persamaan regresi linear $y = -0,265x + 2,299$

Sinyal Blanko (S_{bl}) (V)					\bar{S}_{bl} (V)	s_{bl}
2,621	2,613	2,624	2,642	2,631	2,631	0,012
2,650	2,645	2,632	2,621	2,631		

$$S_m = \bar{S}_{bl} + 3s_{bl}$$

$$S_m = 2,631 + 3(0,012)$$

$$S_m = 2,667$$

$$c_m = \frac{S_m - \bar{S}_{bl}}{m}$$

$$c_m = \frac{2,667 - 2,631}{-0,265}$$

$$= -0,135$$

$$\text{Antilog } c_m = 0,733 \text{ ppm}$$

LAMPIRAN B. PERHITUNGAN KETERULANGAN**B.1 Metode PEP tunggal****B.1.1 Kalium**

Konsentrasi (ppm)	Beda Potensial (V)			Rata-rata (V)	SD	Kv (%)
	I	II	III			
0,01	2,023	2,027	2,015	2,022	0,006	0,003
0,1	2,170	2,177	2,172	2,173	0,004	0,002
1	2,223	2,232	2,217	2,224	0,008	0,003
10	2,308	2,332	2,324	2,321	0,012	0,005
100	2,402	2,392	2,393	2,396	0,006	0,002

Misal pengukuran koefisien variasi 0,01 ppm

$$Kv = \left[\frac{SD}{x} \right] \times 100\%$$

$$= \left[\frac{0,006}{2,022} \right] \cdot 100\% = 0,003\%$$

B.1.2 Nitrat

Konsentrasi (ppm)	Beda Potensial (V)			Rata-rata (V)	SD	Kv (%)
	I	II	III			
0,01	2,461	2,460	2,458	2,460	0,002	0,001
0,1	2,366	2,369	2,390	2,375	0,014	0,006
1	2,255	2,259	2,264	2,259	0,005	0,002
10	2,127	2,110	2,124	2,120	0,009	0,004
100	1,757	1,757	1,771	1,762	0,008	0,005

Misal pengukuran koefisien variasi 0,01 ppm

$$Kv = \left[\frac{SD}{x} \right] \times 100\%$$

$$= \left[\frac{0,002}{2,460} \right] \cdot 100\% = 0,001\%$$

B.1.3 Fosfat

Konsentrasi (ppm)	Beda Potensial (V)			Rata-rata (V)	SD	Kv (%)
	I	II	III			
0,01	2,579	2,599	2,585	2,588	0,010	0,004
0,1	2,392	2,398	2,396	2,395	0,003	0,001
1	2,280	2,307	2,299	2,295	0,014	0,006
10	2,119	2,118	2,129	2,122	0,006	0,003
100	2,023	2,028	2,023	2,025	0,003	0,001

Misal pengukuran koefisien variasi 0,01 ppm

$$Kv = \left[\frac{SD}{x} \right] \times 100\%$$

$$= \left[\frac{0,010}{2,588} \right] \cdot 100\% = 0,004 \%$$

B.2 Metode PEP simultan

B.2.1 Kalium

Konsentrasi (ppm)	Beda Potensial (V)			Rata-rata (V)	SD	Kv (%)
	I	II	III			
0,01	1,784	1,782	1,759	1,775	0,014	0,008
0,1	2,159	2,119	2,135	2,138	0,020	0,009
1	2,297	2,304	2,304	2,302	0,004	0,002
10	2,554	2,454	2,539	2,516	0,054	0,021
100	2,780	2,780	2,724	2,761	0,032	0,012

Misal pengukuran koefisien variasi 0,01 ppm

$$Kv = \left[\frac{SD}{x} \right] \times 100\%$$

$$= \left[\frac{0,014}{1,775} \right] \cdot 100\% = 0,008 \%$$

B.2.2 Nitrat

Konsentrasi (ppm)	Beda Potensial (V)			Rata-rata (V)	SD	Kv (%)
	I	II	III			
0,01	2,808	2,795	2,707	2,770	0,055	0,020
0,1	2,631	2,629	2,515	2,592	0,066	0,026
1	2,565	2,559	2,476	2,533	0,050	0,020
10	2,393	2,108	2,350	2,284	0,154	0,067
100	2,040	2,031	2,025	2,032	0,008	0,004

Misal pengukuran koefisien variasi 0,01 ppm

$$Kv = \left[\frac{SD}{x} \right] \times 100\%$$

$$= \left[\frac{0,055}{2,770} \right] \cdot 100\% = 0,020 \%$$

B.2.3 Fosfat

Konsentrasi (ppm)	Beda Potensial (V)			Rata-rata (V)	SD	Kv (%)
	I	II	III			
0,01	2,807	2,809	2,781	2,799	0,016	0,006
0,1	2,625	2,525	2,551	2,567	0,052	0,020
1	2,363	2,363	2,357	2,361	0,003	0,001
10	2,122	2,105	1,861	2,029	0,146	0,072
100	1,773	1,721	1,772	1,742	0,027	0,015

Misal pengukuran koefisien variasi 0,01 ppm

$$Kv = \left[\frac{SD}{x} \right] \times 100\%$$

$$= \left[\frac{0,016}{2,799} \right] \cdot 100\% = 0,006 \%$$

LAMPIRAN C. PERHITUNGAN KADAR AIR

a (g)	b (g)	c (g)	b-c (g)	b-a (g)	KA (%)	Fk
23,708	28,707	27,567	1,14	4,99	22,80	1,29

Penentuan Kadar Air Tanah *Agrotechnopark* Unej :

$$\text{Kadar Air (KA)} = \frac{b-c}{b-a} \times 100 \%$$

$$\text{Kadar Air (KA)} = \frac{1,14}{4,99} \times 100 \%$$

$$= 22,80 \%$$

$$\text{Faktor Koreksi (fk)} = \frac{100}{100-KA}$$

$$\text{Faktor Koreksi (fk)} = \frac{100}{100-22,80}$$

$$= 1,29$$

LAMPIRAN D. PERHITUNGAN KONSENTRASI DALAM SAMPEL TANAH**D.1 Metode PEP tunggal**

D.1.1 Kalium

Persamaan kurva kalibrasi: $y = 0,089x + 2,227$

Sampel	Beda Potensial (V)			Rata-rata	[Larutan]	[Tanah]
	I	II	III	(V)	ppm	ppm
Kalium	2,303	2,300	2,305	2,303	7,145	92,170

Perhitungan jumlah kalium dalam larutan (ppm) :

$$y = 2,303 \text{ V}$$

$$y = 0,089x + 2,227$$

$$2,303 = 0,089x + 2,227$$

$$2,303 - 2,227 = 0,089x$$

$$0,076 = 0,089x$$

$$x = 0,854$$

$$\text{Antilog } x = 7,145 \text{ ppm}$$

Perhitungan konsentrasi ppm kalium dalam tanah kering dengan menggunakan rumus :

$$[K^+] = \frac{\text{ppm kurva} \times \text{Faktor Koreksi} \times \text{Volume ekstraktan}}{\text{massa sampel tanah}}$$

$$[K^+] = \frac{7,145 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 1,29 \times 50 \text{ mL} \times \frac{0,5 \text{ L}}{500 \text{ mL}}}{5,00 \text{ g} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}}$$

$$[K^+] = 92,170 \text{ ppm}$$

D.1.2 Nitrat

Persamaan kurva kalibrasi: $y = -0,165x + 2,195$

Sampel	Beda Potensial (V)			Rata-rata (V)	[Larutan]	[Tanah]
	I	II	III		ppm	ppm
Nitrat	2,317	2,313	2,318	2,316	0,185	2,387

Perhitungan jumlah nitrat dalam larutan (ppm) :

$$y = 2,316 \text{ V}$$

$$y = -0,165x + 2,195$$

$$2,316 = -0,165x + 2,195$$

$$2,316 - 2,195 = -0,165x$$

$$0,121 = -0,165x$$

$$x = -0,733$$

$$\text{Antilog } x = 0,185 \text{ ppm}$$

Perhitungan konsentrasi ppm nitrat dalam tanah kering dengan menggunakan rumus :

$$[\text{NO}_3^-] = \frac{\text{ppm kurva} \times \text{Faktor Koreksi} \times \text{Volume ekstraktan}}{\text{massa sampel tanah}}$$

$$[\text{NO}_3^-] = \frac{0,185 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 1,29 \times 50 \text{ mL} \times \frac{0,5 \text{ L}}{500 \text{ mL}}}{5,00 \text{ g} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}}$$

$$[\text{NO}_3^-] = 2,387 \text{ ppm}$$

D.1.3 Fosfat

Persamaan kurva kalibrasi: $y = -0,139x + 2,285$

Sampel	Beda Potensial (V)			Rata-rata	[Larutan]	[Tanah]
	I	II	III	(V)	ppm	ppm
Fosfat	2,165	2,169	2,162	2,165	7,295	94,105

Perhitungan jumlah fosfat dalam larutan (ppm) :

$$y = 2,165 \text{ V}$$

$$y = -0,139x + 2,285$$

$$2,165 = -0,139x + 2,285$$

$$2,165 - 2,285 = -0,139x$$

$$-0,120 = -0,139x$$

$$x = 0,863$$

$$\text{Antilog } x = 7,295 \text{ ppm}$$

Perhitungan konsentrasi ppm fosfat dalam tanah kering dengan menggunakan rumus :

$$[\text{PO}_4^{3-}] = \frac{\text{ppm kurva} \times \text{Faktor Koreksi} \times \text{Volume ekstraktan}}{\text{massa sampel tanah}}$$

$$[\text{PO}_4^{3-}] = \frac{7,295 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 1,29 \times 50 \text{ mL} \times \frac{0,5 \text{ L}}{500 \text{ mL}}}{5,00 \text{ g} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}}$$

$$[\text{PO}_4^{3-}] = 94,105 \text{ ppm}$$

D.2 Metode PEP simultan

D.2.1 Kalium

Persamaan kurva kalibrasi: $y = 0,235x + 2,298$

Sampel	Beda Potensial (V)			Rata-rata (V)	[Larutan]	[Tanah]
	I	II	III		ppm	ppm
Kalium	2,522	2,521	2,522	2,522	8,913	114,978

Perhitungan jumlah kalium dalam larutan (ppm) :

$$y = 2,522 \text{ V}$$

$$y = 0,235x + 2,298$$

$$2,522 = 0,235x + 2,298$$

$$2,522 - 2,298 = 0,235x$$

$$0,224 = 0,235x$$

$$x = 0,95$$

$$\text{Antilog } x = 8,913 \text{ ppm}$$

Perhitungan konsentrasi ppm kalium dalam tanah kering dengan menggunakan rumus :

$$[\text{K}^+] = \frac{\text{ppm kurva} \times \text{Faktor Koreksi} \times \text{Volume ekstraktan}}{\text{massa sampel tanah}}$$

$$[\text{K}^+] = \frac{8,913 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 1,29 \times 50 \text{ mL} \times \frac{0,5 \text{ L}}{500 \text{ mL}}}{5,00 \text{ g} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}}$$

$$[\text{K}^+] = 114,978 \text{ ppm}$$

D.2.2 Nitrat

Persamaan kurva kalibrasi: $y = -0,178x + 2,442$

Sampel	Beda Potensial (V)			Rata-rata (V)	[Larutan]	[Tanah]
	I	II	III		ppm	ppm
Nitrat	2,573	2,566	2,555	2,565	0,204	2,631

Perhitungan jumlah nitrat dalam larutan (ppm) :

$$y = 2,565 \text{ V}$$

$$y = -0,178x + 2,442$$

$$2,565 = -0,178x + 2,442$$

$$2,565 - 2,442 = -0,178x$$

$$0,123 = -0,178x$$

$$x = -0,69$$

$$\text{Antilog } x = 0,204 \text{ ppm}$$

Perhitungan konsentrasi ppm nitrat dalam tanah kering dengan menggunakan rumus :

$$[\text{NO}_3^-] = \frac{\text{ppm kurva} \times \text{Faktor Koreksi} \times \text{Volume ekstraktan}}{\text{massa sampel tanah}}$$

$$[\text{NO}_3^-] = \frac{0,204 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 1,29 \times 50 \text{ mL} \times \frac{0,5 \text{ L}}{500 \text{ mL}}}{5,00 \text{ g} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}}$$

$$[\text{NO}_3^-] = 2,631 \text{ ppm}$$

D.2.3 Fosfat

Persamaan kurva kalibrasi: $y = -0,265x + 2,299$

Sampel	Beda Potensial (V)			Rata-rata	[Larutan]	[Tanah]
	I	II	III	(V)	ppm	ppm
Fosfat	2,073	2,044	2,050	2,056	8,128	104,851

Perhitungan jumlah fosfat dalam larutan (ppm) :

$$y = 2,056 \text{ V}$$

$$y = -0,265x + 2,299$$

$$2,056 = -0,265x + 2,299$$

$$2,056 - 2,299 = -0,265x$$

$$-0,243 = -0,265x$$

$$x = 0,91$$

$$\text{Antilog } x = 8,128 \text{ ppm}$$

Perhitungan konsentrasi ppm fosfat dalam tanah kering dengan menggunakan rumus :

$$[\text{PO}_4^{3-}] = \frac{\text{ppm kurva} \times \text{Faktor Koreksi} \times \text{Volume ekstraktan}}{\text{massa sampel tanah}}$$

$$[\text{PO}_4^{3-}] = \frac{8,128 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 1,29 \times 50 \text{ mL} \times \frac{0,5 \text{ L}}{500 \text{ mL}}}{5,00 \text{ g} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}}$$

$$[\text{PO}_4^{3-}] = 104,851 \text{ ppm}$$