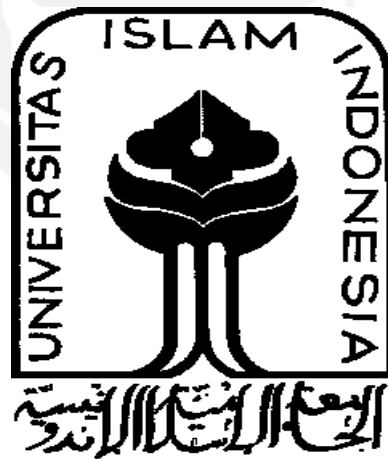


LAPORAN TUGAS AKHIR

**VALIDASI METODE PENENTUAN KADAR FOSFOR
TERSEDIA PADA TANAH DENGAN METODE OLSEN
MENGUNAKAN SPEKTROFOTOMETER UV-VISIBLE DI
BALAI PENGKAJIAN TEKNOLOGI PERTANIAN (BPTP)
YOGYAKARTA**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh derajat
Ahli Madya Sains (A.Md.Si) Analis Kimia Program D III Analisis Kimia**



Disusun oleh:

Iqlima Mutiara Mageti

NIM : 19231003

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III ANALISIS KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2022

LAPORAN TUGAS AKHIR

**VALIDASI METODE PENENTUAN KADAR FOSFOR
TERSEDIA PADA TANAH DENGAN METODE OLSEN
MENGUNAKAN SPEKTROFOTOMETER UV-VISIBLE DI
BALAI PENGKAJIAN TEKNOLOGI PERTANIAN (BPTP)
YOGYAKARTA**

*METHOD VALIDATION OF AVAILABLE PHOSPHOR
DETERMINATION IN SOIL WITH OLSEN METHOD USING UV-
VISIBLE SPECTROPHOTOMETER AT BALAI PENGKAJIAN
TEKNOLOGI PERTANIAN (BPTP) YOGYAKARTA*



**Disusun oleh:
Iqlima Mutiara Mageti
NIM : 19231003**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III ANALISIS KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**VALIDASI METODE PENENTUAN KADAR FOSFOR TERSEDIA PADA
TANAH DENGAN METODE OLSEN MENGGUNAKAN
SPEKTROFOTOMETER UV-VISIBLE DI BALAI PENGKAJIAN
TEKNOLOGI PERTANIAN (BPTP) YOGYAKARTA**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Iqlima Mutiara Mageti

NIM: 19231003

Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Program Studi DIII Analisis Kimia

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Islam Indonesia

Pada tanggal 21 Juli 2022

Menyetujui,

Ketua Program Studi



Kuntari, S.Si., M.Sc.

NIK. 162310401

Pembimbing



Reni Banowati Istiningrum, S.Si., M.Sc.

NIK. 052316002

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**VALIDASI METODE PENENTUAN KADAR FOSFOR TERSEDIA PADA
TANAH DENGAN METODE OLSEN MENGGUNAKAN
SPEKTROFOTOMETER UV-VISIBLE DI BALAI PENKAJIAN
TEKNOLOGI PERTANIAN (BPTP) YOGYAKARTA**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Iqlima Mutiara Mageti

NIM: 19231003

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal 29 Juli 2022

Susunan Tim Penguji

Pembimbing/Penguji


Reni Banowati Istiningrum., S.Si., M.Sc.
NIK. 052316002

Penguji I



Tri Esti Purbaningtrias, S.Si., M.Si.
NIK. 132311102

Penguji II


Febi Indah Fajarwati, S.Si., M.Sc.
NIK. 156121311

Mengetahui,
Dekan Fakultas MIPA UII




Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D.
NIK. 006120101



PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir ini tidak terdapat bagian yang pernah digunakan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di suatu Perguruan Tinggi dan sepengetahuan saya tidak terdapat bagian yang pernah ditulis dan diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 9 Agustus 2022



Iqlima Mutiara Mageti

MOTTO

“...boleh jadi kamu tidak menyenangi sesuatu, padahal itu baik bagimu, dan boleh jadi kamu menyenangi sesuatu, padahal itu tidak baik bagimu. Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui.”

(Q.S Al-Baqarah : 216)

“Allah tidak akan membebani hamba-Nya di luar kesanggupannya.”

(Q.S. Al-Baqarah : 286)

“Ilmu tanpa amal adalah kegilaan, dan amal tanpa ilmu adalah kesia-siaan.”

(Imam Ghazali)



HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah rabbil'alamiin, puji dan syukur tak terhingga saya panjatkan kepada Allah ﷻ atas hidayah dan limpahan rahmat-Nya sehingga saya bisa sampai pada titik sekarang, tidak terhitung rasa syukur atas semua hal yang telah terjadi sampai di detik saya menulis ini. Sholawat serta salam selalu terlimpahkan kepada Rasulullah Muhammad ﷺ sebagai tauladan yang telah membawa umatnya dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang benderang. Laporan Tugas Akhir ini tidak akan selesai tanpa keterlibatan orang-orang baik di sekitar saya, oleh karena itu saya persembahkan karya ini kepada :

Bapak Rudi Catur Wijanarko dan Ibu Norol Huda selaku orang tua saya, yang selalu mendukung apa pun keputusan anaknya, memenuhi kebutuhan hidup saya, yang sudah mendengarkan keluh kesah saya dari pulau seberang sana. Mungkin saya tidak akan bisa membalas semua yang Bapak dan Ibu beri, tetapi ini merupakan salah satu ikhtiar tanda bakti saya. Semoga ilmu ini menjadi berkah untuk Bapak dan Ibu. Teruntuk adik saya Kintan, terima kasih sudah menjadi motivasi saya untuk terus belajar menjadi kakak yang lebih baik lagi kedepannya.

Teruntuk dosen, staff, dan almamater D3 Analisis Kimia UII yang saya banggakan. Terima kasih atas ilmu dan pengalaman yang telah diberikan. Walaupun sempat terhalang oleh pandemi, tidak mengurangi semangat Bapak, Ibu, Mba, dan Mas semuanya untuk memberikan yang terbaik demi proses belajar kami. Ilmu yang saya dapat sebisa mungkin akan saya terapkan dan semoga menjadi amal jariyah bagi kita semua. Aamiin.

Teruntuk teman-teman seperjuangan D3 Analisis Kimia angkatan 2019 yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu yang sudah memberikan warna dalam kehidupan perkuliahan saya, dari kalian saya belajar banyak hal. Terima kasih banyak dan sukses selalu untuk kalian.

Teman-teman PKL di BPTP Yogyakarta, Rizky Rola dan Binar Meilani yang sudah membersamai dari awal mendaftar ke instansi hingga saat PKL terima kasih banyak atas bantuannya selama ini. Teman-teman dari S1 Kimia UII, Marlina,

Aida, Rima, dan Devi terima kasih atas canda, tawa, dan ludo selama PKL, nanti kita jalan-jalan lagi, ya. Kemudian untuk teman-teman dari SMKN 2 Depok Yogyakarta, Tami, Leonita, Adib, Azmi, Vitria, Afi, Meiana, Irul, Erlang, Deffa, dan Tungga, saya sangat bersyukur kalian ada, terima kasih sudah mau berbagi ilmu, pengalaman, pertemanan, jalan-jalan, Uno, mi ayam Pak Tum, dan alun-alun kidul-nya. Terima kasih sudah membantu saya berproses di tempat PKL, bantuan sederhana ‘nyelentiki’ kuvet pun cukup berarti bagi saya. Tanpa kalian semua teman-teman PKL mungkin proses saya hingga saat ini akan terasa sangat sulit, sekali lagi terima kasih banyak dan semoga kalian sukses juga bahagia dengan apa pun pilihan kalian di masa depan.

Terakhir, saya ingin berterimakasih dengan diri saya sendiri, yang sudah mau berjuang, berproses, sabar dan kuat melampaui zona nyaman demi menjadi manusia dengan kualitas yang lebih baik. Perjalanan masih panjang, semoga selalu diberi kekuatan untuk menghadapi apapun di masa depan. Aamiin.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah, puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas hidayah dan limpahan rahmat-Nya sehingga dengan izin-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir “Validasi Metode Penentuan Kadar Fosfor Tersedia pada Tanah dengan Metode Olsen Menggunakan Spektrofotometer UV-Visible di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Yogyakarta” ini dengan sebaik-baiknya. Sholawat serta salam selalu terlimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW semoga kita mendapat syafaatnya kelak di hari akhir.

Laporan Tugas Akhir ini dibuat sebagai syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya Sains (A.Md.Si.) pada program studi Diploma III Analisis Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia. Selama proses penelitian hingga penulisan laporan penulis menerima banyak bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
2. Ibu Kuntari, S.Si., M.Sc. selaku Ketua Program Studi D III Analisis Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Reni Banowati Istiningrum, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Praktik Kerja Lapangan.
4. Bapak Widada, A.Md., selaku Deputy Manager Teknis Laboratorium Tanah Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Yogyakarta dan Pembimbing Instansi Praktik Kerja Lapangan.
5. Bapak/Ibu Sri Widodo, Gunawan Ari Kuncoro, A.Md., Niken Pawesti, A.Md., dan Ardian Trihastuti A.Md, A.K., selaku pembimbing lapangan Laboratorium Tanah Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Yogyakarta.
6. Seluruh pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam proses penyusunan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun untuk terciptanya laporan yang lebih baik ke depannya. Penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat untuk semua pihak.

Wassalamu'alaikum warrahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 4 Agustus 2022

Penulis



DAFTAR ISI

LAPORAN TUGAS AKHIR.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN.....	v
MOTTO.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
INTISARI.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1 Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP)	4
2.1.1 Profil instansi	4
2.1.2 Visi dan misi BPTP Yogyakarta	4
2.1.3 Tugas dan Fungsi BPTP.....	5
2.2 Tanah	6
2.3 Fosfor.....	7
2.4 Metode Olsen.....	9
2.5 Spektrofotometer UV-Visible	10
2.6 Kadar Air	13
2.7 Validasi Metode.....	13
2.7.1 Linearitas.....	14
2.7.2 Presisi	14

2.7.3	<i>Limit of detection (LOD) dan limit of quantitation (LOQ)</i>	15
2.7.4	Akurasi	16
2.7.5	Estimasi ketidakpastian	17
BAB III METODOLOGI		18
3.1	Alat	18
3.2	Bahan	18
3.3	Prosedur Kerja	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		22
4.1	Penentuan Kadar Fosfor Tersedia	22
4.1.1	Penentuan kadar air	22
4.1.2	Penentuan kadar fosfor tersedia pada sampel tanah	23
4.2	Validasi Metode	25
4.2.1	Penentuan linearitas	25
4.2.2	Penentuan LOD dan LOQ	27
4.2.3	Penentuan presisi	28
4.2.4	Penentuan akurasi	29
4.2.5	Penentuan ketidakpastian pengukuran	29
BAB V PENUTUP		33
5.1	Kesimpulan	33
5.2	Saran	34
DAFTAR PUSTAKA		35
LAMPIRAN		38

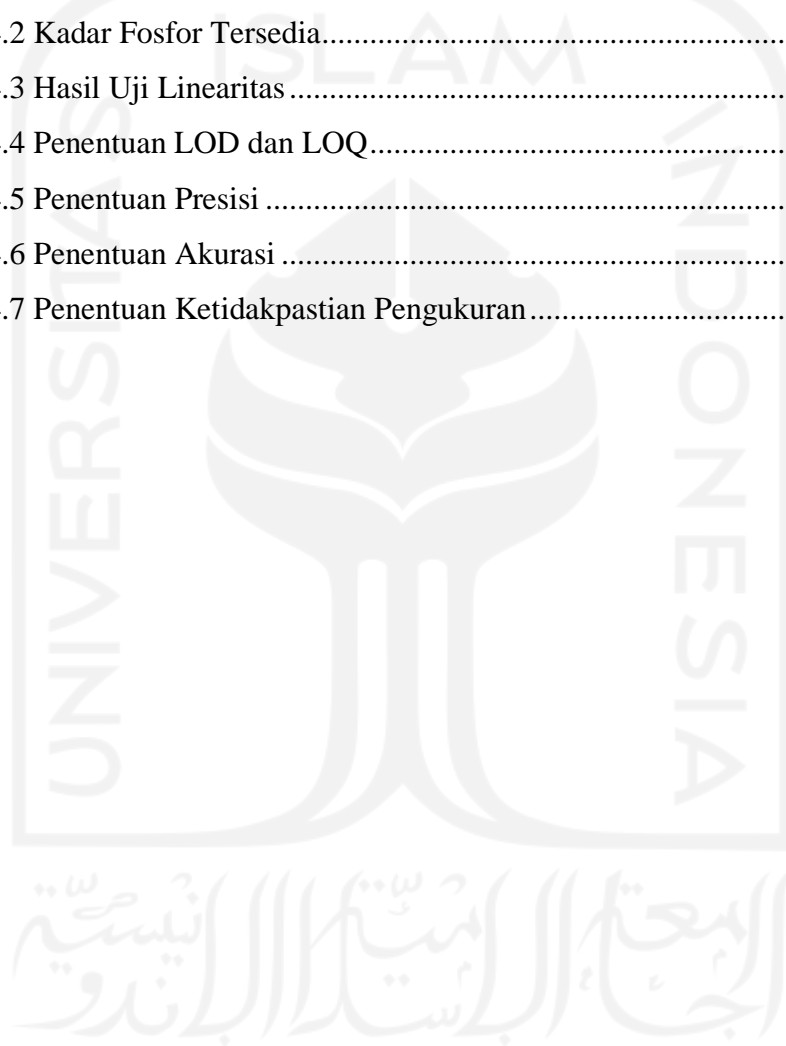
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Komponen Spektrofotometri UV-Visible (Suharti, 2013) .	11
Gambar 4.1 Kurva Kalibrasi P Olsen.....	26
Gambar 4.2 Diagram Tulang Ikan Ketidakpastian Pengukuran	30
Gambar 4.3 Diagram Persentase Penyumbang Ketidakpastian	32



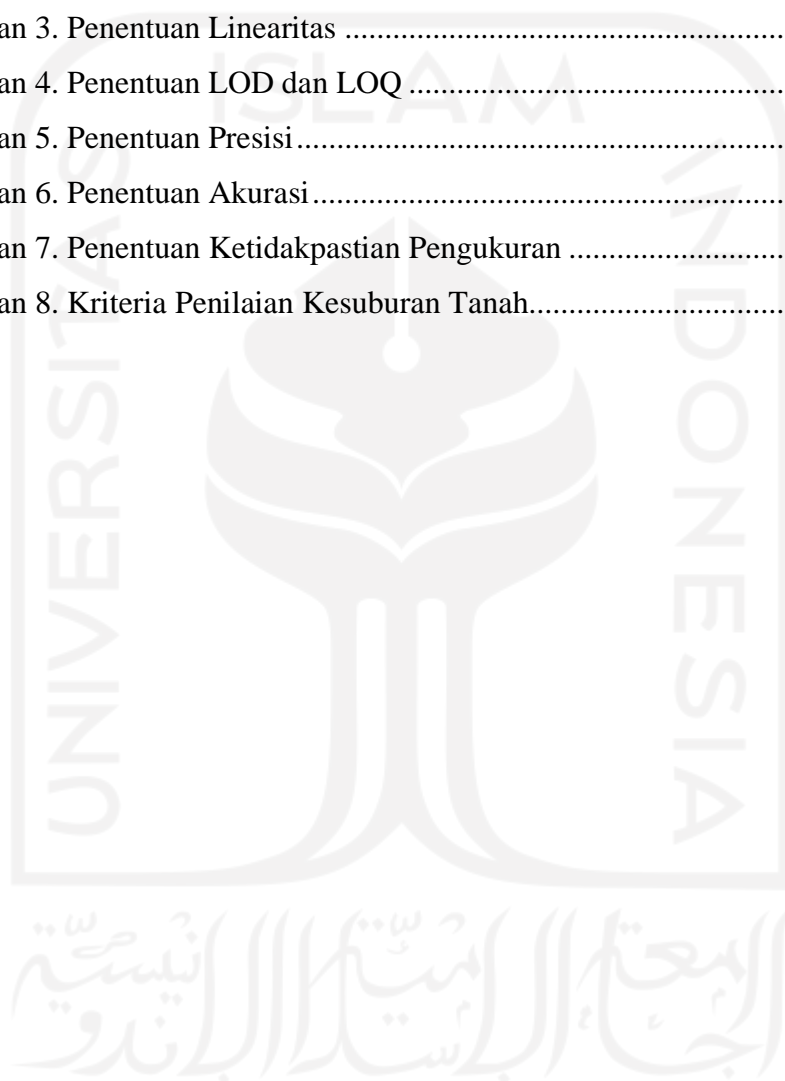
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kriteria Penilaian Kesuburan Tanah untuk P_2O_5 Olsen.....	9
Tabel 2.2 Kriteria Penilaian Kadar Air Sampel Tanah	13
Tabel 2.3 Persentase % <i>Recovery</i> yang Diterima AOAC (2013)	17
Tabel 4.1 Data Hasil Perhitungan Kadar Air Pada Sampel Tanah	23
Tabel 4.2 Kadar Fosfor Tersedia.....	25
Tabel 4.3 Hasil Uji Linearitas	26
Tabel 4.4 Penentuan LOD dan LOQ.....	27
Tabel 4.5 Penentuan Presisi	28
Tabel 4.6 Penentuan Akurasi	29
Tabel 4.7 Penentuan Ketidakpastian Pengukuran.....	32



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Penentuan Kadar Air	38
Lampiran 2. Penentuan Kadar Fosfor Tersedia pada Sampel Tanah	40
Lampiran 3. Penentuan Linearitas	41
Lampiran 4. Penentuan LOD dan LOQ	42
Lampiran 5. Penentuan Presisi	43
Lampiran 6. Penentuan Akurasi	44
Lampiran 7. Penentuan Ketidakpastian Pengukuran	46
Lampiran 8. Kriteria Penilaian Kesuburan Tanah.....	53



**VALIDASI METODE PENENTUAN KADAR FOSFOR
TERSEDIA PADA TANAH DENGAN METODE OLSEN
MENGUNAKAN SPEKTROFOTOMETER UV-VISIBLE DI
BALAI PENGAJIAN TEKNOLOGI PERTANIAN (BPTP)
YOGYAKARTA**

Iqlima Mutiara Mageti

NIM : 19231003

Program Diploma III Analisis Kimia FMIPA Universitas Islam Indonesia

Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta

Email: 19231003@students.uii.ac.id

INTISARI

Telah dilakukan validasi metode penentuan kadar fosfor tersedia pada tanah dengan metode Olsen menggunakan spektrofotometer UV-Visible di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Yogyakarta, analisis dengan metode Olsen dilakukan dengan mengekstraksi sampel tanah menggunakan larutan NaHCO₃, hasil ekstrak direaksikan dengan pereaksi pewarna fosfat bersama deret standar dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm.. Validasi dilakukan untuk mengetahui apakah metode yang digunakan valid dan dapat diterapkan untuk pengujian rutin di laboratorium. Hasil pengujian kadar fosfor tersedia dengan sembilan kali pengulangan didapat rata-rata konsentrasi sebesar 66,1999 mg/kg, untuk parameter linearitas didapat persamaan regresi $y = 0,0296x + 0,0100$, koefisien korelasi (r) 0,9995 (syarat keberterimaan ($r \geq 0,995$), LOD sebesar 0,7844 mg/L, LOQ sebesar 2,6146 mg/L, %RSD sebesar 1,94% (syarat keberterimaan %RSD < 2%), %recovery sebesar 90,50% (syarat keberterimaan %recovery = 75-120%), dan estimasi ketidakpastian pada pengukuran kali ini sebesar $66,1999 \pm 9,3988$ mg/kg, hasil semua parameter dapat diterima karena memenuhi nilai keberterimaan. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa metode penentuan kadar fosfor tersedia pada sampel tanah valid dan dapat diterapkan untuk pengujian rutin di Laboratorium BPTP Yogyakarta.

Kata kunci : Validasi metode, fosfor tersedia, metode Olsen, spektrofotometer UV-Visible

BABI

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan media alami untuk pertumbuhan tanaman yang menyediakan unsur-unsur hara bagi tanaman untuk pertumbuhannya. Tanah terbentuk dari bahan-bahan mineral dan organik, air serta udara tersusun di dalam ruangan yang membentuk tubuh tanah. Proses pembentukan tanah yang berlangsung terus-menerus membentuk berbagai perbedaan sifat tanah baik kimia, fisika, biologi, maupun morfologi tanah (Hakim, *et.al*, 1986). Tingkat kesuburan tanah dapat ditentukan dengan menganalisis sifat kimia dan fisika tanah. Analisis sifat kimia tanah meliputi analisis kandungan unsur utama seperti N dan P, tingkat kemasaman (pH), kandungan bahan organik (C/N), kation basa (K, Ca, Mg, Na), kapasitas tukar kation (KTK), dan kandungan asam organik (Jumin, 1998)

Fosfor (P) adalah unsur hara makro esensial bagi tanaman dan merupakan unsur ketiga yang dibutuhkan dalam jumlah besar setelah nitrogen (N) dan kalium (K). Fosfor berfungsi untuk mengaktifkan berbagai enzim metabolisme tanaman juga merupakan komponen dari klorofil. Selain itu, fosfor berperan sebagai pembentuk dua senyawa yang terlibat dalam transformasi energi yang paling signifikan pada tanaman yaitu adenosindifosfat (ADP) dan adenosintrifosfat (ATP) (Brady, 1990). Fosfor (P) merupakan kunci kehidupan tanaman dengan menyerap fosfor (P) dalam bentuk ion ortofosfat primer ($H_2PO_4^-$) dan ion ortofosfat sekunder (HPO_4^{2-}). Fosfor (P) masih dapat diserap dalam bentuk lain yaitu pirofosfat dan metafosfat, selain itu dapat pula diserap dalam bentuk senyawa fosfor organik yang larut dalam air seperti asam nukleat dan phitin (Premono dkk, 1991). Kementerian Pertanian melalui Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian memaparkan kriteria penilaian kesuburan tanah untuk fosfor dalam bentuk P_2O_5 dengan membagi ke dalam lima kelompok, yaitu sangat rendah (<10 mg/kg), rendah (10-25 mg/kg), sedang (26-45 mg/kg), tinggi (46-60 mg/kg), dan sangat tinggi (>60 mg/kg) (Ritung dkk, 2011).

Beberapa metode penentuan fosfor tersedia pada tanah yang telah ditemukan antara lain : metode Truog, Bray I, Bray II, North Caroline, dan Olsen. Balai Pengkajian dan Teknologi Pertanian (BPTP) Yogyakarta melakukan pengujian tanah sebagai bentuk pelayanan kontrol kualitas tanah sesuai dengan tugas dan fungsinya, salah satu pelayanan yang disediakan tersebut adalah analisis kadar fosfor tersedia pada tanah menggunakan metode Olsen. Pengujian fosfor tersedia dengan metode Olsen ini dilakukan berdasarkan petunjuk teknis yang diterbitkan oleh Balai Penelitian Tanah dimana prosedur yang digunakan mengacu pada penelitian yang dibuat oleh Olsen dan rekan-rekannya yang diterbitkan pada jurnal *USDA Circular* nomor 939 pada tahun 1954. Unsur fosfor tersedia dapat ditentukan dengan metode Olsen dengan cara melepaskan fosfat pada sampel tanah dengan pengestrak NaHCO_3 , fosfat yang terbebas direaksikan dengan ammonium molibdat akan menjadi berwarna biru dengan adanya asam askorbat (Nasution dkk, 2014).

Melihat pengujian pada tanah cukup penting dan metodenya sering digunakan maka perlu dilakukan validasi metode pengujian untuk memastikan hasil pengujian sesuai, representatif, dan tidak menyimpang dari kadar sebenarnya. Validasi metode bertujuan untuk memastikan bahwa hasil dari metode pengujian yang dihasilkan akurat, spesifik, reproduibel, dan konsisten pada kisaran analit yang akan dilakukan analisis (Yustiasari, 2010). Parameter yang diuji meliputi linieritas, presisi, *Limit of Detection* (LOD), *Limit of Quantification* (LOQ), akurasi dan estimasi ketidakpastian pengukuran.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Berapa kadar unsur fosfor tersedia pada sampel tanah dengan metode Olsen?
2. Bagaimana hasil validasi metode penentuan kadar fosfor tersedia pada tanah dengan metode Olsen menggunakan spektrofotometer UV-Visible dengan parameter, linearitas, *limit of detection* (LOD), *limit of quantitation* (LOQ), presisi, akurasi, dan estimasi ketidakpastian pengukuran.

1.3 Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah tersebut tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kadar fosfor tersedia pada tanah menggunakan metode Olsen dengan bentuk P_2O_5 .
2. Mengetahui hasil validasi metode penentuan kadar fosfor tersedia pada tanah dengan metode Olsen menggunakan spektrofotometer UV-Visible.

1.4 Manfaat

Manfaat yang bisa didapat dari penelitian ini adalah :

1. Menambah wawasan, meningkatkan pengetahuan serta keterampilan mengenai pengujian kualitas tanah di Balai Pengkajian dan Teknologi Pertanian (BPTP) Yogyakarta.
2. Membuktikan bahwa prosedur pengujian tanah yang dilakukan dapat diaplikasikan dalam laboratorium untuk penentuan kadar fosfor tersedia pada tanah dengan metode Olsen berdasarkan hasil yang diperoleh dari validasi metode yang telah dilakukan.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP)

2.1.1 Profil instansi

Balai Pengkajian dan Teknologi Pertanian (BPTP) didirikan pada tahun 1985 sebagai proyek informasi pertanian Yogyakarta. Pada tahun 1992, proyek ini dilembagakan sebagai Balai Informasi Pertanian (BIP) Yogyakarta. Lembaga ini merupakan pusat penyuluhan pertanian tingkat provinsi Yogyakarta di bawah Badan Diklat Pertanian. Pembentukan BPTP bertujuan untuk menciptakan teknologi spesifik lokasi dan mempercepat serta mendorong diseminasi (transfer teknologi) hasil pertanian kepada para petani dan pengguna teknologi lainnya.

Berdasarkan surat Keputusan Menteri Nomor 96 Tahun 1994 tentang organisasi dan cara kerja, perubahan Balai Informasi Pertanian (BIP) diintegrasikan dengan unit kerja Penelitian tanah dan Agroklimat serta Laboratorium Holtikultura Yogyakarta menjadi Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian (IPPTP). Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian adalah unit bagian pelaksana teknis Badan Penelitian dan Pengembangan (Litbang) Pertanian yang berada di bawah dan bertanggung jawab secara langsung terhadap Pusat Penelitian Sosial Ekonomi (PSE). Menteri Pertanian lalu mengeluarkan surat Keputusan Menteri Pertanian Nomor 350 tahun 2001 tentang perubahan nama Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian (IPPTP) menjadi Balai Pengkajian dan Teknologi Pertanian (BPTP) pada tahun 14 Juni 2001.

2.1.2 Visi dan misi BPTP Yogyakarta

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Yogyakarta mempunyai visi menjadikan BPTP sebagai institusi penghasil teknologi pertanian spesifik lokasi yang sesuai dengan kebutuhan di wilayah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) dan sesuai dengan dinamika pasar. Sedangkan misi Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Yogyakarta adalah sebagai berikut :

1. Merekayasa dan mengembangkan inovasi pertanian spesifik lokasi yang diperluas dan dimanfaatkan oleh petani, *stakeholder*, dan sesuai dengan permintaan pasar.
2. Meningkatkan percepatan diseminasi inovasi pertanian spesifik lokasi.
3. Meningkatkan percepatan diseminasi inovasi dengan lembaga penelitian internasional, nasional, maupun pihak swasta.
4. Mengembangkan kapasitas kelembagaan Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Yogyakarta dalam rangka meningkatkan pelayanan prima.

2.1.3 Tugas dan Fungsi BPTP

Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian, BPTP memiliki tugas pokok yaitu melaksanakan pengkajian dan perakitan teknologi tepat guna spesifik lokasi. Beberapa fungsi diantaranya adalah melaksanakan inventarisasi dan identifikasi kebutuhan teknologi pertanian tepat guna spesifik lokasi, melaksanakan penelitian yang ada, pengkajian dan perakitan teknologi pertanian tepat guna spesifik lokasi, melaksanakan pengembangan teknologi dan diseminasi hasil dari pengkajian serta perakitan materi penyuluhan, menyiapkan kerja sama antar kelompok berupa informasi dan dokumentasi, serta menyebarkan dan mendayagunakan hasil pengkajian, perakitan dan pengembangan teknologi pertanian tepat guna spesifik lokasi, memberikan pelayanan teknik kegiatan pengkajian, perakitan dan pengembangan teknologi pertanian tepat guna spesifik lokasi, serta melaksanakan urusan tata usaha dan rumah tangga balai.

Balai Pengkajian dan Teknologi Pertanian (BPTP) Yogyakarta menyediakan pelayanan analisis tanah tidak hanya di lingkup BPTP Yogyakarta tetapi juga kepada masyarakat, pemerintah daerah, swasta, perguruan tinggi, mahasiswa dan petani. Layanan laboratorium tanah BPTP Yogyakarta meliputi analisis fisika tanah, analisis kimia tanah dan jaringan tanah.

2.2 Tanah

Tanah merupakan benda alam yang terdapat pada permukaan bumi yang tersusun atas mineral hasil pelapukan batuan dan bahan organik hasil pelapukan sisa-sisa hewan juga tumbuhan yang merupakan media pertumbuhan bagi tanaman dengan karakteristik tertentu yang disebabkan oleh pengaruh gabungan dari beberapa faktor seperti bentuk wilayah, bahan induk, jasad hidup, iklim, dan lamanya waktu pembentukan (Yulipriyanto, 2010). Kemampuan tanah sebagai habitat tanaman dan menghasilkan bahan yang dapat dipanen sangat ditentukan oleh tingkat kesuburan tanah. Kesuburan tanah merupakan faktor penting yang dibutuhkan tanaman untuk dapat bertahan hidup dan berproduksi baik. Kesuburan tanah sangat ditentukan oleh ketersediaan dan jumlah hara yang ada di dalam tanah. (Sutanto, 2005).

Sistem klasifikasi tanah dibuat oleh Pusat Penelitian Tanah (PPT) Bogor tahun 1982 yang merupakan pengembangan sistem klasifikasi tanah yang dibuat oleh Dudal dan Suprpto Harjo tahun 1957 dan 1961. Klasifikasi tanah diperlukan karena tanah memiliki sifat dan ciri berbeda antara satu dengan lainnya. Tanah memiliki potensi dan kendala yang berbeda untuk tiap penggunaan pertanian atau non-pertanian. Penggunaan tanah perlu dikelola dengan baik, sesuai karakteristik, potensi, kendala dan input teknologi spesifik lokasi agar diperoleh produktivitas pertanian yang optimal dan berkelanjutan melalui pendekatan pemahaman klasifikasi tanah. PPT mengklasifikasi tanah menjadi dua puluh golongan yaitu ; organosol, litosol, ranker, rendzina, grumusol, gleisol, aluvial, regosol, koluvial, arenosol, andosol, latosol, brunizem, kambisol, nitosol, podsolik, mediteran, palnosol, podsol, dan oksisol (PPT, 1983). Tanah yang subur adalah tanah yang memiliki profil atau kedalaman yang sangat dalam melebihi 150 cm, strukturnya gembur, pH 6,0-6,6, kandungan unsur hara yang tersedia untuk tanaman cukup, dan tidak terdapat faktor pembatas dalam tanah untuk pertumbuhan tanaman (Sutedjo, 2002).

Tanah sebenarnya kaya akan unsur hara tanaman, namun sebagian besar masih berbentuk bagian dari partikel mineral, terfiksasi oleh mineral lempung, dan sebagian masih terikat dalam bahan organik, sehingga belum tersedia bagi tanaman.

Unsur-unsur tersebut akan menjadi tersedia setelah melalui proses mineralisasi (dekomposisi bahan organik), proses reaksi kimia mineral-mineral tanah (pelapukan), dan pelepasan dari partikel-partikel tanah (Khotimah, 2016).

Unsur hara yang diperlukan untuk mendukung kelangsungan hidup tanaman dibagi menjadi dua jenis yaitu unsur hara mikro dan unsur hara makro. Unsur hara makro adalah unsur-unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar, unsur hara makro terdiri dari fosfor atau *phosphor* (P), nitrogen (N), kalsium (Ca), kalium (K), magnesium (Mg), dan sulfur (S). Sedangkan unsur hara mikro adalah unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah sedikit. Meskipun unsur hara mikro hanya diperlukan dalam jumlah kecil, namun perannya sangat penting untuk menunjang keberhasilan proses dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Unsur hara mikro antara lain yaitu boron (B), besi (Fe), tembaga (Cu), mangan (Mn), seng (Zn), kobalt (Co), molibdenum (Mo), klor (Cl), natrium (Na), silikon (Si) dan nikel (Ni) (Mukhlis, 2017). Kekurangan unsur hara dapat menghambat pertumbuhan dan mengganggu metabolisme tanaman, sehingga fungsi unsur hara bagi tanaman tidak bisa digantikan oleh unsur-unsur lain pada tingkat yang berbeda-beda tergantung pada spesies tanaman. Tanaman umumnya menyerap nutrisi dari tanah dalam bentuk ion. Ketersediaan unsur hara pada tanah juga erat kaitannya dengan pH tanah. Ketersediaan unsur tanah yang baik secara keseluruhan ditemukan pada pH tanah sekitar 6,5 (Foth, 1998).

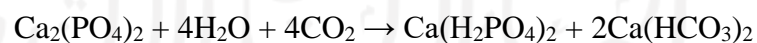
2.3 Fosfor

Fosfor merupakan salah satu unsur makro esensial dan secara alami terdapat di dalam tanah dalam bentuk senyawa organik atau anorganik yang memiliki kelarutan rendah, sehingga penggunaannya di dalam tanah sangat terbatas. Mineral fosfor anorganik umumnya berbentuk sebagai aluminium fosfat (AlPO_4) dan Besi fosfat (FePO_4) di tanah asam dan sebagai trikalsium fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) di tanah alkali. Sebagian besar bentuk fosfor tidak tersedia bagi tanaman karena terikat dengan koloid tanah. Tanah dengan kandungan bahan organik rendah memiliki kadar fosfor organik yang berbeda-beda tergantung pada jenis tanahnya. Fosfor

termasuk unsur hara makro yang berperan penting dalam penyusunan ATP dan DNA pada tanaman (Islamiati & Zulaika, 2015).

Ketersediaan fosfor maksimum dalam tanah terjadi pada pH 5,5-7,2. Ketersediaan Al-P dan Fe-P lebih sedikit dibandingkan dengan Ca-P. Ketersediaan fosfor yang tersedia bagi tanaman kurang dari sekitar 1% dari total fosfor yang ada di dalam tanah. Ketersediaan fosfor anorganik berkaitan dengan kelarutan senyawa yang ada, semakin banyak jumlah senyawa yang tersedia di dalam tanah maka semakin banyak fosfor yang akan tersedia bagi tanaman. Selain itu, semakin dekat akar tanaman dengan sumber fosfor maka semakin banyak jumlah fosfor yang dapat diserap tanaman (Nisa, 2018). Fosfor umumnya diserap oleh tanaman dalam bentuk ion ortofosfat primer (H_2PO_4) dan ion ortofosfat sekunder (HPO_4^{2-}) sedangkan PO_4^{3-} lebih sukar diserap oleh tanaman. Bentuk ion yang paling dominan dalam tanah tergantung pada pH tanah, pada pH tanah yang lebih rendah tanaman lebih banyak menyerap ion ortofosfat primer, sedangkan pada pH lebih tinggi tanaman lebih banyak menyerap ion ortofosfat sekunder. Bentuk ion H_2PO_4 tersedia pada tanah asam sedangkan HPO_4^{2-} tersedia pada tanah netral (pH sekitar 7) (Khotimah, 2016).

Fosfor organik mengandung senyawa yang berasal dari tanaman dan mikroorganisme. Fosfor dalam bentuk organik jumlahnya lebih sedikit dan sulit larut. Fosfor tersedia pada tanah dapat diartikan sebagai fosfor tanah yang dapat diekstraksi dan dilarutkan dalam air atau asam sitrat. P-Organik dengan proses dekomposisi akan berubah menjadi bentuk anorganik. Pengaruh CO_2 terhadap fosfor tanah adalah sebagai berikut :



Ketersediaan fosfor pada tanah ditentukan oleh berbagai macam faktor, namun faktor utama yang paling memengaruhi adalah pH. Faktor-faktor lain yang dapat memengaruhi adalah ketersediaan oksigen dalam tanah, bahan organik, temperatur, dan keberadaan unsur hara lain. Pada tanah asam yang memiliki jumlah unsur aluminium, besi, dan mangan yang tinggi, fosfor akan terikat oleh unsur-unsur tersebut dan menyebabkan kandungan fosfor tersedia pada tanah menjadi berkurang (Agbenin & Raji, 2001). Kementerian Pertanian melalui Badan

Penelitian dan Pengembangan Pertanian pada buku Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian (2011) memaparkan kriteria penilaian kesuburan tanah untuk fosfor dalam bentuk P_2O_5 seperti yang tertera pada Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Kriteria Penilaian Kesuburan Tanah untuk P_2O_5 Olsen

Sifat Tanah	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
P_2O_5 Olsen (mg/kg)	<10	10-25	26-45	46-60	>60

2.4 Metode Olsen

Jumlah fosfor tersedia dalam tanah harus ditentukan dengan menggunakan metode yang tepat. Permasalahan fosfor di dalam tanah cukup kompleks, salah satunya sumber yang tersedia terbatas juga dipengaruhi oleh pH tanah sehingga ketersediaan untuk tanaman menjadi rendah. Beberapa metode penentuan fosfor tersedia pada tanah yang telah ditemukan antara lain ; metode Truog, Bray I, Bray II, North Caroline, dan Olsen. Masing-masing metode tersebut memiliki karakteristik tersendiri dalam mengekstrak Fosfor. Metode yang terbaik adalah metode yang ekstraktannya mampu mengekstrak Fosfor tersedia dalam tanah dengan baik atau yang paling mendekati Fosfor yang diserap oleh tanaman (Ilahi, 2000).

Pengaruh parameter pH terhadap ketersediaan fosfor dapat dijadikan sebagai tolak ukur untuk membandingkan hasil uji fosfor dari metode pengujian tanah yang ada. Perbandingan hasil uji fosfor tersedia dari dua metode berbeda saat menerapkan uji suasana pH tanah dapat dijadikan rekomendasi untuk pemberian pupuk. Metode Olsen biasanya digunakan untuk tanah dengan pH di atas 5,5 dan metode Bray biasanya digunakan untuk tanah dengan pH di bawah 5,5. Kedua metode ini dapat dijadikan sebagai tolak ukur untuk membandingkan penerapan metode berdasarkan perbedaan penerapan dalam suasana tanah asam dan basa (Umaternate dkk, 2014).

Metode analisis Olsen atau metode natrium bikarbonat adalah metode analisis fosfor tersedia pada tanah yang dikembangkan oleh Sterling R. Olsen dan rekan-rekannya pada tahun 1954. Metode ini menggunakan natrium bikarbonat 0,5

Molar dengan pH 8,5 sebagai ekstraktannya. Fosfat dalam suasana netral atau basa terikat pada tanah sebagai Ca dan Mg-PO₄, pengestrak natrium bikarbonat mengendapkan Ca dan Mg-PO₄ sehingga PO₄ terlepas ke dalam larutan, sedangkan fosfat dalam suasana asam terikat sebagai Fe dan Al-PO₄, dengan penambahan natrium bikarbonat maka akan membentuk Fe dan Al-hidroksida sehingga meningkatkan kelarutan fosfat dalam tanah. Metode ini dapat disesuaikan untuk prosedur pengujian tanah yang cepat dan rutin (Olsen dkk, 1954).

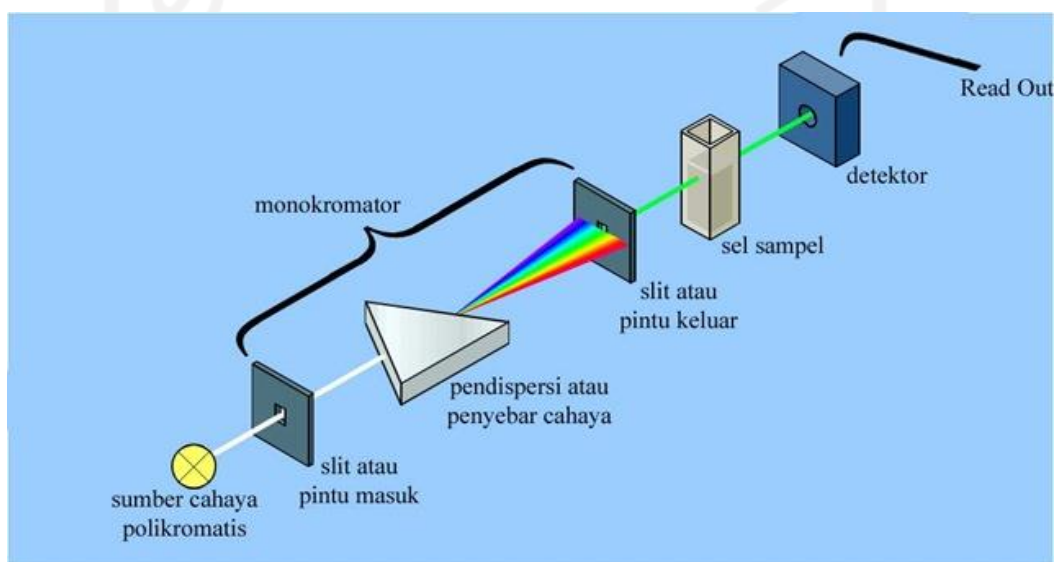
Pengestrak NaHCO₃ (metode Olsen) menaikkan pH dan menyebabkan pelepasan fosfor dalam jumlah besar, sedangkan pengestrak NH₄⁺ yang ditambah HCL (metode Bray) menurunkan pH dan pelepasan fosfor tidak sebanyak metode Olsen. Metode Olsen dapat membaca tiga jenis fosfor yaitu H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻, dan PO₄³⁻ sedangkan metode Bray hanya bisa membaca H₂PO₄⁻ dan PO₄³⁻. Metode Bray lebih unggul daripada metode Olsen untuk analisis pada tanah dengan pH asam karena metode tersebut lebih spesifik untuk tanah asam, tetapi metode Olsen juga dapat digunakan baik pada tanah asam dan basa (Umaternate dkk, 2014).

2.5 Spektrofotometer UV-Visible

Pada awal perkembangannya, spektroskopi merupakan studi tentang radiasi sinar tampak yang berinteraksi dengan molekul pada panjang gelombang tertentu dan menghasilkan spektrum, hal tersebut merupakan hasil interaksi antara energi radiasi dan panjang gelombang atau bilangan frekuensi. Pemahaman ini kemudian berkembang tidak hanya untuk radiasi sinar tampak tetapi juga untuk jenis radiasi elektromagnetik lainnya seperti sinar-X, ultraviolet, inframerah, gelombang mikro, dan radiasi frekuensi radio. Ilmu yang berhubungan dengan pengukuran spektra tersebut dinamakan spektrofotometer (Skoog dkk, 1996). Secara umum, ada beberapa jenis instrumen spektroskopi yang sering digunakan dalam analisis kimia antara lain ; spektrofotometer visibel, spektrofotometer ultraviolet, spektrofotometer UV-Visible, *fourier-transform infrared spectroscopy* (FTIR), dan *flame* fotometer.

Spektrofotometri UV-Visible adalah gabungan dari spektrofotometri UV dan Visible. Alat ini menggunakan dua sumber cahaya yang berbeda yaitu sinar ultraviolet dan sinar tampak (*visible*). Spektrofotometri UV-Visible merupakan

metode analisis spektroskopi yang menggunakan sumber radiasi elektromagnetik dekat (190-380 nm) dan sinar tampak (280-780 nm). Konsentrasi larutan yang dianalisis sebanding dengan jumlah sinar yang diserap oleh zat yang terkandung dalam larutan, warna yang terserap oleh suatu senyawa adalah warna komplementer dari warna yang diamati (Aeni, 2012). Secara garis besar Spektrofotometer UV-Visible terdiri atas sumber cahaya, monokromator, kuvet, dan detektor. Diagram sederhana spektrofotometer UV-Visible beserta komponen-komponennya dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Diagram Komponen Spektrofotometri UV-Visible (Suharti, 2013)

Setiap bagian dari instrumen spektrofotometer UV-Visible memiliki fungsi dan peran masing-masing yang saling terkait. Fungsi dan peran tiap bagian memerlukan ketepatan dan ketelitian yang baik agar mendapatkan hasil pengukuran yang maksimal. Berikut ini merupakan komponen-komponen utama yang ada di spektrofotometer UV-Visible (Gholib & Rohman, 2007) ; (Harmita, 2006) :

1. Sumber Cahaya

Sumber cahaya pada spektrofotometer UV-Visible menggunakan lampu deuterium untuk daerah UV pada panjang gelombang 190-380 nm, sementara lampu halogen kuarsa atau lampu tungsten digunakan untuk daerah visibel pada panjang gelombang 380-780 nm.

2. Monokromator

Monokromator digunakan untuk menguraikan cahaya ke dalam komponen-komponen panjang gelombangnya yang selanjutnya akan dipilih oleh celah (*slit*). Monokromator akan memisahkan radiasi cahaya putih yang polikromatis menjadi cahaya monokromatis atau yang mendekati monokromatis.

3. Kuvet

Wadah sampel yang terbuat dari bahan yang dapat meneruskan energi radiasi dari sumber cahaya.

4. Detektor

Mengubah energi radiasi yang jatuh mengenainya menjadi suatu besaran yang terukur.

5. *Amplifier*

Amplifier berfungsi untuk memperkuat sinyal listrik yang didapat dari detektor, agar sinyal detektor dapat menggerakkan alat pencatat.

6. Rekorder

Alat untuk mencatat data berupa gambar atau angka-angka.

Sampel yang bisa dianalisis oleh spektrofotometer UV-Visible memiliki beberapa persyaratan antara lain :

1. Mempunyai gugus kromofor, gugus kromofor merupakan gugus fungsi tak jenuh yang memberikan serapan pada daerah ultraviolet atau sinar tampak. Hampir semua gugus kromofor memiliki ikatan rangkap seperti C=C, C=O, -NO₂, dan benzena. Sedangkan auksokrom adalah gugus yang mempunyai elektron nonbonding dan tidak mengabsorpsi radiasi pada λ diatas 200 nm, contohnya seperti -OH, -NH₃, dan -X.
2. Tidak memiliki gugus kromofor tetapi memiliki warna.
3. Jika bahan tidak mempunyai gugus kromofor dan tidak berwarna maka ditambahkan pereaksi atau reagen tertentu sehingga menghasilkan warna (*visible*).
4. Bahan yang tidak memiliki gugus kromofor dibuat turunannya yang mempunyai gugus kromofor (UV) (Harmita, 2006).

2.6 Kadar Air

Kadar air tanah adalah perbandingan antara massa air yang ada dalam sampel sebelum pengeringan dan massa sampel setelah dikeringkan hingga mencapai massa yang tetap pada suhu 105°C. Penggunaan suhu pada atau di atas titik didih air lebih menghemat waktu karena air relatif cepat hilang. Selain itu, suhu di atas 105°C menyebabkan komponen organik tanah menguap dan menyebabkan kehilangan massa yang berhubungan dengan keadaan air awal yang ada pada sampel.

Metode gravimetri secara konseptual merupakan metode yang paling sederhana dalam menentukan kadar air tanah. Prinsipnya adalah pengukuran kehilangan air dengan menimbang contoh tanah sebelum dan sesudah dikeringkan pada suhu 105-110°C dalam oven. Hasilnya dinyatakan dalam persentase air dalam tanah, yang dapat dinyatakan dalam persentase terhadap berat kering, berat basah, atau terhadap volume. Masing-masing dari persentase berat ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

1. % H₂O berat kering = (berat H₂O/berat tanah kering oven) x 100%
2. % H₂O berat kering = (berat H₂O/berat basah tanah) x 100%
3. % H₂O berat kering = % H₂O berat kering x BD (*bulk density*) (Abdurachman dkk, 2006).

Menurut (Kurnia dkk, 2006) kriteria penilaian kadar air pada sampel tanah dipaparkan pada Tabel 2.2 sebagai berikut :

Tabel 2.2 Kriteria Penilaian Kadar Air Sampel Tanah

Parameter Tanah	Nilai				
	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
Kadar Air (%)	0-5	6-10	11-17	18-30	31- 43

2.7 Validasi Metode

Berdasarkan standar ISO/IEC 17025—2017, laboratorium standar adalah laboratorium yang mampu menghasilkan data hasil pengujian atau kalibrasi yang akurat dan teliti yang tertelusur ke standar yang telah disepakati seperti standar

nasional, regional, maupun global, *National Measurement Institute*, *National Institute of Standards and Technology*, *Standard Reference Materials*, dan *Certified Reference Materials*. Validasi metode merupakan bagian dari penjaminan mutu analisis kuantitatif. Validasi metode analisis adalah tindakan mengevaluasi parameter tertentu berdasarkan eksperimen laboratorium, untuk mengetahui dan mengonfirmasi bahwa parameter tersebut telah memenuhi persyaratan penggunaan (Harmita, 2004).

Validasi bisa menjelaskan dan menjamin bahwa suatu prosedur pengujian tertentu memiliki detail yang jelas sehingga dapat dilakukan oleh analis atau laboratorium yang berbeda dengan hasil yang sebanding (Harvey, 2000). Berdasarkan EURACHEM (2000), validasi metode dilakukan untuk menentukan sejauh mana penyimpangan yang tidak dapat dihindari dari suatu metode terjadi pada kondisi normal, saat setiap bagian prosedur telah dilakukan dengan baik dan benar sesuai dengan metode uji. Parameter-parameter utama yang penting divalidasi dari suatu metode uji mencakup akurasi (ketepatan), perolehan kembali (*recovery*), presisi (*repeatability* dan *reproducibility*), linieritas, limit deteksi (LOD), limit kuantisasi (LOQ), sensitifitas, selektifitas, *ruggedness/robustness*, dan ketidakpastian (*uncertainty*) (Anwar, 2007).

2.7.1 Linearitas

Linearitas metode adalah ukuran seberapa baik kurva kalibrasi mengkorelasikan respon (y) dan konsentrasi (x) dengan persamaan $y = a + bx$. Hubungan linear dapat disebut ideal apabila nilai $b = 0$ dan $r = +1$ atau -1 tergantung dengan arah garis. Nilai a menunjukkan kepekaan analisis terutama pada instrumen yang digunakan. Nilai koefisien korelasi (r) yang memenuhi persyaratan adalah sebesar $\geq 0,995$ (Harmita, 2004).

2.7.2 Presisi

Presisi merupakan ukuran yang menunjukkan derajat kesesuaian antara hasil uji individual, ditentukan melalui penyebaran hasil individual dari rata-rata jika prosedur digunakan secara berulang pada sampel-sampel yang diambil dari campuran yang homogen. Presisi diukur sebagai simpangan baku atau simpangan

baku relatif (koefisien variasi). Suatu data dikatakan presisi jika nilai koefisien variasi (KV) $< 2\%$ (Harmita, 2004). Penentuan presisi dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu :

1. *Repeatability* (keterulangan)

Repeatability atau keterulangan adalah ukuran presisi pada keadaan analisis yang sama dengan interval waktu yang singkat. Keterulangan memberikan hasil ukuran yang sama pada dalam kondisi normal, hal ini disebabkan hasil dievaluasi dengan pelaksanaan analisis terpisah lengkap terhadap sampel-sampel identik yang terpisah dari tempat yang sama.

2. *Reproducibility* (ketertiruan)

Reproducibility atau ketertiruan adalah kegiatan mengukur presisi antara laboratorium seperti dalam studi kolaboratif yang melibatkan pereaksi, pelarut, peralatan, dan analisis yang berbeda.

3. *Intermediate precision*

Intermediate precision didefinisikan sebagai variasi pada laboratorium yang sama tetapi pengujian dilaksanakan pada hari yang berbeda, juga dengan analisis, pereaksi serta peralatan yang berbeda pula.

2.7.3 Limit of detection (LOD) dan limit of quantitation (LOQ)

Batas deteksi merupakan jumlah analit minimum yang dapat dideteksi dalam sampel dan masih menunjukkan respons yang signifikan dibandingkan dengan nilai blanko. Batas deteksi adalah parameter uji batas. Sedangkan batas kuantitasi adalah parameter pada analisis renik yang diartikan sebagai kuantitas terkecil analit yang masih memenuhi kriteria cermat dan seksama dalam sampel (Riyanto, 2014).

Penentuan batas deteksi suatu metode tergantung pada metode analisis tersebut menggunakan instrumen atau tidak. Pada analisis yang tidak menggunakan instrumen, batas deteksi ditentukan melalui pengenceran bertahap pada sampel yang digunakan untuk mendeteksi analit. Pada analisis instrumen batas deteksi dapat dihitung dengan mengukur respons blanko beberapa kali kemudian simpangan baku respons blanko dihitung dengan formula di bawah ini.

$$Q = \frac{k \times S_b}{S_1}$$

- Q = batas deteksi (LOD) atau batas kuantitasi (LOQ)
 k = 3 untuk batas deteksi atau 10 untuk batas kuantitasi
 S_b = simpangan baku respons analitik dari blanko
 S₁ = arah garis linear (kepekaan arah) dari kurva antara respon terhadap konsentrasi = slope (b pada persamaan garis y = a+bx)

Batas deteksi dan kuantitasi dapat dihitung secara statistik melalui garis regresi linier dari kurva kalibrasi. Nilai pengukuran akan sama dengan nilai b pada persamaan garis linier y = a + bx, sedangkan simpangan baku blanko sama dengan simpangan baku residual (S_{y/x}). (Harmita, 2004).

2.7.4 Akurasi

Akurasi merupakan kedekatan antara nilai yang diperoleh atau nilai terukur dengan nilai yang sebenarnya. Akurasi ditentukan dengan melakukan spiking pada sampel yang akan diujikan sehingga didapatkan banyaknya analit yang diperoleh kembali. Terdapat tiga cara yang bisa dilakukan untuk uji akurasi yaitu; menggunakan SRM (*Standard Reference Material*), menggunakan metode penambahan standar (*standard addition method*), dan melakukan *spiking* pada plasebo (Rohman, 2014).

Penentuan akurasi dapat ditentukan dengan mencari persentase perolehan kembali (%*Recovery*) yang dilakukan dengan cara penambahan analit yang memiliki matrik dan kelarutan mendekati sampel ke dalam sampel. Analisis akurasi dengan cara tersebut dapat dikatakan baik jika nilai persentase perolehan kembali (%*Recovery*) yang dihasilkan dari suatu standar masuk ke dalam rentang 80-110% (Sumardi, 2002). Penentuan akurasi dengan menggunakan persen perolehan kembali (%*Recovery*) dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\%Recovery = \frac{\text{Konsentrasi terukur}}{\text{Konsentrasi sebenarnya}} \times 100\%$$

$$\%Recovery = \frac{(C_{\text{sampel}} + C_{\text{spike}}) - (C_{\text{sampel}})}{(C_{\text{spike}})} \times 100\%$$

Tabel 2.3 Persentase %Recovery yang Diterima AOAC (2013)

Konsentrasi Analit dalam Sampel	Batasan (%)
100%	98-101
10%	95-102
1%	92-105
0,10%	95-108
0,01%	85-110
10 µg/g (10 ppm)	80-115
1 µg/g (1 ppm)	75-120
10 µg/g (10 ppb)	70-125

2.7.5 Estimasi ketidakpastian

Ketidakpastian (μ) merupakan suatu parameter penetapan rentang nilai yang di dalamnya terdapat nilai benar (*true value*). Ketidakpastian menggabungkan semua kesalahan yang diketahui menjadi suatu rentang tunggal. Nilai ketidakpastian dilambangkan dengan simbol “ \pm ”. Sebagai contoh, jika suatu hasil pengukuran dinyatakan sebagai $X \pm U$ unit, maka rentang hasil pengukuran tersebut adalah $X-U$ hingga $X+U$. Perhitungan rentang ini dikenal sebagai pengukuran ketidakpastian (*uncertainty measurement*) (Pramono, 2014). Estimasi ketidakpastian pengukuran memungkinkan dilakukannya perbandingan hasil antara laboratorium yang berbeda atau dalam laboratorium yang sama, atau membandingkan hasil dengan nilai acuan yang ada dalam spesifikasi atau standar tertentu. Selisih nilai hasil uji suatu produk mungkin saja tidak signifikan jika perbedaan tersebut masih dalam rentang ketidakpastian (Islam & Sukardan, 2016).

Kategori komponen ketidakpastian dapat dibagi menjadi dua tipe. Tipe A adalah komponen ketidakpastian berdasarkan data percobaan dan dihitung dari rangkaian pengamatan, sedangkan tipe B merupakan komponen ketidakpastian berdasarkan informasi yang dapat dipercaya (data sekunder), misalnya spesifikasi pabrik, data pustaka, sertifikat kalibrasi alat, atau data validasi metode (Sunardi, Susanna, Nuraini, & Elin, 2007). Sumber-sumber ketidakpastian di antaranya adalah sampling, preparasi contoh (sampel), kalibrasi instrumen, peralatan, kesalahan acak, kesalahan sistematis, dan dari analisis itu sendiri.

BAB III

METODOLOGI

3.1 Alat

Alat yang digunakan untuk penentuan kadar fosfor tersedia pada sampel tanah adalah botol kocok 50 ml, gelas ukur 25 mL, kertas saring W 91, pipet ukur 2; 5; dan 10 mL (*iwaki*), mesin pengocok (*Gerhardt Bonn Type RO.15*), gelas beaker 10; 50; 500; 1000 mL (*iwaki*), pipet tetes, tabung reaksi, rak tabung reaksi, pro pipet (*Glassfirm*), neraca analitik (*Ohaus*), spatula, cawan, *vortex* (*Genius 2*), botol semprot, spektrofotometri UV-Vis (*Thermo Scientific Genesys 20*), oven (*Memmert*), dan desikator.

3.2 Bahan

Bahan yang digunakan untuk penentuan kadar fosfor tersedia pada sampel tanah adalah sampel tanah kontrol dari Temanggung, NaHCO_3 (natrium bikarbonat), $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (ammonium molibdat), $\text{H}_2\text{O}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ 0,5 K (kalium antimoni), H_2SO_4 (asam sulfat) pekat, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ (asam askorbat), standar induk 1000 ppm PO_4 (*titrisol*), dan akuades.

3.3 Prosedur Kerja

3.3.1 Pembuatan larutan pengestrak NaHCO_3 0,5 M, pH 8,5

Pembuatan larutan pengestrak NaHCO_3 0,5 M, pH 8,5 dilakukan dengan melarutkan 42,0 gram NaHCO_3 dengan air bebas ion menjadi 1 liter, pH larutan ditetapkan menjadi 8,5 dengan penambahan NaOH.

3.3.2 Pembuatan larutan pereaksi P pekat

Pembuatan larutan pereaksi P pekat dilakukan dengan melarutkan $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 12 gram dengan 100 mL air bebas ion dalam labu ukur 1 liter. $\text{H}_2\text{O}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ 0,5 K ditambahkan sebanyak 0,277 gram dan secara perlahan H_2SO_4 pekat dimasukkan sebanyak 140 ml. Jadikan 1 liter dengan air bebas ion.

3.3.3 Pembuatan larutan pereaksi P

Pembuatan larutan pereaksi P pekat dilakukan dengan mencampurkan asam askorbat sebanyak 1,06 gram dan pereaksi P pekat 100 mL. H_2SO_4 4N ditambahkan sebanyak 25 mL, kemudian dijadikan 1 liter dengan air bebas ion. Pereaksi ini harus selalu dibuat baru.

3.3.4 Pembuatan standar induk 1000 ppm PO_4 (*titrisol*)

Pembuatan standar induk 1000 ppm PO_4 (*titrisol*) dilakukan dengan memindahkan secara kuantitatif larutan standar induk PO_4 *titrisol* di dalam ampul ke dalam labu ukur 1 liter. Impitkan dengan air bebas ion sampai dengan tanda garis lalu dikocok.

3.3.5 Pembuatan standar induk 100 ppm PO_4

Pembuatan standar induk 100 ppm PO_4 dilakukan dengan memipet 10 mL larutan standar induk 1000 ppm PO_4 ke dalam labu ukur 100 mL. Impitkan dengan air bebas ion sampai dengan tanda garis lalu dikocok.

3.3.6 Pembuatan deret standar PO_4 (0-20 ppm)

Pembuatan Deret Standar PO_4 (0-20 ppm) dilakukan dengan memipet berturut-turut 0;2;4;8;12;16; dan 20 mL larutan standar 100 ppm PO_4 ke dalam labu ukur 100 mL, diencerkan dengan pengekstrak Olsen hingga 100 mL.

3.3.7 Penentuan kadar air

Penentuan kadar air dilakukan dengan menimbang cawan kosong yang telah diketahui beratnya dan sampel tanah sebanyak 5 gram kemudian sampel dioven selama 4 jam pada suhu $105^{\circ}C$, setelah selesai kemudian didinginkan selama 30 menit. Kemudian sampel bersama cawan yang sudah dingin ditimbang kembali. Penentuan kadar air dilakukan sebanyak 9 kali pengulangan. Hasil penimbangan dicatat dan dirata-rata.

3.3.8 Penentuan kadar fosfor tersedia

Contoh tanah < 2 mm ditimbang sebanyak 1 gram, dimasukkan ke dalam botol kocok, ditambah 20 mL pengestrak Olsen, kemudian dikocok selama 30 menit. Larutan disaring dan jika masih keruh dikembalikan lagi ke atas saringan semula. Ekstrak dipipet 2 mL ke dalam tabung reaksi dan selanjutnya bersama deret standar ditambahkan 10 mL pereaksi pewarna fosfat, kocok hingga homogen dan biarkan 30 menit. Absorbansi larutan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm.

3.3.9 Penentuan linearitas

Penentuan linearitas dilakukan dengan mengukur larutan deret standar fosfor dengan konsentrasi 0; 2; 4; 8; 12; 16; dan 20 mg/L. Pembacaan absorbansi setiap larutan deret standar dilakukan dengan menggunakan instrumen spektrofotometri UV-Visible pada panjang gelombang (λ) 693 nm. Penentuan linearitas dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan.

3.3.10 Penentuan presisi

Penentuan presisi dilakukan dengan menimbang contoh tanah sebanyak 1 gram, dimasukkan ke dalam botol kocok, ditambah 20 mL pengestrak Olsen, kemudian dikocok selama 30 menit. Larutan disaring dan jika masih keruh dikembalikan lagi ke atas saringan semula. Ekstrak dipipet 2 mL ke dalam tabung reaksi dan selanjutnya ditambahkan 10 mL pereaksi pewarna fosfat, kocok hingga homogen dan biarkan 30 menit. Absorbansi larutan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm. Penentuan presisi dilakukan sebanyak 9 kali pengulangan.

3.3.11 Penentuan *limit of detection* (LOD) dan *limit of quantification* (LOQ)

Penentuan LOD dan LOQ dilakukan dengan mengukur larutan deret standar fosfor dengan konsentrasi 0; 2; 4; 8; 12; 16; dan 20 mg/L. Pembacaan absorbansi setiap larutan deret standar dilakukan dengan menggunakan instrumen

Spektrofotometri UV-Visible pada panjang gelombang (λ) 693 nm. Absorbansi yang terbaca digunakan untuk menentukan nilai LOD dan LOQ dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{LOD} = 3 \times \text{SD}$$

$$\text{LOQ} = 10 \times \text{SD}$$

3.3.12 Penentuan akurasi

Penentuan Sampel + *Spike* dilakukan dengan cara contoh tanah ditimbang sebanyak 1 gram, dimasukkan ke dalam botol kocok, ditambahkan larutan standar fosfat 10 ppm sebanyak 6 mL dan pengestrak Olsen sebanyak 14 mL, kemudian dikocok selama 30 menit. Larutan disaring dan jika masih keruh dikembalikan lagi ke atas saringan semula. Ekstrak dipipet 2 mL ke dalam tabung reaksi dan selanjutnya ditambahkan 10 mL pereaksi pewarna fosfat, kocok hingga homogen dan biarkan 30 menit. Absorbansi larutan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm. Penentuan dilakukan sebanyak 9 kali pengulangan.

Penentuan *spike* dilakukan dengan cara larutan standar fosfat 10 ppm dipipet sebanyak 6 mL ke dalam botol kocok dan ditambahkan pengestrak Olsen sebanyak 14 mL kemudian dikocok selama 30 menit. Larutan disaring dan jika masih keruh dikembalikan lagi ke atas saringan semula. Ekstrak dipipet 2 mL ke dalam tabung reaksi dan selanjutnya ditambahkan 10 mL pereaksi pewarna fosfat, kocok hingga homogen dan biarkan 30 menit. Absorbansi larutan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm. Penentuan dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Validasi metode penentuan kadar fosfor tersedia pada tanah dengan metode Olsen menggunakan spektrofotometer *UV-Visible* di Laboratorium Balai Pengkajian dan Teknologi Pertanian (BPTP) Yogyakarta ini bertujuan untuk mengetahui kadar fosfor tersedia pada tanah menggunakan metode Olsen dalam bentuk P_2O_5 dan mengetahui hasil dari validasi metode itu sendiri. Sampel tanah yang dianalisis merupakan sampel tanah kontrol yang diambil dari Temanggung, sebelum dilakukan proses validasi terlebih dahulu ditentukan kadar air dari sampel karena faktor koreksi dari kadar air akan digunakan untuk perhitungan kadar, selanjutnya dilakukan proses validasi dengan parameter linearitas, *limit of detection* (LOD), *limit of quantitation* (LOQ), presisi, akurasi, dan ketidakpastian pengukuran.

4.1 Penentuan Kadar Fosfor Tersedia

4.1.1 Penentuan kadar air

Kadar air merupakan perbandingan massa sampel sebelum pengeringan dengan massa sampel setelah pengeringan. Penentuan kadar air pada sampel tanah dilakukan dengan menimbang sampel tanah sebanyak 5 gram ke dalam cawan yang sebelumnya telah ditimbang beratnya. Kemudian sampel beserta cawan yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam oven, sebelum memasukkan sampel oven dipanaskan terlebih dahulu hingga suhu $105^{\circ}C$. Setelah suhu di dalam oven mencapai $105^{\circ}C$, sampel dimasukkan dan dibiarkan selama 4 jam. Sampel yang telah kering kemudian didinginkan ditimbang bersama cawan. Perlakuan ini dilakukan sebanyak 9 kali pengulangan.

Data hasil perhitungan kadar air pada sampel tanah dapat dilihat pada Tabel 4.1 :

Tabel 4.1 Data Hasil Perhitungan Kadar Air Pada Sampel Tanah

No.	Berat cawan (W1)	Bobot kosong+contoh Sebelum dipanaskan (W2)	Bobot kosong+contoh setelah dipanaskan (W3)	Kadar Air (%) (W2-W3)/W2-W1*100%	Faktor Koreksi Kadar Air
1	3,327	8,33	7,859	9,36	1,103
2	3,409	8,41	7,932	9,54	1,105
3	3,350	8,35	7,874	9,52	1,105
4	3,324	8,32	7,846	9,56	1,106
5	3,612	8,61	8,147	9,30	1,103
6	3,616	8,62	8,124	9,84	1,109
7	3,691	8,69	8,198	9,86	1,109
8	3,622	8,62	8,149	9,46	1,104
9	3,565	8,57	8,083	9,64	1,107
Rata-rata	3,5018	8,50	8,024	9,56	1,106

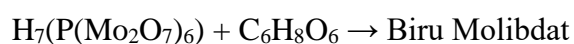
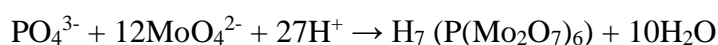
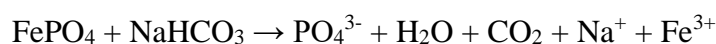
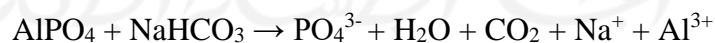
Berdasarkan Tabel 4.1 didapat rata-rata kadar air sebesar 9,56%, kadar air dalam sampel tanah termasuk dalam kategori rendah. Hasil dari penentuan kadar air pada sampel tanah dapat digunakan untuk menentukan faktor koreksi (FK) kadar air. Faktor koreksi pada sampel tanah yang digunakan didapat sebesar 1,106. Faktor koreksi digunakan untuk perhitungan penentuan kadar fosfor tersedia pada tanah dengan metode Olsen. Perhitungan kadar air dan faktor koreksi dapat dilihat pada Lampiran 1.

4.1.2 Penentuan kadar fosfor tersedia pada sampel tanah

Penentuan kadar fosfor tersedia dalam sampel tanah Temanggung dilakukan dengan Spektrofotometri UV-Visible pada panjang gelombang (λ) 693 nm sebanyak 9 kali pengulangan. Sampel tanah sebelum dianalisis perlu dilakukan preparasi terlebih dahulu. Preparasi sampel tanah dilakukan dengan membersihkan sampel tanah dari akar-akar, sisa tanaman, kerikil dan kotoran lainnya kemudian sampel dikeringkan di rak pada ruangan khusus yang terlindung dari sinar matahari atau dipanaskan dengan oven suhu 40°C. Sampel yang telah kering lalu ditumbuk dengan lumpang porselen atau mesing penggiling dan diayak dengan ayakan

ukuran lubang 2 mm. Selanjutnya diperlukan pengecekan pH pada sampel tanah untuk mengetahui metode apa yang sesuai untuk menganalisis kadar fosfor tersedia, didapatkan pH tanah sebesar 7,032, berdasarkan literatur yang telah ada metode Olsen lebih cocok digunakan untuk sampel tanah dengan pH di atas 5,5 sehingga metode tersebut dipilih untuk proses validasi tanah kali ini.

Kadar fosfor tersedia ditentukan dengan cara menimbang contoh tanah < 2 mm sebanyak 1 gram, dimasukkan ke dalam botol kocok, ditambah 20 mL pengestrak Olsen (NaHCO₃) pH 8,5 untuk menaikkan pH sehingga jumlah ion OH⁻ (hidroksil) meningkat dan akan bersaing dalam pertukaran ion, menurut Sulaeman dkk (2005) penambahan pengestrak Olsen akan membentuk Fe- atau Al-hidroksida sehingga fosfat menjadi larut dan dapat dianalisis, kemudian untuk memaksimalkan proses pengestrakan botol yang berisi sampel dan pengestrak dikocok selama 30 menit. Larutan disaring dan jika masih keruh dikembalikan lagi ke atas saringan semula. Ekstrak dipipet sebanyak 2 mL ke dalam tabung reaksi dan selanjutnya bersama deret standar ditambahkan 10 mL pereaksi pewarna fosfat, kocok hingga homogen menggunakan *vortex* kemudian biarkan 30 menit untuk memaksimalkan pembentukan kompleks warna biru molibdat. Absorbansi larutan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm. Pada suasana netral atau basa fosfat dalam tanah akan terikat dalam bentuk HPO₄²⁻, dengan penambahan pengestrak NaHCO₃ akan menyebabkan pertukaran kation dan terbentuk PO₄³⁻. Anion fosfat dalam ekstrak bereaksi dengan amonium molibdat dalam suasana asam membentuk asam fosfomolibdat, selanjutnya direduksi oleh asam askorbat membentuk warna biru molibdat (Priyono dan Kusuma, 2012). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Hasil kadar fosfor tersedia pada tanah yang didapat sebanyak sembilan kali pengulangan dapat dilihat pada Tabel 4.2 :

Tabel 4.2 Kadar Fosfor Tersedia

Sampel	Absorbansi	Konsentrasi PO ₄	Konsentrasi P ₂ O ₅
		kurva (mg/L)	(mg/kg)
1	0,1270	3,9527	65,3313
2	0,1300	4,0541	67,0065
3	0,1300	4,0541	67,0065
4	0,1260	3,9189	64,7729
5	0,1300	4,0541	67,0065
6	0,1300	4,0541	67,0065
7	0,1320	4,1216	68,1233
8	0,1260	3,9189	64,7729
9	0,1260	3,9189	64,7729
Rata-rata			66,1999

Berdasarkan hasil yang diperoleh kadar fosfor tersedia pada sampel tanah didapat rata-rata sebesar 66,1999 mg/kg. Berdasarkan kriteria penilaian kesuburan tanah Kementerian Pertanian melalui Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian pada buku Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian, kadar fosfor dalam sampel tanah Temanggung termasuk kategori sangat tinggi. (Ritung dkk, 2011).

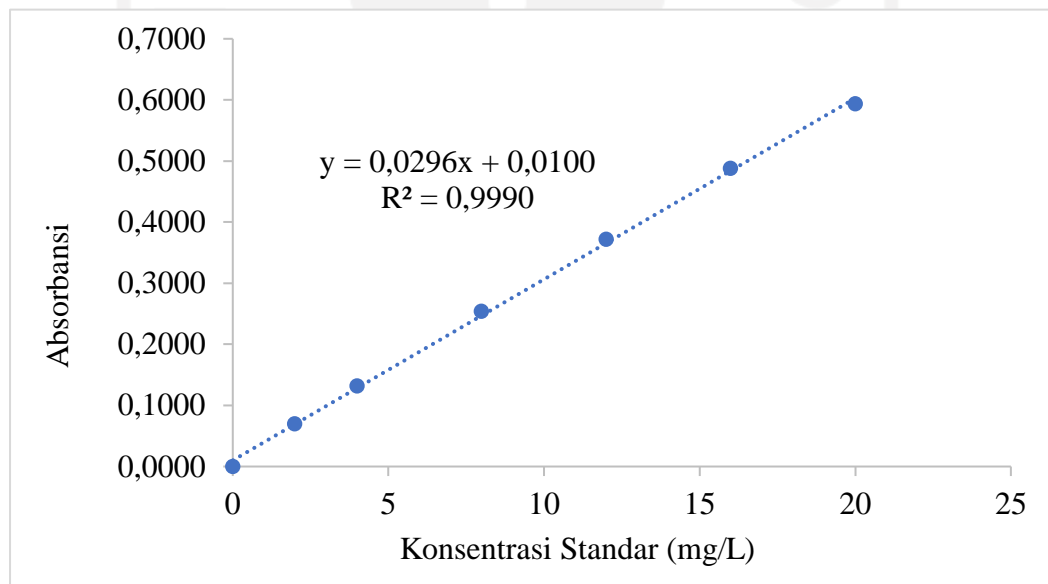
4.2 Validasi Metode

4.2.1 Penentuan linearitas

Linearitas menunjukkan hubungan linier antara konsentrasi analit dengan respons alat. Linearitas dapat ditentukan dengan mengukur minimal lima deret standar dengan konsentrasi yang berbeda-beda, semakin tinggi konsentrasi suatu standar maka semakin besar pula respons yang didapatkan. Data yang diperoleh dapat diolah menggunakan regresi linier, sehingga diperoleh nilai slope, intersep, koefisien korelasi dan koefisien determinasi (Harmita, 2004). Pengujian linearitas pada penentuan fosfor tersedia dilakukan dengan membuat larutan stantar fosfat dengan variasi 0; 2; 4; 8; 12; 16; dan 20 mg/L kemudian dianalisis dengan instrumen spektrofotometri UV-Visible pada panjang gelombang (λ) 693 nm.

Tabel 4.3 Hasil Uji Linearitas

Konsentrasi Standar (mg/L)	Absorbansi			Rata-rata
	1	2	3	
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0710	0,0680	0,0700	0,0697
4	0,1340	0,1280	0,1330	0,1317
8	0,2540	0,2510	0,2570	0,2540
12	0,3690	0,3730	0,3730	0,3717
16	0,4860	0,4850	0,4910	0,4873
20	0,5910	0,5950	0,5930	0,5930



Gambar 4.1 Kurva Kalibrasi P Olsen

Persamaan regresi yang didapat adalah $y = 0,0296x + 0,0100$, dengan intersep 0,0100, slope 0,0296, koefisien korelasi (r) 0,9995, dan koefisien determinasi (r^2) 0,9990. Syarat keberterimaan koefisien korelasi adalah $\geq 0,995$ (Harmita, 2004) sehingga metode kurva kalibrasi dapat dikatakan baik dan dapat digunakan karena masih masuk ke dalam rentang keberterimaan.

4.2.2 Penentuan LOD dan LOQ

Limit of detection (LOD) adalah parameter uji batas terkecil yang dimiliki oleh suatu alat atau instrumen untuk mengukur sejumlah analit tertentu, sedangkan *limit of quantitation* (LOQ) adalah jumlah analit terkecil dalam sampel yang masih dapat diukur dengan akurat dan presisi oleh alat atau instrumen (Riyanto, 2014). Batas deteksi dan kuantitasi dapat dihitung secara statistik melalui garis regresi linier dari kurva kalibrasi.

Tabel 4.4 Penentuan LOD dan LOQ

No.	C Std (mg/L)	Abs (Y)	Yi	(Y-Yi)	(Y-Yi) ²
1	0	0,0000	0,0100	-0,0100	1,0000,E-04
2	2	0,0697	0,0692	0,0005	2,1778,E-07
3	4	0,1317	0,1284	0,0033	1,0671,E-05
4	8	0,2540	0,2468	0,0072	5,1840,E-05
5	12	0,3717	0,3652	0,0065	4,1818,E-05
6	16	0,4873	0,4836	0,0037	1,3938,E-05
7	20	0,5930	0,6020	-0,0090	8,1000,E-05
				Σ (Yi-Y)²	0,0003
				Sy/x	0,0077
				LOD (mg/L)	0,7844
				LOQ (mg/L)	2,6146

Berdasarkan Tabel 4.4 diperoleh nilai LOD dan LOQ berturut turut 0,7844 mg/L dan 2,6146 mg/L. Hasil tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi terendah yang mampu terdeteksi oleh metode sebesar 0,7844 mg/L sedangkan konsentrasi terendah yang dapat dikuantitasi secara presisi dan akurat sebesar 2,6146 mg/L. Berdasarkan hasil yang didapat tersebut maka konsentrasi sampel yang diuji harus di atas 0,7844 mg/L dan 2,6146 mg/L agar dapat dideteksi dan dikuantitasi dengan baik.

4.2.3 Penentuan presisi

Penentuan presisi bertujuan untuk mengetahui kedekatan antara hasil uji yang didapat secara berulang pada sampel atau ketetapan sistem dalam memberikan respons terhadap analit. Penentuan presisi dilakukan dengan metode keterulangan (*repeatability*), uji presisi yang dilakukan berdasarkan keterulangan menggunakan prosedur metode dalam kondisi laboratorium, alat, pereaksi serta analisis yang sama. Nilai presisi dinyatakan dalam %RSD. Nilai %RSD dapat dibandingkan dengan nilai 2/3 CV Horwitz untuk memastikan bahwa keterulangan dapat diterima. Hasil uji presisi dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Penentuan Presisi

Sampel	Absorbansi	Konsentrasi P ₂ O ₅ (mg/kg)	Rata-Rata Konsentrasi	(Xi- \bar{X} i) ²
1	0,1270	65,3313	66,1999	0,7545
2	0,1300	67,0065		0,6505
3	0,1300	67,0065		0,6505
4	0,1260	64,7729		2,0363
5	0,1300	67,0065		0,6505
6	0,1300	67,0065		0,6505
7	0,1320	68,1233		3,6992
8	0,1260	64,7729		2,0363
9	0,1260	64,7729		2,0363
$\Sigma(Xi- \bar{X}i)^2$				13,1647
SD				1,2828
%RSD				1,94
CV Horwitz				8,51
2/3 CV Horwitz				5,67

Pengujian presisi dilakukan dengan melakukan penentuan sebanyak sembilan kali pengulangan. Nilai %RSD yang didapat sebesar 1,94%, nilai tersebut memenuhi syarat keberterimaan yaitu <2% (Harmita, 2004). Nilai %RSD kemudian dibandingkan dengan 2/3 CV Horwitz, dan didapatkan hasil bahwa pengujian yang dilakukan memiliki keterulangan yang baik sehingga metode dapat digunakan untuk pengujian di laboratorium.

4.2.4 Penentuan akurasi

Akurasi adalah kedekatan antara nilai yang terukur dengan nilai yang sebenarnya. Akurasi dinyatakan sebagai nilai persen perolehan kembali (*%recovery*) dari analit yang ditambahkan. Penentuan akurasi dilakukan dengan metode adisi standar, yaitu dengan menambahkan sejumlah analit yang sudah diketahui konsentrasinya ke dalam sampel, dari sampel yang sudah ditambahkan analit tersebut didapatkan data konsentrasi yang selanjutnya akan digunakan untuk menghitung *%recovery*.

Tabel 4.6 Penentuan Akurasi

Konsentrasi Sampel (mg/L)	Konsentrasi Sampel + Spike (mg/L)	Konsentrasi Spike (mg/L)	<i>%Recovery</i> (%)
3,9527	6,3514		93,42
4,0541	6,3514		89,47
4,0541	6,2838		86,84
3,9189	6,2838		92,11
4,0541	6,3851	2,5676	90,79
4,0541	6,3851		90,79
4,1216	6,3851		88,16
3,9189	6,2500		90,79
3,9189	6,2838		92,11
Rata-rata <i>% Recovery</i>			90,50

Berdasarkan hasil uji akurasi seperti yang tertera pada Tabel 4.6, uji akurasi dilakukan dengan pengulangan sebanyak sembilan kali. Rata-rata *%recovery* yang didapat sebesar 90,50%, nilai keberterimaan *%recovery* dari AOAC 2013 adalah 75-120% sehingga dapat disimpulkan bahwa metode pengujian yang digunakan memiliki akurasi yang baik.

4.2.5 Penentuan ketidakpastian pengukuran

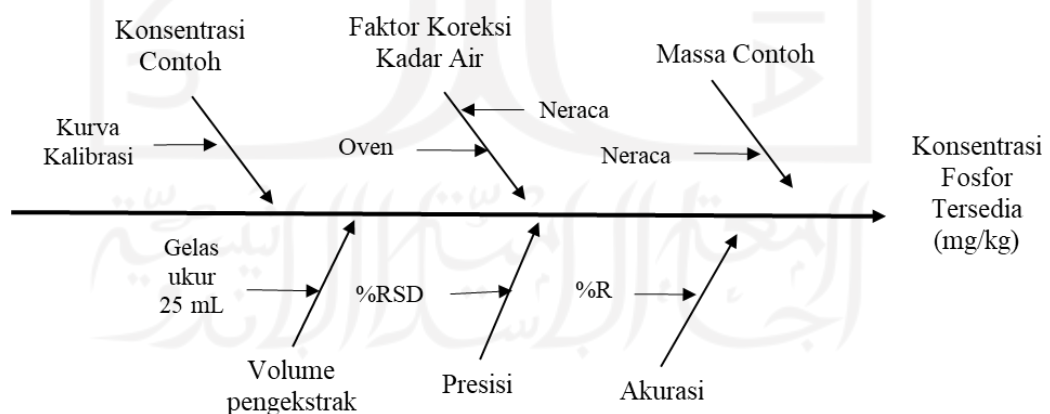
Ketidakpastian pengukuran didefinisikan sebagai parameter terkait dengan hasil pengukuran yang mencirikan dispersi atau penyebaran dari nilai-nilai yang secara wajar dapat dikaitkan dengan pengukuran (EURACHEM, 2012). Ketidakpastian (μ) merupakan suatu parameter yang menetapkan rentang nilai yang di dalamnya terdapat nilai benar (*true value*) dan memadukan semua kesalahan

yang diketahui menjadi satu rentang tunggal (Rohani dkk, 2021). Ketidakpastian pengukuran dapat ditentukan melalui beberapa langkah, yang pertama menentukan metode atau prosedur kerja yang digunakan, kemudian sumber-sumber ketidakpastian diidentifikasi melalui rumus sesuai metode yang digunakan. Pengujian fosfor tersedia dengan metode Olsen menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar } P_2 O_5 \text{ tersedia (mg/kg)} = \text{ppm kurva} \times \frac{20}{1000} \times \frac{1000}{1} \times \frac{142}{190} \times \text{FK}$$

- Ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko
 142/190 = faktor konversi bentuk PO_4 menjadi P_2O_5
 Fk = faktor koreksi kadar air

Sumber-sumber ketidakpastian dapat diidentifikasi dengan menggunakan diagram tulang ikan. Berdasarkan rumus yang ada maka diagram tulang ikan dapat ditentukan sebagai berikut :



Gambar 4.2 Diagram Tulang Ikan Ketidakpastian Pengukuran

Setelah didapatkan sumber-sumber ketidakpastian pengukuran maka langkah selanjutnya adalah menentukan ketidakpastian baku masing-masing sumber, ketidakpastian gabungan, dan ketidakpastian diperluas. Perhitungan ketidakpastian

baku dapat dilihat pada Lampiran 7. Selanjutnya dari ketidakpastian baku dihitung ketidakpastian gabungan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\mu_c = C.Sampel \times \sqrt{\left(\frac{\mu_{KA}}{KA}\right)^2 + \left(\frac{\mu_{massa}}{massa}\right)^2 + \left(\frac{\mu_{vp}}{volume}\right)^2 + \left(\frac{\mu_{Co}}{C}\right)^2 + \left(\frac{\mu_P}{P}\right)^2 + \left(\frac{\mu_A}{A}\right)^2}$$

Keterangan :

μ_{KA}	= ketidakpastian baku kadar air
KA	= kadar air
μ_{massa}	= ketidakpastian baku massa contoh
massa	= massa contoh
μ_{vp}	= ketidakpastian baku volume pengekstrak
volume	= volume gelas ukur 25 mL
μ_{Co}	= ketidakpastian baku konsentrasi
C	= konsentrasi
μ_P	= ketidakpastian baku presisi
P	= presisi
μ_A	= ketidakpastian baku akurasi
A	= akurasi

Selanjutnya adalah penentuan ketidakpastian diperluas dengan cara mengalikan nilai ketidakpastian gabungan dengan faktor cakupan, pengujian kali ini menggunakan selang kepercayaan 95 % sehingga faktor cakupan (k) yang digunakan sebesar 2. Rumus ketidakpastian diperluas adalah sebagai berikut :

$$\mu = \mu_c \times k$$

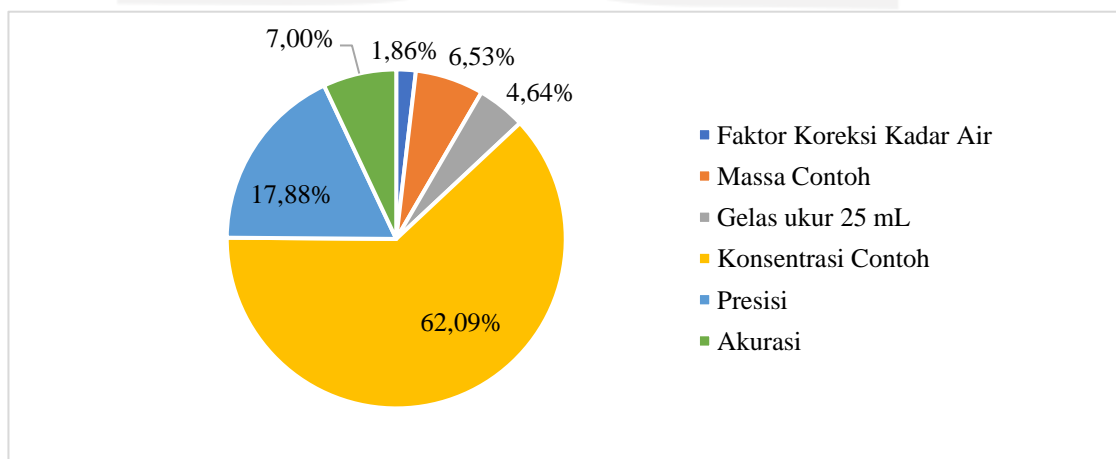
μ_c = ketidakpastian gabungan

k = faktor cakupan dengan selang kepercayaan 95%

Tabel 4.7 Penentuan Ketidakpastian Pengukuran

No.	Lambang	Nilai	Satuan	Ketidakpastian Baku ($\mu(x)$)	Ketidakpastian Relatif ($\mu(x)/x$)
1	Faktor Koreksi Kadar Air	9,59	%	0,0193	0,0020
2	Massa Contoh	1	gram	0,0071	0,0071
3	Gelas ukur 25 mL	25	mL	0,1257	0,0050
4	Konsentrasi Contoh	4,005 3	mg/L	0,2695	0,0673
5	Presisi	1,00	-	0,0194	0,0194
6	Akurasi	90,50	%	0,6867	0,0076
				Ketidakpastian Gabungan (μ_c)	4,6994
				Ketidakpastian Diperluas (μ)	9,3988

Berdasarkan Tabel 4.7 dapat dilihat ketidakpastian diperluas dari pengujian kali ini sebesar $\pm 9,3988$, sehingga pelaporan kadar sampel dapat dituliskan sebagai $66,1999 \pm 9,3988$ mg/kg. Artinya rentang konsentrasi fosfor yang di dalamnya terdapat nilai benar antara 56,8011 mg/kg sampai 75,5987 mg/kg. Nilai ketidakpastian yang diperoleh masih termasuk baik karena besarnya masih $<30\%$ kadar sampel yang digunakan (Riyanto, 2014). Penyumbang ketidakpastian terbesar berasal dari kurva kalibrasi, hal tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti kondisi alat, ketelitian saat membuat deret standar, dan homogenitas dari larutan.



Gambar 4.3 Diagram Persentase Penyumbang Ketidakpastian

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil validasi metode penentuan kadar fosfor pada sampel tanah dengan menggunakan metode Olsen secara spektrofotometri UV-Visible dapat disimpulkan :

1. Pengujian kadar fosfor tersedia pada sampel tanah menggunakan metode Olsen dengan pengulangan sebanyak sembilan kali diperoleh rata-rata konsentrasi sebesar 66,1999 mg/kg. Berdasarkan kriteria penilaian kesuburan tanah Kementerian Pertanian melalui Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian pada buku Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian, kadar fosfor dalam sampel tanah Temanggung termasuk kategori sangat tinggi.
2. Validasi metode yang telah dilakukan dapatkan hasil sebagai berikut :
 - 1) Parameter linearitas didapat persamaan regresi $y = 0,0296x + 0,0100$ dengan koefisien determinasi (r^2) 0,9990, hasil tersebut memenuhi syarat keberterimaan koefisien determinasi $\geq 0,995$.
 - 2) Parameter LOD dan LOQ diperoleh nilai berturut turut 0,7844 mg/L dan 2,6146 mg/L, hasil tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi terendah yang mampu terdeteksi oleh metode sebesar 0,7844 mg/L sedangkan konsentrasi terendah yang dapat diukur secara presisi dan akurat sebesar 2,6146 mg/L.
 - 3) Parameter presisi diperoleh nilai %RSD sebesar 1,94%, nilai tersebut memenuhi syarat keberterimaan yaitu $< 2\%$. Nilai %RSD kemudian dibandingkan dengan $2/3$ CV Horwitz, dan didapatkan hasil bahwa pengujian yang dilakukan memiliki keterulangan yang baik.
 - 4) Parameter akurasi didapat rata-rata %*recovery* yang didapat sebesar 90,50%, nilai keberterimaan %*recovery* dari AOAC 2013 adalah 75-120% sehingga dapat disimpulkan bahwa metode pengujian yang digunakan memiliki akurasi yang baik.
 - 5) Parameter ketidakpastian pengukuran diperoleh sebesar $\pm 9,3988$, sehingga pelaporan kadar sampel dapat dituliskan sebagai 66,1999 \pm

9,3988 mg/kg, nilai ketidakpastian yang diperoleh masih termasuk baik karena besarnya masih <30% kadar sampel yang digunakan.

Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa metode penentuan kadar fosfor tersedia pada sampel tanah dengan menggunakan metode Olsen secara spektrofotometri UV-Visible bisa dikatakan valid dan dapat diterapkan untuk pengujian rutin di Laboratorium Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Yogyakarta.

5.2 Saran

Menurut hasil validasi diketahui penyumbang ketidakpastian terbesar didapat dari konsentrasi contoh yang berasal dari kurva kalibrasi, nilai ketidakpastian dapat diminimalkan dengan meningkatkan ketelitian saat melakukan pengujian terutama saat pembuatan larutan deret standar dan proses ekstraksi sampel agar hasil yang didapatkan maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adimiharja, A., Kurnia, U., Agus, F., & Dariah, A., 2006, *Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya*, Bandung: Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Aeni, N., 2012, *Spektrofotometer UV-Visible*, Palu: Tadulako Press.
- Agbenin, J. O., & Raij, B. V., 2001, Kinetics and Energetics of Phosphate Released from Tropical Soils Determined by Mixed-ion Exchange Resin, *Soil Sci Soc*, 65, 1108-1114.
- Anwar, C., 2007, Teknik & Evaluasi Validasi Metode serta Pemilihan Parameter Validasi Metode, *Pelatihan Validasi Metode Analisis Kuantitatif*, Bogor.
- AOAC, 2013, *AOAC Official Methods of Analysis, Appendix K : Guidelines For Single Laboratory Validation Of Chemical Methods For Dietary Supplements And Botanical*, AOAC International.
- Brady, N., 1990, *The Nature and Properties of Soils*, 10th ed., New York (US): MacMillan Publishing Company.
- Dewanto, F., J. L., Tuturoong, R., & Kaunang, W., 2013, Pengaruh Pemupukan Anorganik dan Organik terhadap Produksi Tanaman Jagung sebagai Sumber Pakan. *Jurnal Zoitek*, 32, 1-8.
- EURACHEM, 2000, *Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement*, UK Department of Trade and Industry as Part of The National Measurement System Valid Analytical Measurement (VAM) Programme.
- EURACHEM, 2012, *Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement*, disunting oleh: Ellison, S. L. R. dan Williams, A., UK National Measurement System.
- Foth, H. D., 1998, *Dasar-dasar Ilmu Tanah*, diterjemahkan oleh E. D. Purbayanti, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Gholib, I., dan Rohman, A., 2007, *Kimia Farmasi Analisis*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Hakim, N., Nyakpa, M. Y., Nugroho, S. G., Lubis, A. M., Diha, M. A., Hong, G. B., dan Bailey, H. H., 1986, *Dasar-dasar Ilmu Tanah*, Lampung: Universitas Lampung.
- Harmita, 2004, Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metoda dan Cara Perhitungannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian*, 3(1), 117-135.
- Harmita, 2006, *Analisa Fisikokimia*, Jakarta: UI Press.
- Harvey, D., 2000, *Modern Analytical Chemistry*, New York: Mc. Graw Hill.

- Ilahi, W., 2000, *Penetapan Metode Analisis dan Batas Kritis P-Tersedia Tanah Sawah Kelurahan Amplas Air Bersih Kecamatan Medan Denai*, Medan: Fakultas Pertanian USU.
- Islam, S., dan Sukardan, M. D., 2016, Pemodelan dan Estimasi Ketidakpastian Pengukuran Uji Kekuatan Sobek Kain Metoda Pendulum (Elmendorf), *Arena Tekstil*, 31(1), 23-34.
- Islamiati, A., dan Zulaika, E., 2015, Potensi Azetobacter sebagai Pelarut Fosfat. *Jurnal Saun dan Pomits*, 2(1), 1-3.
- Jumin, H. B., 1998, *Agronomi*, Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Khotimah, K., 2016, *Peningkatan Ketersediaan Fosfor dalam Tanah Akibat Penambahan Abu Sekam Padi dan Analisisnya Secara Potensiometri*, Jember: Universitas Jember.
- Kurnia, U., Agus, F., Adimihardja, A., dan Dariah, A., 2006, *Buku Petunjuk Teknis Analisa Fisika Tanah*, Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Mukhlist, 2017, *Unsur Hara Makro dan Mikro Dibutuhkan oleh Tanaman*, Luwu Utara: DTPHP.
- Nasution, A. H., Fauzi, dan Musa, L., 2014, Kajian P-Tersedia pada Tanah Sawah Sulfat Masam Potensial. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2(3), 1244-1251.
- Nisa, N., 2018, *Analisa Kadar Fosfor (P) pada Tanah Mineral dengan Menggunakan Spektrofotometri Ultra Violet-Visible (UV-Vis) di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan*, Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., dan Dean, L. A., 1954, Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate, *USDA Circular 939*, 1-18.
- Pramono, U., 2014, *Estimasi Ketidakpastian Pengukuran*, Tangerang: BMD Street Consulting.
- Premono, E. M., Widyastuti, R., dan Anas, I., 1991, Pengaruh Bakteri Pelarut Fosfat terhadap Senyawa P Sukar Larut, Ketersediaan Tanah dan Pertumbuhan Jagung pada Tanah Masam, *Makalah PIT Permi*.
- Prijono, S., dan Kusuma, Z., 2012, *Instruksi Kerja Laboratorium Kimia Tanah*, Malang: Fakultas Pertanian Brawijaya.
- Ritung, S. K., Nugroho, A., Mulyani, dan Suryani, E., 2011, *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan Untuk Komoditas Pertanian (Edisi Revisi)*, Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Riyanto, 2014, *Validasi dan Verifikasi Metode*, Yogyakarta: Deepublish.

- Rohani, S., Kurniah, dan Nurjannah, 2021, Estimasi Ketidakpastian Pengukuran Dalam Metode Penentuan Total Suspended Solid (TSS) Secara Gravimetri. *Buletin teknik Litkayasa Akuakultur*, 19(2), 109-112.
- Rohman, A., 2014, *Validasi Penjaminan Mutu Metode Analisis Kimia*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Skoog, D. A., West, D. M., dan Holler, F. J., 1996, *Fundamental of Analytical Chemistry*, Seventh ed, Saunders College Publishing.
- Staf Peneliti Pusat Penelitian Tanah, 1983, Jenis dan Macam Tanah di Indonesia untuk Keperluan Survai dan Pemetaan Tanah Daerah Transmigrasi, *Lampiran Terms of Reference Type A*, Survai Kapabilitas Tanah. No. 59a/1983, Pusat Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Suharti, 2013, *Dasar-dasar Spektrofotometer UV-Vis dan Spektrofotometer Massa Untuk Penentuan Senyawa Organik*, Bandar Lampung: Aura.
- Sulaeman, Suprpto, dan Eviati, 2005, *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk Jilid II*, Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- Sumardi, 2002, *Validasi Metode Pengujian*, Jakarta: Pusat Standarisasi dan Akreditasi Sekretariat Jendral Departemen Pertanian.
- Sunardi, T. S., Susanna, Nuraini, dan Elin, 2007, Ketidakpastian Pengukuran pada Metode AANC untuk Analisis N, P, K, SI, Al, Cu, Fe dalam Cuplikan Sedimen, *Prosiding PPI-PDIPTN*, Yogyakarta: Pusat Teknologi.
- Sutanto, R., 2005, *Dasar-dasar Ilmu Tanah*, Yogyakarta: Konsep dan Kenyataan Kanisius.
- Sutedjo, M. M., 2002, *Pupuk dan Cara Pemupukan*, Jakarta: Rineka Cipta.
- Umaternate, G. R., Abidjulu, J., dan Wuntu, A. D., 2014, Uji Metode Olsen dan Bray dalam Menganalisis Kandungan Fosfat Tersedia pada Tanah Sawah di Desa Konarom Barat Kecamatan Dumoga Utara. *Jurnal Mipa Unsrat Online*, 3(1), 6-10.
- Yulipriyanto, H., 2010, *Biologi Tanah dan Strategi Pengelolaannya*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Yustiasari, E., 2010, *Analisis Arsen, Tembaga, Timbal dalam Daun, Batang Bayam Hijau (Amaranthus hybridus) dan Kangkung (Ipomea poir) dengan Spektrofotometri Serapan Atom*, Bogor: FMIPA UI.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Penentuan Kadar Air

1. Kadar Air (suhu 105°C)

No.	Bobot cawan (W1) (g)	Bobot kosong+contoh Sebelum dipanaskan (W2) (g)	Bobot kosong+contoh setelah dipanaskan (W3) (g)	Kadar Air (%) (W2-W3)/W2-W1*100%	Faktor Koreksi Kadar Air	Kehilangan Bobot (g)
1	3,327	8,327	7,859	9,36	1,103	0,468
2	3,409	8,409	7,932	9,54	1,105	0,477
3	3,350	8,350	7,874	9,52	1,105	0,476
4	3,324	8,324	7,846	9,56	1,106	0,478
5	3,612	8,612	8,147	9,30	1,103	0,465
6	3,616	8,616	8,124	9,84	1,109	0,492
7	3,691	8,691	8,198	9,86	1,109	0,493
8	3,622	8,622	8,149	9,46	1,104	0,473
9	3,565	8,565	8,083	9,64	1,107	0,482
Rata-rata	3,5018	8,502	8,024	9,56	1,106	0,478

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{(W2 - W3)}{(W2 - W1)} \times 100\%$$

Keterangan : W1 = Bobot cawan (gram)

W2 = Bobot cawan kosong + contoh sebelum dipanaskan (gram)

W3 = Bobot cawan kosong + contoh setelah dipanaskan (gram)

$$1. \text{ Kadar Air (\%)} = \frac{(8,327 \text{ g} - 7,859 \text{ g})}{(8,327 \text{ g} - 3,327 \text{ g})} \times 100\% = 9,36\%$$

$$2. \text{ Kadar Air (\%)} = \frac{(8,409 \text{ g} - 7,932 \text{ g})}{(8,409 \text{ g} - 3,409 \text{ g})} \times 100\% = 9,54\%$$

$$3. \text{ Kadar Air (\%)} = \frac{(8,350 \text{ g} - 7,874 \text{ g})}{(8,350 \text{ g} - 3,350 \text{ g})} \times 100\% = 9,52\%$$

$$4. \text{ Kadar Air (\%)} = \frac{(8,324 \text{ g} - 7,846 \text{ g})}{(8,324 \text{ g} - 3,324 \text{ g})} \times 100\% = 9,56\%$$

$$5. \text{ Kadar Air (\%)} = \frac{(8,612 \text{ g} - 8,147 \text{ g})}{(8,612 \text{ g} - 3,612 \text{ g})} \times 100\% = 9,30\%$$

$$6. \text{ Kadar Air (\%)} = \frac{(8,616 \text{ g} - 8,124 \text{ g})}{(8,616 \text{ g} - 3,616 \text{ g})} \times 100\% = 9,84\%$$

$$7. \text{ Kadar Air (\%)} = \frac{(8,691 \text{ g} - 8,198 \text{ g})}{(8,691 \text{ g} - 3,691 \text{ g})} \times 100\% = 9,86\%$$

$$8. \text{ Kadar Air (\%)} = \frac{(8,622 \text{ g} - 8,149 \text{ g})}{(8,622 \text{ g} - 3,622 \text{ g})} \times 100\% = 9,46\%$$

$$9. \text{ Kadar Air (\%)} = \frac{(8,565 \text{ g} - 8,083 \text{ g})}{(8,565 \text{ g} - 3,565 \text{ g})} \times 100\% = 9,64\%$$

2. Faktor Koreksi (FK)

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{100}{(100 - \% \text{kadar air})}$$

$$1. \text{ Faktor Koreksi (FK)} = \frac{100}{(100 - 9,36\%)} = 1,103$$

$$2. \text{ Faktor Koreksi (FK)} = \frac{100}{(100 - 9,54\%)} = 1,105$$

$$3. \text{ Faktor Koreksi (FK)} = \frac{100}{(100 - 9,52\%)} = 1,105$$

$$4. \text{ Faktor Koreksi (FK)} = \frac{100}{(100 - 9,56\%)} = 1,106$$

$$5. \text{ Faktor Koreksi (FK)} = \frac{100}{(100 - 9,30\%)} = 1,103$$

$$6. \text{ Faktor Koreksi (FK)} = \frac{100}{(100 - 9,84\%)} = 1,109$$

$$7. \text{ Faktor Koreksi (FK)} = \frac{100}{(100 - 9,86\%)} = 1,109$$

$$8. \text{ Faktor Koreksi (FK)} = \frac{100}{(100 - 9,46\%)} = 1,104$$

$$9. \text{ Faktor Koreksi (FK)} = \frac{100}{(100 - 9,64\%)} = 1,107$$

Lampiran 2. Penentuan Kadar Fosfor Tersedia pada Sampel Tanah

Sampel	Absorbansi	Konsentrasi PO ₄ kurva (mg/L)	Konsentrasi P ₂ O ₅ (mg/kg)
1	0,1270	3,9527	65,3313
2	0,1300	4,0541	67,0065
3	0,1300	4,0541	67,0065
4	0,1260	3,9189	64,7729
5	0,1300	4,0541	67,0065
6	0,1300	4,0541	67,0065
7	0,1320	4,1216	68,1233
8	0,1260	3,9189	64,7729
9	0,1260	3,9189	64,7729
Rata-rata			66,1999

$$\text{Kadar } P_2O_5 \text{ (mg/L)} = \text{ppm kurva} \times \frac{20}{1000} \times \frac{1000}{1} \times \frac{142}{190} \times fk$$

Ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko

20 = volume pengekstrak (mL)

1 = massa sampel (g)

142/190 = faktor konversi bentuk PO₄ menjadi P₂O₅

142 adalah massa molekul relatif P₂O₅

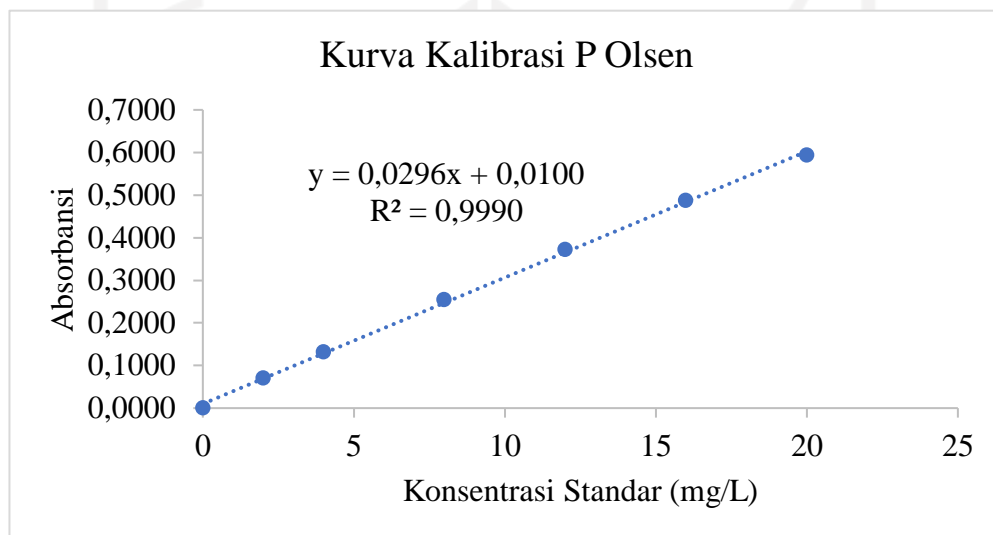
190 adalah massa molekul relatif PO₄ dikalikan 2 (2 adalah jumlah atom P pada P₂O₅)

Fk = faktor koreksi kadar air

- $Kadar P_2O_5 \text{ (mg/L)} = 3,9527 \text{ mg/L} \times \frac{20}{1000} \times \frac{1000}{1} \times \frac{142}{190} \times 1,106 = 63,3313$
- $Kadar P_2O_5 \text{ (mg/L)} = 4,0541 \text{ mg/L} \times \frac{20}{1000} \times \frac{1000}{1} \times \frac{142}{190} \times 1,106 = 67,0065$
- $Kadar P_2O_5 \text{ (mg/L)} = 4,0541 \text{ mg/L} \times \frac{20}{1000} \times \frac{1000}{1} \times \frac{142}{190} \times 1,106 = 67,0065$
- $Kadar P_2O_5 \text{ (mg/L)} = 3,9189 \text{ mg/L} \times \frac{20}{1000} \times \frac{1000}{1} \times \frac{142}{190} \times 1,106 = 64,7729$
- $Kadar P_2O_5 \text{ (mg/L)} = 4,0541 \text{ mg/L} \times \frac{20}{1000} \times \frac{1000}{1} \times \frac{142}{190} \times 1,106 = 67,0065$
- $Kadar P_2O_5 \text{ (mg/L)} = 4,0541 \text{ mg/L} \times \frac{20}{1000} \times \frac{1000}{1} \times \frac{142}{190} \times 1,106 = 67,0065$
- $Kadar P_2O_5 \text{ (mg/L)} = 4,1216 \text{ mg/L} \times \frac{20}{1000} \times \frac{1000}{1} \times \frac{142}{190} \times 1,106 = 68,1233$
- $Kadar P_2O_5 \text{ (mg/L)} = 3,9189 \text{ mg/L} \times \frac{20}{1000} \times \frac{1000}{1} \times \frac{142}{190} \times 1,106 = 64,7729$
- $Kadar P_2O_5 \text{ (mg/L)} = 3,9189 \text{ mg/L} \times \frac{20}{1000} \times \frac{1000}{1} \times \frac{142}{190} \times 1,106 = 64,7729$

Lampiran 3. Penentuan Linearitas

Konsentrasi Standar (mg/L)	Absorbansi			Rata-rata
	1	2	3	
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0710	0,0680	0,0700	0,0697
4	0,1340	0,1280	0,1330	0,1317
8	0,2540	0,2510	0,2570	0,2540
12	0,3690	0,3730	0,3730	0,3717
16	0,4860	0,4850	0,4910	0,4873
20	0,5910	0,5950	0,5930	0,5930



Persamaan	Slope	Intersep	R	R ²
$y = 0,0296x + 0,0100$	0,0296	0,0100	0,9995	0,9990

Lampiran 4. Penentuan LOD dan LOQ

No.	C Std (mg/L)	Abs (Y)	Yi	(Y-Yi)	(Y-Yi) ²
1	0	0,0000	0,0100	-0,0100	1,0000,E-04
2	2	0,0697	0,0692	0,0005	2,1778,E-07
3	4	0,1317	0,1284	0,0033	1,0671,E-05
4	8	0,2540	0,2468	0,0072	5,1840,E-05
5	12	0,3717	0,3652	0,0065	4,1818,E-05
6	16	0,4873	0,4836	0,0037	1,3938,E-05
7	20	0,5930	0,6020	-0,0090	8,1000,E-05
Σ (Yi-Y)²					0,0003
Sy/x					0,0077
LOD					0,7844
LOQ					2,6146

a. Sy/x

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{\sum (y - y_i)^2}{n - 2}}$$

$$\frac{S_y}{x} = \sqrt{\frac{0,0003}{(7 - 2)}} = 0,0077$$

b. Limit of detection (LOD)

$$LOD = \frac{3 \times S_{y/x}}{\text{slope}}$$

$$LOD = \frac{3 \times 0,0077}{0,0296} = 0,7844$$

c. Limit of quantitation (LOQ)

$$LOQ = \frac{10 \times S_{y/x}}{\text{slope}}$$

$$LOQ = \frac{10 \times 0,0077}{0,0296} = 2,6146$$

Lampiran 5. Penentuan Presisi

Sampel	Absorbansi	Konsentrasi P ₂ O ₅ (mg/kg)	Rata-Rata Konsentrasi	(Xi- \bar{X} i) ²
1	0,1270	65,3313		0,7545
2	0,1300	67,0065		0,6505
3	0,1300	67,0065		0,6505
4	0,1260	64,7729		2,0363
5	0,1300	67,0065	66,1999	0,6505
6	0,1300	67,0065		0,6505
7	0,1320	68,1233		3,6992
8	0,1260	64,7729		2,0363
9	0,1260	64,7729		2,0363
$\Sigma(Xi- \bar{X}i)^2$				13,1647
SD				1,2828
%RSD				1,94
C				6,6200E-05
log C				-4,1791
0,5 log C				-2,0896
1 - 0,5 log C				3,0896
CV Horwitz				8,51
2/3 CV Horwitz				5,67

a. Standar Deviasi (SD)

$$SD = \sqrt{\frac{\Sigma(Xi - \bar{X}i)^2}{n - 1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{13,1647}{9 - 1}} = 1,2828$$

b. %RSD

$$\%RSD = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\%$$

$$\%RSD = \frac{1,2828}{66,1999} \times 100\% = 1,94\%$$

c. 2/3 CV Horwitz

$$CV \text{ Horwitz} = 2^{1-0,5 \text{ Log } c}$$

$$CV \text{ Horwitz} = 2^{1-0,5 \text{ Log } 66,1999 \times 10^{-6}} = 9,44$$

$$\frac{2}{3} CV \text{ Horwitz} = \frac{2}{3} \times 9,44 = 5,67$$

Lampiran 6. Penentuan Akurasi

Abs Sampel	Konsentrasi Sampel	Absorbansi Sampel + Spike	Konsentrasi Sampel + Spike	Abs. Spike	Kons. Spike	%Recovery
0,1270	3,9527	0,1980	6,3514			93,42
0,1300	4,0541	0,1980	6,3514			89,47
0,1300	4,0541	0,1960	6,2838			86,84
0,1260	3,9189	0,1960	6,2838			92,11
0,1300	4,0541	0,1990	6,3851	0,0860	2,5676	90,79
0,1300	4,0541	0,1990	6,3851			90,79
0,1320	4,1216	0,1990	6,3851			88,16
0,1260	3,9189	0,1950	6,2500			90,79
0,1260	3,9189	0,1960	6,2838			92,11
Rata-rata % Recovery						90,50

a. Konsentrasi sampel + spike (mg/L)

$$C(\text{mg/L}) = \frac{(\text{Abs sampel} + \text{spike}) - \text{intersep}}{\text{slope}}$$

$$1. C1 = \frac{0,1980 - 0,0100}{0,0296} = 6,3514 \text{ mg/L}$$

$$2. C2 = \frac{0,1980 - 0,0100}{0,0296} = 6,3514 \text{ mg/L}$$

$$3. C3 = \frac{0,1960 - 0,0100}{0,0296} = 6,2838 \text{ mg/L}$$

$$4. C4 = \frac{0,1960 - 0,0100}{0,0296} = 6,2838 \text{ mg/L}$$

$$5. C5 = \frac{0,1990 - 0,0100}{0,0296} = 6,3851 \text{ mg/L}$$

$$6. C6 = \frac{0,1990 - 0,0100}{0,0296} = 6,3851 \text{ mg/L}$$

$$7. C7 = \frac{0,1990 - 0,0100}{0,0296} = 6,3851 \text{ mg/L}$$

$$8. C8 = \frac{0,1950 - 0,0100}{0,0296} = 6,2500 \text{ mg/L}$$

$$9. C9 = \frac{0,1960 - 0,0100}{0,0296} = 6,2838 \text{ mg/L}$$

b. Konsentrasi spike

$$C(\text{mg/L}) = \frac{(\text{Abs sampel} + \text{spike}) - \text{intersep}}{\text{slope}}$$

$$1. C_{\text{spike}} = \frac{0,0860 - 0,0100}{0,0296} = 2,5676 \text{ mg/L}$$

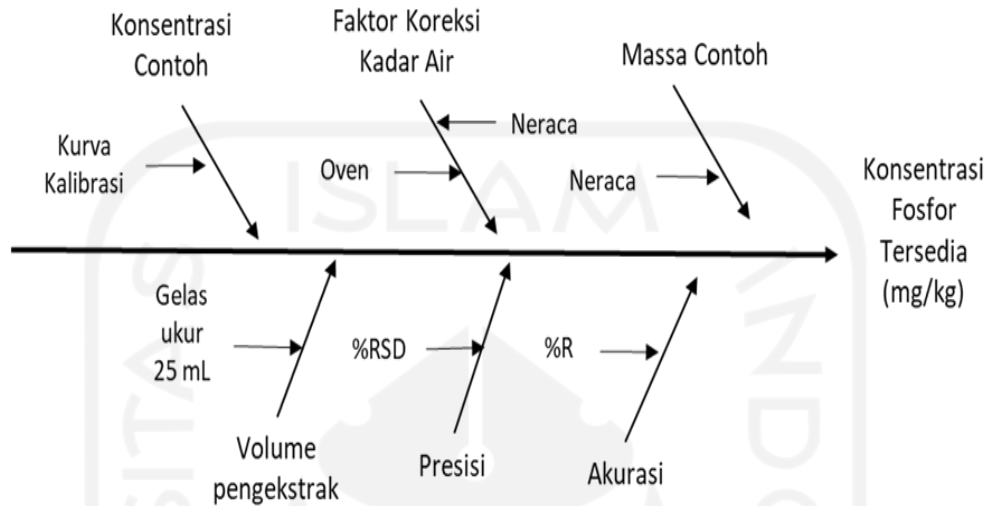
c. Perolehan kembali (%recovery)

$$\%Recovery = \frac{(C \text{ sampel} + C \text{ spike}) - C \text{ sampel}}{C \text{ spike}} \times 100\%$$

1. $\%Recovery 1 = \frac{6,3514 \text{ mg/L} - 3,9527 \text{ mg/L}}{2,5676 \text{ mg/L}} \times 100\% = 93,43 \%$
2. $\%Recovery 2 = \frac{6,3514 \text{ mg/L} - 4,0541 \text{ mg/L}}{2,5676 \text{ mg/L}} \times 100\% = 89,47 \%$
3. $\%Recovery 3 = \frac{6,2838 \text{ mg/L} - 4,0541 \text{ mg/L}}{2,5676 \text{ mg/L}} \times 100\% = 86,84 \%$
4. $\%Recovery 4 = \frac{6,2838 \text{ mg/L} - 3,9189 \text{ mg/L}}{2,5676 \text{ mg/L}} \times 100\% = 92,11 \%$
5. $\%Recovery 5 = \frac{6,3851 \text{ mg/L} - 4,0541 \text{ mg/L}}{2,5676 \text{ mg/L}} \times 100\% = 90,79 \%$
6. $\%Recovery 6 = \frac{6,3851 \text{ mg/L} - 4,0541 \text{ mg/L}}{2,5676 \text{ mg/L}} \times 100\% = 90,79 \%$
7. $\%Recovery 7 = \frac{6,3851 \text{ mg/L} - 4,1216 \text{ mg/L}}{2,5676 \text{ mg/L}} \times 100\% = 88,16 \%$
8. $\%Recovery 8 = \frac{6,2500 \text{ mg/L} - 3,9189 \text{ mg/L}}{2,5676 \text{ mg/L}} \times 100\% = 90,79 \%$
9. $\%Recovery 9 = \frac{6,2838 \text{ mg/L} - 3,9189 \text{ mg/L}}{2,5676 \text{ mg/L}} \times 100\% = 92,11 \%$

Lampiran 7. Penentuan ketidakpastian pengukuran

1. Diagram tulang ikan



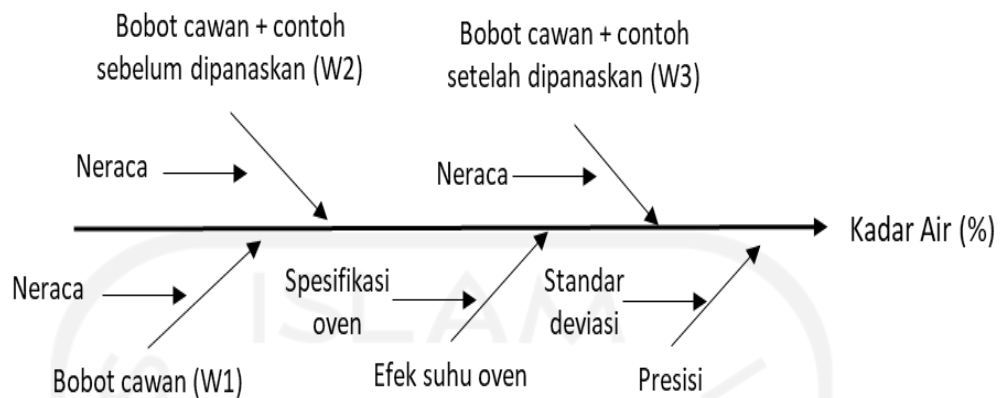
2. Ketidakpastian baku

a. Ketidakpastian baku kadar air (% KA)

Data sumber ketidakpastian

Simbol	Uraian	Nilai Satuan	Satuan
W1	Bobot Cawan Kosong	3,5213	Gram
W2	Bobot kosong + contoh sebelum dipanaskan	8,5213	Gram
W3	Bobot kosong + contoh setelah dipanaskan	8,0418	Gram
KA	Kadar air	9,59	%

$$KA(\%) = \frac{(W2 - W3)}{(W2 - W1)} \times 100\%$$



- Ketidakpastian baku W1

Sertifikat kalibrasi neraca $\pm 0,01$ gram, selang kepercayaan 95 %

Evaluasi tipe B

Faktor cakupan (k) = 2

$$\mu Kal = \frac{Q_u}{k} = \frac{0,01 \text{ gram}}{2} = 0,005 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \mu W1 &= \sqrt{2 \times (\mu Kal)^2} \\ &= \sqrt{2 \times (0,005)^2} \\ &= 0,0071 \text{ gram} \end{aligned}$$

- Ketidakpastian baku W2

Sertifikat kalibrasi neraca $\pm 0,01$ gram, selang kepercayaan 95 %

Evaluasi tipe B

Faktor cakupan (k) = 2

$$\mu Kal = \frac{Q_u}{k} = \frac{0,01 \text{ gram}}{2} = 0,005 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \mu W1 &= \sqrt{2 \times (\mu Kal)^2} \\ &= \sqrt{2 \times (0,005)^2} \\ &= 0,0071 \text{ gram} \end{aligned}$$

Pengulangan pada rumus = $2x = 2 \times (0,0071 \text{ gram}) = 0,0141$

- Ketidakpastian baku W3

Sertifikat kalibrasi neraca $\pm 0,01$ gram, selang kepercayaan 95 %

Evaluasi tipe B

Faktor cakupan (k) = 2

$$\mu Kal = \frac{Q_u}{k} = \frac{0,01 \text{ gram}}{2} = 0,005 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \mu W1 &= \sqrt{2 \times (\mu Kal)^2} \\ &= \sqrt{2 \times (0,005)^2} \\ &= 0,0071 \text{ gram} \end{aligned}$$

- Ketidakpastian baku efek suhu oven

Sertifikat kalibrasi neraca $\pm 1,1$ °C selang kepercayaan 95 %

Evaluasi tipe B

Faktor cakupan (k) = 2,17

$$\mu Kal = \frac{Q_u}{k} = \frac{1,1 \text{ }^\circ\text{C}}{2,17} = 0,5069^\circ\text{C}$$

- Ketidakpastian baku pengulangan (presisi)

SD = 0,1980

n = 9

$$\mu Presisi = \frac{SD}{\sqrt{n}} = \frac{0,1980}{\sqrt{9}} = 0,0660$$

- Ketidakpastian gabungan

$$\mu KA = KA \times \sqrt{\left(\frac{\mu W1}{m. W1}\right)^2 + \left(\frac{\mu W2}{m. W2}\right)^2 + \left(\frac{\mu W3}{m. W3}\right)^2 + \left(\frac{\mu oven}{oven}\right)^2 + \left(\frac{\mu Presisi}{\bar{X} kadar air}\right)^2}$$

$$\mu KA = 9,59\% \times \sqrt{\left(\frac{0,0071 \text{ g}}{3,5213 \text{ g}}\right)^2 + \left(\frac{0,0141 \text{ g}}{8,5213 \text{ g}}\right)^2 + \left(\frac{0,0071 \text{ g}}{8,0418 \text{ g}}\right)^2 + \left(\frac{0,5069^\circ\text{C}}{105^\circ\text{C}}\right)^2 + \left(\frac{0,0660}{9,59\%}\right)^2}$$

$$\mu KA = 0,0193$$

b. Estimasi Ketidakpastian Baku Massa Contoh

Sertifikat kalibrasi neraca $\pm 0,01$ gram, selang kepercayaan 95 %

Evaluasi tipe B

Faktor cakupan (k) = 2

$$\mu Kal = \frac{Q_u}{k} = \frac{0,01 \text{ gram}}{2} = 0,005 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned}\mu W1 &= \sqrt{2 \times (\mu Kal)^2} \\ &= \sqrt{2 \times (0,005)^2} \\ &= 0,0071 \text{ gram}\end{aligned}$$

c. Estimasi Ketidakpastian Baku Gelas Ukur 25 mL

Sertifikat kalibrasi neraca $\pm 0,25$ mL, selang kepercayaan 95 %

Evaluasi tipe B

Faktor cakupan (k) = 2

$$\mu Kal = \frac{Q_u}{k} = \frac{0,25 \text{ mL}}{2} = 0,1250 \text{ mL}$$

$$\begin{aligned}\mu Muai &= \frac{\Delta T \times VLU \times Koefisien muai}{k} \\ &= \frac{(25 - 20)^\circ\text{C} \times 25 \text{ mL} \times 0,00021/^\circ\text{C}}{2} \\ &= 0,1257 \text{ mL}\end{aligned}$$

d. Estimasi Ketidakpastian Baku Konsentrasi Contoh

No	C _j (mg/L)	Absorbansi (A _j)	(B ₀ + B ₁ .C _j)	[A _j - (B ₀ + B ₁ .C _j)] ²	(C _j - \bar{C})	(C _j - C _{bar}) ²	
1	0	A1	0,0000	0,0100	1,0000E-04	-8,8571	78,4490
		A2	0,0000		1,0000E-04		
		A3	0,0000		1,0000E-04		
2	2	A1	0,0710	0,0692	3,2400E-06	-6,8571	47,0204
		A2	0,0680		1,4400E-06		
		A3	0,0700		6,4000E-07		
3	4	A1	0,1340	0,1284	3,1360E-05	-4,8571	23,5918
		A2	0,1280		1,6000E-07		
		A3	0,1330		2,1160E-05		
4	8	A1	0,2540	0,2468	5,1840E-05	-0,8571	0,7347
		A2	0,2510		1,7640E-05		
		A3	0,2570		1,0404E-04		
5	12	A1	0,3690	0,3652	1,4440E-05	3,1429	9,8776
		A2	0,3730		6,0840E-05		
		A3	0,3730		6,0840E-05		
6	16	A1	0,4860	0,4836	5,7600E-06	7,1429	51,0204
		A2	0,4850		1,9600E-06		
		A3	0,4910		5,4760E-05		
7	20	A1	0,5910	0,6020	1,2100E-04	11,1429	124,1633
		A2	0,5950		4,9000E-05		
		A3	0,5930		8,1000E-05		
8,8571		$\sum [A_j - (B_0 + B_1 \cdot C_j)]^2$		0,0010	S_{xx}	334,8571	

No.	Deskripsi	Nilai
1.	S (standar deviasi)	0,0140
2.	B ₁ (slope)	0,0296
3.	p (jumlah sampel)	9
4.	n (jumlah standar)	7
5.	C ₀ (C sampel)	4,0053
6.	\bar{C} (C standar rata-rata)	8,8571
7.	S _{xx}	334,8571

$$\mu(C_0) = \frac{S}{B_1} \times \sqrt{\frac{1}{p} + \frac{1}{n} + \frac{(C_0 - \bar{C})^2}{Sxx}}$$

$$\mu(C_0) = \frac{0,0140}{0,0296} \times \sqrt{\frac{1}{9} + \frac{1}{7} + \frac{(4,0053 - 8,8571)^2}{334,8571}}$$

$$\mu(C_0) = 0,2695 \text{ mg/L}$$

e. Ketidakpastian Baku Presisi

Evaluasi tipe A

$$\mu_{Presisi} = \frac{\%RSD}{100}$$

$$\mu_{Presisi} = \frac{1,94\%}{100} = 0,0194$$

f. Ketidakpastian Baku Akurasi

Evaluasi tipe A

Simpangan baku %R = 2,06

$$\text{Pembagi saat penggabungan} = \frac{\%R \text{ rata-tata}}{100} = \frac{90,50\%}{100} = 0,90$$

$$\mu_{Akurasi} = \frac{SD/100}{\sqrt{n}}$$

$$\mu_{Akurasi} = \frac{2,06/100}{\sqrt{9}} = 0,0069$$

3. Ketidakpastian Gabungan

No.	Lambang	Nilai	Satuan	Ketidakpastian Baku ($\mu(x)$)	Ketidakpastian Relatif ($\mu(x)/x$)
1	Faktor Koreksi Kadar Air	9,59	%	0,0193	0,0020
2	Massa Contoh	1	gram	0,0071	0,0071
3	Gelas ukur 25 mL	25	mL	0,1257	0,0050
4	Konsentrasi Contoh	4,0053	mg/L	0,2695	0,0673
5	Presisi	1,00	-	0,0194	0,0194
6	Akurasi	90,50	%	0,6867	0,0076

$$\mu G = C \times \sqrt{\left(\frac{\mu KA}{KA}\right)^2 + \left(\frac{\mu MC}{MC}\right)^2 + \left(\frac{\mu VGU}{VGU}\right)^2 + \left(\frac{\mu C_0}{C_0}\right)^2 + \left(\frac{\mu Presisi}{100}\right)^2 + \left(\frac{\mu Akurasi}{Akurasi}\right)^2}$$

$$\mu G = 66,1999 \text{ mg/kg} \times \sqrt{\left(\frac{0,0193}{9,59}\right)^2 + \left(\frac{0,0071}{1}\right)^2 + \left(\frac{0,1257}{25}\right)^2 + \left(\frac{0,2695}{4,0053}\right)^2 + \left(\frac{1,94}{100}\right)^2 + \left(\frac{0,0069}{0,90}\right)^2}$$

$$\mu G = 4,6994 \text{ mg/kg}$$

4. Ketidakpastian Diperluas (U)

Pada tingkat kepercayaan 95%

Faktor cakupan (k) = 2

$$U = \mu G \times 2$$

$$U = 4,6994 \text{ mg/kg} \times 2$$

$$U = 9,3988 \text{ mg/kg}$$

5. Pelaporan hasil uji pada tingkat kepercayaan 95%

$$66,1999 \pm 9,3988 \text{ mg/kg}$$

Lampiran 8. Kriteria penilaian kesuburan tanah

Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian

Tabel 8. Kriteria penilaian kesuburan tanah (LPT, 1984)

Sifat Tanah	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi	
C (%)	< 1,00	1,00-2,00	2,01-3,00	3,01-5,00	> 5,00	
N (%)	< 0,10	0,10-0,20	0,21-0,50	0,51-0,75	>0,75	
C/N	< 5	5-10	11-15	16-25	> 25	
P ₂ O ₅ HCl 25 % (mg/100gr)	< 15	15 – 20	21 – 40	41 – 60	> 60	
K ₂ O HCl 25 % (mg/100gr)	< 10	10 – 20	21 – 40	41 – 60	> 60	
P ₂ O ₅ Bray (ppm)	< 10	10 – 15	16 – 25	26 – 35	> 35	
P ₂ O ₅ Olsen (ppm)	< 10	10 – 25	26 – 45	46 – 60	> 60	
KTK (CEC) (cmol(+)/kg liat)	< 5	5 – 16	17 – 24	25 – 40	> 60	
Susunan Kation:						
K (cmol(+)/kg)	< 0,1	0,1-0,3	0,4-0,5	0,6-1,0	>1,0	
Na (cmol(+)/kg)	< 0,1	0,1-0,3	0,4-0,7	0,8-1,0	>1,0	
Mg (cmol(+)/kg)	< 0,3	0,3-1,0	1,1-2,0	2,1-8,0	>8,0	
Ca (cmol(+)/kg)	< 2	2-5	6-10	11-20	>20	
Kejenuhan basa (%)	< 20	20-40	41-60	61-80	81-100	
Kejenuhan Aluminium (%)	< 5	5-10	11-20	20-40	>40	
Salinitas (DHL) Ece x 10 ³ (mmhos/cm)	<1	1-2	2-3	3-4	>4	
Persentase Natrium dapat Tukar (ESP)	< 2	2-5	5-10	10-15	>15	
pH (H ₂ O)	Sangat Masam	Masam	Agak Masam	Netral	Agak Alkalis	Alkalis
	< 4,5	4,5–5,5	5,6 – 6,5	6,6-7,5	7,6 – 8,5	> 8,5

*) Penilaian ini hanya didasarkan pada sifat umum tanah secara empiris dan belum dihubungkan dengan kebutuhan tanaman