

**Determination of Available Phosphorus in Soil Samples Using Olsen & Bray I Method****Penetapan Fosfor Tersedia pada Sampel Tanah Menggunakan Metode Olsen & Bray I****Azzahra Nur Kholifah<sup>1</sup>, Niken Pawestri<sup>1,2</sup>, Maisari Utami<sup>1,\*</sup>**<sup>1</sup>*Program Studi Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta 55584, Indonesia*<sup>2</sup>*Balai Penerapan Standar Instrumen Pertanian (BPSIP) Yogyakarta, Yogyakarta 55584, Indonesia**\*Corresponding author: maisariutami@uii.ac.id*

Diterima: 2 Desember 2025, Direvisi: 29 Desember 2025, Diterbitkan: 31 Desember 2025

**ABSTRACT**

*Quantitative analysis was conducted on seven soil samples to determine available phosphorus (P), an essential macronutrient for plant growth and development. This study aimed to compare the effectiveness of two extraction methods, Olsen and Bray I, in measuring phosphorus availability in soils with different chemical characteristics, as well as to provide an overview of soil fertility levels based on the obtained results. The available P content was measured using the Olsen & Bray I methods with a single-beam UV-Visible spectrophotometer. Four soil samples (TH.2278, TH.2279, TH.2280, and TH.2281) were analyzed using the Olsen method, while three samples (TH.2267, TH.2268, and TH.2269) were analyzed using the Bray I method. Based on the Olsen method, samples TH.2278 and TH.2279 contained 34.8270 ppm and 50.5795 ppm  $P_2O_5$ , respectively, both classified as very high. In contrast, sample TH.2280 showed a concentration of 3.9325 ppm (very low category), and sample TH.2281 had 8.9920 ppm (low category). Using the Bray I method, sample TH.2267 contained 39.9138 ppm  $P_2O_5$  (very high category), while TH.2268 and TH.2269 contained 1.7534 ppm and 5.3627 ppm, categorized as very low and low, respectively. Overall, three samples (TH.2278, TH.2279, and TH.2267) exhibited very high levels of available phosphorus, while samples TH.2280, TH.2281, TH.2268, and TH.2269 fell within the low to very low categories. These findings indicate that phosphorus availability is strongly influenced by soil chemical conditions, with the Olsen method being more suitable for neutral to alkaline soils and the Bray I method being more responsive to acidic soils. For soils with very high phosphorus levels, phosphate fertilization should be temporarily discontinued to prevent nutrient imbalance and environmental risks. Conversely, soils with low phosphorus levels require regular monitoring and periodic phosphate fertilization to maintain adequate soil fertility.*

**Keywords:** available phosphorus (P), Olsen & Bray I, soil, UV-Vis spectrophotometry.

## ABSTRAK

Analisis kuantitatif dilakukan pada tujuh sampel tanah untuk menentukan fosfor (P) tersedia, yaitu unsur hara makro yang penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas dua metode ekstraksi, yaitu Olsen dan Bray I, dalam mengukur ketersediaan fosfor pada tanah dengan karakteristik kimia yang berbeda, serta memberikan gambaran tingkat kesuburan tanah berdasarkan hasil pengukuran tersebut. Kadar P tersedia diukur menggunakan metode Olsen dan Bray I dengan spektrofotometer UV-Visible single-beam. Empat sampel tanah (TH.2278, TH.2279, TH.2280, dan TH.2281) dianalisis menggunakan metode Olsen, sedangkan tiga sampel (TH.2267, TH.2268, dan TH.2269) dianalisis menggunakan metode Bray I. Berdasarkan metode Olsen, sampel TH.2278 mengandung 34,8270 ppm  $P_2O_5$  dan TH.2279 mengandung 50,5795 ppm, keduanya termasuk kategori sangat tinggi. Sebaliknya, sampel TH.2280 memiliki konsentrasi 3,9325 ppm (kategori sangat rendah), dan sampel TH.2281 mengandung 8,9920 ppm (kategori rendah). Menggunakan metode Bray I, sampel TH.2267 memiliki kandungan  $P_2O_5$  sebesar 39,9138 ppm (kategori sangat tinggi), sedangkan TH.2268 dan TH.2269 masing-masing mengandung 1,7534 ppm dan 5,3627 ppm, yang termasuk kategori sangat rendah dan rendah. Secara keseluruhan, tiga sampel (TH.2278, TH.2279, dan TH.2267) menunjukkan kadar fosfor tersedia yang sangat tinggi, sedangkan sampel TH.2280, TH.2281, TH.2268, dan TH.2269 berada dalam kategori rendah hingga sangat rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa ketersediaan fosfor sangat dipengaruhi oleh kondisi kimia tanah, di mana metode Olsen lebih sesuai untuk tanah netral hingga alkalis, sedangkan Bray I lebih sensitif terhadap tanah masam. Kategori fosfor sangat tinggi sebaiknya perlu dihentikan pemberian pupuk fosfat dan kategori rendah perlu dilakukan pemantauan dan pemupukan secara berkala.

Kata kunci: fosfor (P) tersedia, Olsen & Bray I, tanah, dan spektrofotometri UV-Vis.

## PENDAHULUAN

Tanah merupakan media penting bagi pertumbuhan tanaman dengan sifat kimia, fisik, dan biologis yang dipengaruhi oleh faktor pembentuk tanah seperti bahan induk, lingkungan, iklim, topografi, dan waktu. Kajian sifat kimia tanah dilakukan untuk mengetahui kandungan yang menentukan karakteristik serta kesuburnanya, terutama pH, karbon organik, dan unsur hara (Camila dkk., 2023). Dalam perkebunan, penurunan kualitas tanah sering menjadi kendala pertumbuhan tanaman, sehingga

diperlukan solusi seperti pemupukan ramah lingkungan (Astuti dkk., 2022).

Tanah merupakan komponen alam yang esensial dan mampu mendukung pertumbuhan berbagai jenis tanaman (Irham dkk., 2024). Ketersediaan unsur hara, khususnya makronutrien primer seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), sangat berperan dalam produktivitas lahan sawah. Ketersediaan unsur hara ini dipengaruhi oleh faktor bawaan, seperti bahan induk tanah, yang berdampak signifikan terhadap klasifikasi tanah. Fosfor (P) adalah unsur hara makro esensial yang sangat penting bagi pertumbuhan dan

perkembangan tanaman. Perannya mencakup berbagai proses vital seperti fotosintesis, respirasi, transfer dan penyimpanan energi, serta pembelahan dan pembesaran sel (Khotimah, 2016).

Ketersediaan fosfor (P) dalam tanah dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk pH tanah, keberadaan ion Fe, Al, dan Mn terlarut, kadar bahan organik, aktivitas mikroorganisme, suhu, serta durasi kontak antara akar dan tanah. Fiksasi P, yang mempengaruhi ketersediaannya, sangat dipengaruhi oleh pH tanah. Pada pH rendah, P cenderung berikatan dengan Al dan Fe, membentuk senyawa yang sulit diserap oleh tanaman. Sebaliknya, pada pH tinggi, P dapat berikatan dengan Ca, juga membentuk senyawa yang tidak tersedia bagi tanaman, sehingga mengurangi efisiensi pemupukan P. Tanah dengan pH antara 5,5 hingga 6,5 umumnya lebih optimal dalam menyediakan P bagi tanaman (Karamoy, 2022).

Analisis ketersediaan fosfor (P) dalam tanah dapat dilakukan menggunakan berbagai metode ekstraksi, seperti Bray I, Bray II, Truog, Olsen, dan North Carolina. Namun, efektivitas setiap metode bervariasi tergantung pada jenis tanah, tanaman, dan kondisi lingkungan. Metode Olsen menggunakan larutan natrium bikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) pH 8,5 yang efektif untuk mengekstraksi fosfor pada tanah dengan pH netral hingga basa, terutama

pada tanah berkapur atau dengan kandungan karbonat tinggi. Metode ini sering dipilih karena kemampuannya yang unggul dalam mengekstraksi fosfor tersedia dibandingkan metode lain dalam kondisi tersebut (Nasution dkk., 2014). Sebaliknya, metode Bray I menggunakan larutan asam yang lebih sesuai untuk tanah masam karena mampu melarutkan bentuk P yang terikat oleh Fe dan Al (Lumbanraja et al., 2017). Untuk mengukur kadar fosfor hasil ekstraksi digunakan spektrofotometer UV-Vis yang memungkinkan pengukuran fosfor dalam bentuk kompleks berwarna biru yang terbentuk dari reaksi fosfat dengan molibdat dalam suasana asam.

Spektrofotometer UV-Vis digunakan karena memiliki berbagai keunggulan, antara lain mampu menganalisis beragam zat organik dan anorganik dengan selektivitas tinggi. Instrumen ini juga memiliki tingkat ketelitian yang baik, dengan kesalahan relatif berkisar antara 1% hingga 3%. Selain itu, proses analisis dapat dilakukan dengan cepat dan akurat. Alat ini juga dapat digunakan untuk mengukur kuantitas zat dalam jumlah yang sangat kecil. Hasil yang diperoleh cukup presisi, karena data yang terdeteksi langsung dicatat oleh detektor dan ditampilkan dalam bentuk angka digital atau grafik yang telah diregresikan (Rohmah dkk., 2021).

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode Olsen lebih

efektif untuk tanah dengan pH netral hingga basa, sedangkan metode Bray I lebih sensitif untuk tanah masam (Mallarino & Blackmer, 1992; Pizzeghello et al., 2016). Sehingga penelitian ini diperlukan untuk melihat perbedaan hasil fosfor tersedia pada karakteristik tanah berbeda yang dianalisis dengan metode Olsen dan Bray I. Penelitian ini bertujuan untuk menetapkan kadar fosfor tersedia dalam tanah menggunakan metode Olsen serta Bray I dan mengukur konsentrasi fosfor dengan spektrofotometer UV-Vis serta membandingkan efektivitas metode Olsen dan Bray I untuk tanah dengan karakteristik berbeda. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai status fosfor dalam tanah serta mendukung perencanaan pemupukan fosfor yang lebih efisien dan berkelanjutan guna meningkatkan produktivitas pertanian.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan antara lain yaitu asam nitrat ( $\text{HClO}_4$ ) p.a 60% (Merck), asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) p.a 65% (Merck), larutan standar induk fosfor (P) 1000 ppm (Merck), larutan amonium molibdat ( $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ ) (Merck), larutan amonium vanadat ( $\text{NH}_4\text{VO}_3$ ) (Merck), akuades, Natrium bikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) (Merck), Natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) (Merck), asam askorbat ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ) (Merck), asam sulfat

( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) (Merck), dan kalium antimortil tartat ( $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 0,5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) (Merck).

Alat yang digunakan adalah neraca analitik (OHAUS), pipet ukur 1; 2; 5; 10 mL (IWAKI), gelas beker 100 dan 500 mL (IWAKI), spatula, cawan, pipet tetes, tabung reaksi (IWAKI), rak tabung reaksi, labu ukur 500 mL (IWAKI), pro pipet, botol kocok, mesin pengocok (HS-501 Digital), vortex (Genius 3), oven (Memmert), desikator, botol plastik, corong plastik, botol semprot, kuvet, dan Spektrofotometer UV-Vis (HITACHI).

### Preparasi Sampel

Tanah yang dijadikan sampel terlebih dahulu diberi kode pada label, lalu disebarluaskan di atas nampan. Bongkahan berukuran besar dipecah dengan tangan, kemudian akar, sisa tanaman segar, kerikil, dan kotoran lain dipisahkan. Selanjutnya, sampel ditempatkan di ruang khusus yang steril dari kontaminasi dan tidak terkena cahaya matahari langsung atau dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 40°C hingga tanah kering. Sampel kemudian ditumbuk pada lumpang porselen atau mesin giling dan diayak dengan ayakan dengan ukuran lubang 2 mm. Sampel disimpan dalam botol yang sudah diberi label. Sampel <0,5 mm diambil dari sampel <2 mm, digerus atau digiling dan diayak seluruhnya dengan ayakan 0,5 mm dan disimpan di ruang penyimpanan.

### Penentuan Kadar Air

Penentuan kadar air dilakukan dengan menimbang cawan kosong kemudian menimbang sebanyak 2 gram sampel tanah. Sampel tersebut dipanaskan dalam oven pada suhu 105 °C selama empat jam, setelah selesai kemudian didinginkan semalam. Kemudian ditimbang kembali sampel dan cawan tersebut.

### Kadar Air(%)

$$= \left( \frac{\text{Berat sampel(g)}}{\text{Berat kering(g)} - \text{Berat Cawan(g)}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

### Pembuatan Deret Standar $\text{PO}_4$ (0; 2; 4; 8; 12; 16 dan 20 ppm) (Olsen)

Larutan standar induk  $\text{PO}_4$  Titrisol dipindahkan secara kuantitatif ke dalam labu ukur 1 liter, kemudian ditambahkan air bebas ion hingga tanda batas dan digojog hingga homogen. Larutan standar induk 1000 ppm  $\text{PO}_4$  dipipet sebanyak 10 mL ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambahkan pengekstrak Olsen berupa  $\text{NaHCO}_3$  0,5 M pH 8,5 sampai tanda batas dan digojog hingga homogen. Sebanyak 0; 2; 4; 8; 12; 16; dan 20 mL larutan standar 100 ppm  $\text{PO}_4$  dipipet secara berturut-turut ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian diencerkan dengan pengekstrak Olsen hingga volume 100 mL dan digojog hingga homogen.

### Penetapan P Tersedia Metode Olsen

Sebanyak 1 gram sampel tanah dengan ukuran kurang dari 2 mm dimasukkan ke dalam botol kocok dan ditambahkan 20 mL pengekstrak Olsen berupa  $\text{NaHCO}_3$  0,5 M, pH 8,5. Campuran dikocok selama 30 menit lalu disaring. Apabila larutan menjadi keruh, larutan dikembalikan ke atas saringan semula. Ekstrak sebanyak 2 mL dipipet ke dalam tabung reaksi dan bersama deret standar, ditambahkan 10 mL pereaksi pewarna fosfat. Campuran dikocok dengan *vortex* hingga homogen dan dibiarkan selama 30 menit untuk mengendapkan padatan dan disaring kembali. Penyaringan berfungsi untuk menghilangkan padatan yang dapat mengganggu proses analisis dengan spektrofotometer UV-Vis. Absorbansi larutan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 693 nm dan nilai absorbansinya dicatat.

### Kadar $\text{P}_2\text{O}_5$ tersedia

$$= \text{ppm kurva} \times \left( \frac{\text{mL ekstrak}}{1000 \text{ mL}} \right) \times \left( \frac{1000}{1 \text{ g sampel}} \right) \times \text{FP} \times \left( \frac{142}{190} \right) \times \text{FK} \quad (2)$$

### Keterangan:

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

FP	=	Faktor pengenceran (bila ada)
142/190	=	Faktor konversi bentuk $\text{PO}_4$ menjadi $\text{P}_2\text{O}_5$
Fk	=	Faktor koreksi kadar air = $100/(100 - \% \text{ kadar air})$

*Pembuatan Deret Standar  $\text{PO}_4$  (0; 2; 4; 8; 12; 16 dan 20 ppm) (Bray I)*

Larutan standar induk  $\text{PO}_4$  Titrisol dipindahkan secara kuantitatif ke dalam labu ukur 1 liter, kemudian ditambahkan air bebas ion hingga tanda batas dan digojog hingga homogen. Larutan standar induk 1000 ppm  $\text{PO}_4$  dipipet sebanyak 10 mL ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambahkan pengekstrak Bray I berupa campuran larutan 0,025 N  $\text{HCl}$  dan  $\text{NH}_4\text{F}$  0,03 N sampai tanda batas dan digojog hingga homogen. Sebanyak 0; 2; 4; 8; 12; 16; dan 20 mL larutan standar 100 ppm  $\text{PO}_4$  dipipet secara berturut-turut ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian diencerkan dengan pengekstrak Bray I hingga volume 100 mL dan digojog hingga homogen.

*Penetapan P Tersedia Metode Bray I*

Sebanyak 1 gram contoh tanah dengan ukuran kurang dari 2 mm ditambahkan 10 mL pengekstrak Bray I yaitu campuran (larutan 0,025 N  $\text{HCl}$  +  $\text{NH}_4\text{F}$  0,03 N, kemudian dikocok selama 5 menit. Larutan disaring dan apabila keruh, larutan dikembalikan ke atas saringan semula (proses penyaringan maksimal 5

menit). Sebanyak 2 mL ekstrak jernih dipipet ke dalam tabung reaksi. Contoh dan deret standar masing-masing ditambahkan 10 mL pereaksi pewarna fosfat, dikocok, dan dibiarkan selama 30 menit. Pereaksi fosfat disiapkan dengan dilarutkan 12 g ammonium molibdat ke dalam 100 mL air bebas ion di dalam labu ukur 1 liter. Larutan tersebut ditambahkan 0,277 g antimoniun kalium tartrat 0,5 K, kemudian secara perlahan ditambahkan 140 mL asam sulfat pekat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) sambil diaduk hati-hati. Volume larutan selanjutnya diencerkan hingga 1 liter menggunakan air bebas ion. Untuk menyiapkan pereaksi pewarna fosfat encer, dicampurkan 1,06 g asam askorbat ke dalam 100 mL pereaksi P pekat, lalu ditambahkan 25 mL larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  4 N. Campuran tersebut kemudian diencerkan hingga volume akhir 1 liter dengan air bebas ion. Pereaksi pewarna P encer ini harus selalu dibuat baru setiap kali akan digunakan untuk menjamin kestabilan hasil analisis. Absorbansi larutan diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm, kemudian nilai absorbansinya dicatat.

*Kadar  $\text{P}_2\text{O}_5$  tersedia*

$$= \text{ppm kurva} \times \left( \frac{\text{mL ekstrak}}{1000 \text{ mL}} \right) \times \left( \frac{1000}{1 \text{ g sampel}} \right) \times \\ \text{FP} \times \left( \frac{142}{190} \right) \times \text{FK} \quad (3)$$

Keterangan:

ppm kurva	= Kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko.
FP	= Faktor pengenceran (bila ada)
142/190	= Faktor konversi bentuk $\text{PO}_4$ menjadi $\text{P}_2\text{O}_5$
Fk	= Faktor koreksi kadar air = $100/(100 - \% \text{ kadar air})$

## PEMBAHASAN

### Hasil Penentuan Kadar Air

Kadar air mengacu pada jumlah air yang terdapat dalam sampel yang diukur dengan metode tertentu. Pengukurannya dapat dilakukan menggunakan alat ukur khusus atau metode pemanasan menggunakan oven. Prinsip pengukuran kadar air dalam sampel tanah yaitu sampel tanah hasil preparasi dipanaskan pada suhu 105 °C selama 3 jam. Kadar air dari sampel tanah diketahui dari perbedaan bobot sampel sebelum dan setelah dikeringkan yang digunakan untuk perhitungan faktor koreksi kadar air (fk). Kadar air yang diperoleh terdapat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Penentuan Kadar Air Pada Sampel Tanah

Sampel	Kadar Air (%)
TH. 2267	1,35
TH.2268	1,28
TH.2269	1,11
TH.2278	1,08
TH.2279	1,13
TH.2280	1,10
TH.2281	1,13

Berdasarkan hasil pengukuran kadar air pada sampel tanah, diperoleh rata-rata sebesar 1,17%. Hasil tersebut tergolong baik karena menunjukkan kadar air yang rendah (Cavagnaro, 2016).

### Hasil Penentuan Kadar P Tersedia dengan Metode Olsen

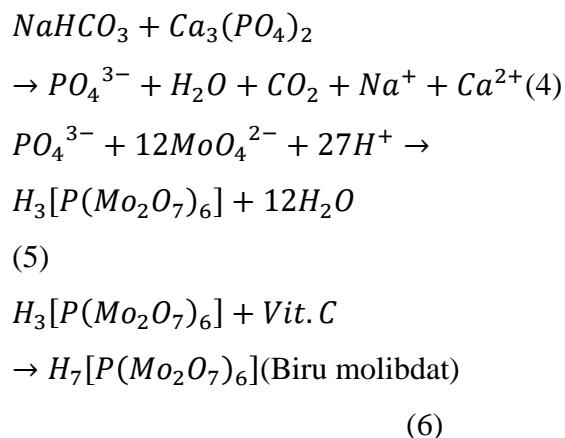
Penetapan kadar P tersedia dalam sampel tanah dilakukan dengan mengukur absorbansi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada Panjang gelombang 693 nm. Persiapan sampel dilakukan dengan penyediaan sampel siap timbang kemudian, dilakukan penetapan P tersedia dengan metode Olsen, sebanyak 1 mL larutan ekstrak dipipet ke dalam tabung reaksi, begitu juga dengan larutan standar fosfat ( $\text{PO}_4$ ) dengan konsentrasi 0, 2, 4, 8, 12, 16 dan 20 ppm. Ditambahkan ke dalam masing-masing tabung yang berisi standar dan sampel sebanyak 10 mL pereaksi pembangkit warna, lalu dikocok menggunakan vortex hingga merata.

Larutan kemudian didiamkan selama 30 menit sebelum diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 693 nm.

Metode Olsen menggunakan larutan 0,5 M NaHCO<sub>3</sub> pada pH 8,5 untuk mengekstraksi fosfat yang tersedia, khususnya pada tanah netral hingga tanah berkapur tinggi (Olsen dkk, 1954). Larutan ini menaikkan pH sehingga ion Ca<sup>2+</sup> mengendap, sehingga fosfat yang sebelumnya terikat pada Ca, Fe, dan Al menjadi terlarut dan terukur. Keunggulan metode ini mencakup jangkauan luas (berfungsi efektif hingga pH > 7,4), memiliki korelasi baik dengan respons tanaman terhadap pemupukan fosfor, dan menghasilkan hasil valid pada tanah berkarakter basa dan berkapur.

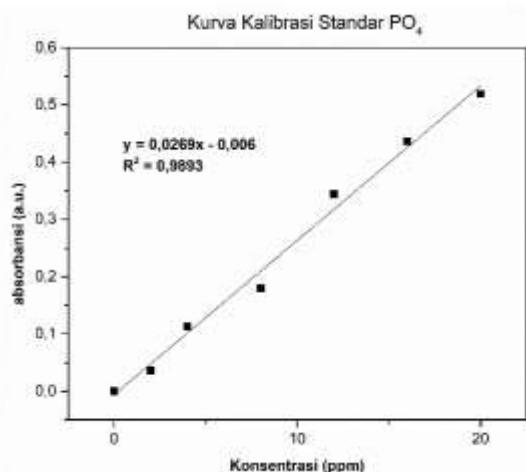
Pereaksi untuk pembentukan warna dalam penentuan fosfat terdiri dari campuran larutan amonium molibdat, asam sulfat 5 N, kalium antimonil tartrat, dan asam askorbat. Dalam kondisi netral atau alkali, fosfat lebih dominan dalam bentuk HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Dengan pengekstrakan menggunakan reagen Olsen yaitu NaHCO<sub>3</sub> pada pH 8,5, terjadi pertukaran ion yang membentuk PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, yang kemudian bereaksi dengan amonium molibdat dalam suasana asam membentuk asam fosmomolibdat. Senyawa ini direduksi oleh asam askorbat, menghasilkan warna biru molibdat yang dapat diukur menggunakan

Spektrofotometer UV-Vis (Umaternate dkk., 2014).



Penentukan kadar fosfor dalam sampel tanah dilakukan dengan metode kurva kalibrasi yaitu menggunakan larutan deret standar menghasilkan persamaan garis linear  $y = ax + b$ . Perhitungan kadar P menggunakan metode kurva standar, dengan cara memasukkan absorbansi atau emisi sebagai y ke dalam persamaan regresi linier (Zakiyah dkk., 2019). Kurva kalibrasi larutan standar PO<sub>4</sub> ditunjukkan pada Gambar 1.

Berdasarkan hasil analisis kandungan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tersedia menggunakan metode Olsen, diperoleh variasi status ketersediaan fosfor pada masing-masing sampel tanah. Sampel TH.2278 menunjukkan kadar P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sebesar 34,8270 ppm, dan sampel TH.2279 sebesar 50,5795 ppm, keduanya termasuk dalam kategori sangat tinggi karena melebihi ambang >20 ppm.



**Gambar 1.** Kurva kalibrasi larutan standar PO<sub>4</sub>

Tingginya kandungan fosfor pada kedua sampel tersebut kemungkinan besar disebabkan oleh riwayat pemupukan fosfat yang intensif pada lahan budaya sebelumnya, sehingga unsur P terakumulasi di lapisan atas tanah. Selain itu, kondisi pH tanah yang netral hingga agak basa memungkinkan fosfor tetap tersedia dalam bentuk ortofosfat karena tidak mudah terikat oleh ion Fe dan Al (Havlin et al., 2017). Pada tanah dengan tingkat ketersediaan fosfor yang tinggi, pemberian pupuk fosfat sebaiknya dikurangi atau dihentikan sementara untuk mencegah terjadinya kelebihan unsur hara dan pencemaran air akibat limpasan fosfat (Lizcano-toledo et al., 2021). Selain itu, tingginya kadar P di tanah dapat mengganggu keseimbangan ionik dengan unsur lain seperti Zn, Fe, dan Cu, sehingga menyebabkan defisiensi mikrohara sekunder pada tanaman. Dari perspektif

keberlanjutan, tanah dengan kadar P berlebih dikategorikan “*P-saturated soils*”, yang memerlukan rehabilitasi melalui rotasi tanaman penyerap P tinggi (misalnya jagung, kedelai, atau alfalfa) atau pembatasan pupuk P selama beberapa musim tanam (Withers et al., 2015).

Sebaliknya, sampel TH.2280 memiliki kadar P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sebesar 3,9325 ppm, yang termasuk dalam kategori sangat rendah (<5 ppm), dan sampel TH.2281 dengan kadar 8,9920 ppm tergolong dalam kategori rendah (5-10 ppm). Nilai ini menunjukkan bahwa ketersediaan fosfor dalam tanah terbatas, kemungkinan akibat tingginya kandungan liat atau oksida Fe dan Al yang menyebabkan fosfor terfiksasi dan sulit diserap oleh tanaman (Hinsinger, 2001). Faktor lain yang mungkin berpengaruh adalah minimnya riwayat pemupukan fosfat sebelumnya atau penggunaan lahan yang kurang intensif. Secara agronomis, kadar P yang rendah dapat menghambat pertumbuhan akar, memperlambat pembentukan energi (ATP), dan menurunkan produktivitas tanaman. Oleh karena itu, tanah dengan kadar fosfor rendah memerlukan intervensi pemupukan fosfat secara bertahap, disertai dengan penambahan bahan organik seperti kompos atau pupuk kandang untuk meningkatkan ketersediaan fosfor melalui perbaikan struktur tanah dan aktivitas mikroorganisme (Liu et al., 2012).

**Tabel 2.** Kadar fosfor dalam sampel tanah metode Olsen

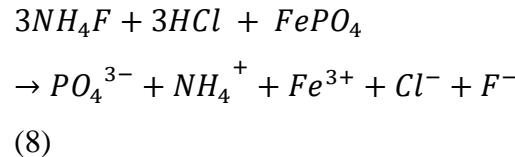
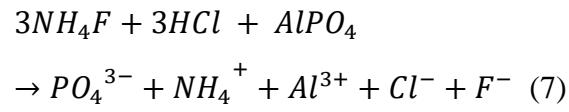
Sampel	Kadar P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> tersedia (ppm)
TH.2278	34,8270
TH.2279	50,5795
TH.2280	3,9325
TH.2281	8,9920

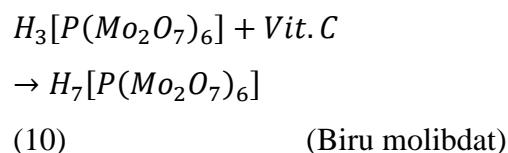
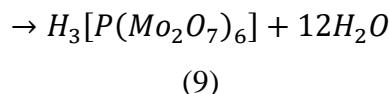
*Hasil Penentuan Kadar P Tersedia dengan Metode Bray I*

Metode Bray I memanfaatkan larutan asam yang terdiri atas campuran HCl dan NH<sub>4</sub>F yang efektif digunakan pada tanah masam. Oleh karena itu, pemilihan metode ekstraksi pada penelitian ini disesuaikan dengan reaksi tanah masing-masing sampel agar hasil pengukuran fosfor tersedia lebih representatif terhadap kondisi lapangan. Metode analisis dalam penelitian ini mengacu pada AOAC International (2005). Penetapan kadar P tersedia dalam sampel tanah dilakukan dengan mengukur absorbansi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada Panjang gelombang 693 nm. Persiapan sampel dilakukan dengan penyediaan sampel siap timbang, kemudian dilakukan penetapan P tersedia dengan metode Bray I. Sebanyak 1 mL larutan ekstrak dipipet ke dalam tabung reaksi, begitu juga dengan larutan standar fosfat (PO<sub>4</sub>) dengan konsentrasi 0, 2, 4, 8, 12, 16

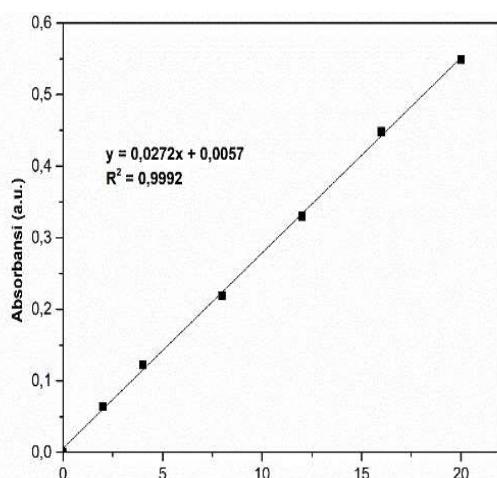
dan 20 ppm. Ditambahkan ke dalam masing-masing tabung yang berisi standar dan sampel sebanyak 10 mL pereaksi pembangkit warna, lalu dikocok menggunakan *vortex* hingga merata. Larutan kemudian didiamkan selama 30 menit sebelum diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 693 nm.

Metode Bray I menggunakan larutan ekstraktan berupa campuran 0,025 N HCl dan 0,03 N NH<sub>4</sub>F untuk melarutkan fosfat yang terikat dengan unsur Fe, Al, dan Mn, sehingga metode ini sangat sesuai diterapkan pada tanah asam dengan pH <7,5. Metode ini efektif dalam mengekstraksi bentuk fosfor yang mudah larut di lingkungan asam. Fosfat dalam suasana asam akan diikat sebagai garam H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, yang dengan NH<sub>4</sub>F dan HCl, akan dibebaskan sebagai PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Ion fosfat dalam bentuk ekstrak akan bereaksi dengan ammonium molibdat selanjutnya akan direduksi oleh asam askorbat menghasilkan warna biru molibdat.





Penentukan kadar fosfor tersedia dalam sampel tanah dilakukan dengan metode kurva kalibrasi yaitu menggunakan larutan deret standar menghasilkan persamaan garis linear  $y = ax + b$ . Perhitungan kadar P tersedia menggunakan metode kurva standar, dengan cara memasukkan absorbansi atau emisi sebagai  $y$  ke dalam persamaan regresi linier (Zakiyah dkk., 2019). Kurva kalibrasi larutan standar  $PO_4$  ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Kurva Kalibrasi Larutan Standar  $PO_4$

**Tabel 3.** Kadar fosfor dalam sampel tanah metode Bray I

Sampel	Kadar $P_2O_5$ Tersedia (ppm)
TH.2267	39,9138
TH.2268	1,7534
TH.2269	5,3627

Hasil analisis kadar  $P_2O_5$  tersedia pada ketiga sampel tanah menggunakan metode Bray I menunjukkan adanya perbedaan tingkat ketersediaan fosfor. Sampel TH.2267 menunjukkan kadar  $P_2O_5$  sebesar 39,9138 ppm, berdasarkan kriteria penilaian hasil analisis tanah pada Lampiran 5. termasuk dalam kategori sangat tinggi karena  $>15$  ppm. Tanah tersebut memiliki kandungan fosfor yang cukup untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Sementara itu, sampel TH.2268 memiliki kadar  $P_2O_5$  sebesar 1,7534 ppm, yang masuk dalam kategori sangat rendah ( $<4$  ppm), sehingga tanah ini kemungkinan besar memerlukan penambahan pupuk fosfat agar dapat mendukung produktivitas tanaman. Adapun sampel TH.2269 dengan kadar 5,3627 ppm tergolong dalam kategori rendah (5–7 ppm), yang berarti ketersediaan fosforanya masih terbatas dan juga memerlukan perlakuan pemupukan tambahan. Berdasarkan ketiga data ini, dapat disimpulkan bahwa hanya satu

sampel (TH.2267) yang memiliki tingkat fosfor yang sangat tinggi, sementara dua lainnya perlu perbaikan kesuburan melalui penambahan fosfat.

Perbedaan kadar fosfor ini kemungkinan besar disebabkan oleh perbedaan kondisi kimia dan riwayat penggunaan lahan pada ketiga lokasi tersebut. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya, nilai  $P_2O_5$  pada sampel penelitian ini masih berada dalam kisaran yang wajar untuk tanah pertanian tropis, khususnya tanah sawah dan tegalan yang dikelola secara intensif. Pada tanah sawah di Indonesia, kadar fosfor tersedia umumnya berkisar antara 5–25 ppm  $P_2O_5$ , dengan kategori rendah hingga sedang (Nasution et al., 2014). Nilai ini sejalan dengan hasil yang diperoleh pada sampel TH.2280, TH.2281, TH.2268, dan TH.2269, yang berada pada kisaran rendah hingga sangat rendah (<10 ppm). Sementara itu, kadar fosfor yang sangat tinggi seperti yang ditemukan pada sampel TH.2278, TH.2279, dan TH.2267 (34–50 ppm  $P_2O_5$ ) relatif lebih tinggi dibandingkan rata-rata tanah pertanian di wilayah tropis, namun masih dalam rentang yang pernah dilaporkan oleh Singh et al. (2018) di India disebutkan kadar P tersedia sebesar 30–60 ppm pada lahan hortikultura yang menerima pupuk fosfat secara terus-menerus. Hasil penelitian juga sejalan dengan penelitian sebelumnya, dilaporkan

tanah sawah siap tanam memiliki P tersedia 13, 14 dan 15 ppm termasuk kategori rendah (Karamoy, 2022).

Ketersediaan fosfor dalam tanah dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti pH tanah yang masam cenderung menyebabkan fosfor terikat dengan ion Al dan Fe membentuk senyawa yang tidak larut dan sulit diserap oleh tanaman (Jayadi, 2023). Selain itu, tanah dengan kandungan bahan organik rendah memiliki aktivitas mikroba yang minim, sehingga proses mineralisasi fosfor menjadi terganggu (Sari dkk., 2017). Perbandingan antara metode Olsen dan Bray I pada dasarnya didasarkan pada perbedaan kemampuan kedua larutan ekstraksi dalam melarutkan bentuk-bentuk fosfor yang terikat di dalam tanah, yang sangat dipengaruhi oleh pH tanah dan jenis kation pengikat fosfat. Dalam tanah, fosfor tidak seluruhnya berada dalam bentuk tersedia; sebagian besar berada dalam bentuk senyawa tidak larut seperti kalsium fosfat ( $Ca-P$ ) pada tanah basa atau berkapur, serta besi dan aluminium fosfat ( $Fe-P$  dan  $Al-P$ ) pada tanah masam (Havlin et al., 2017).

Metode Olsen menggunakan larutan natrium bikarbonat ( $NaHCO_3$ ) pH 8,5, yang bersifat basa lemah. Pada pH tersebut, ion bikarbonat ( $HCO_3^-$ ) berperan dalam mengganggu keseimbangan ion  $Ca^{2+}$  di sekitar kompleks fosfat, sehingga melarutkan sebagian fosfor yang terikat

sebagai Ca-P dan mengubahnya menjadi bentuk ortofosfat larut yang dapat diukur. Karena itu, metode Olsen lebih efektif digunakan untuk tanah netral hingga alkalis, termasuk tanah berkapur, di mana bentuk dominan fosfor adalah kalsium fosfat. Sebaliknya, metode Bray I menggunakan larutan asam campuran HCl dan NH<sub>4</sub>F, yang bersifat masam dan efektif dalam melarutkan fosfat yang terikat oleh Fe dan Al oksida. Ion F<sup>-</sup> dari NH<sub>4</sub>F akan membentuk kompleks dengan Fe<sup>3+</sup> dan Al<sup>3+</sup>, sehingga melepaskan fosfor yang sebelumnya terikat kuat dalam bentuk FePO<sub>4</sub> atau AlPO<sub>4</sub>. Oleh sebab itu, Bray I lebih sesuai untuk tanah masam, di mana fosfor dominan berada dalam bentuk terfiksasi oleh Fe dan Al.

Dengan demikian, perbedaan hasil antara kedua metode ini tidak hanya menunjukkan variasi konsentrasi P tersedia, tetapi juga memberikan informasi kimia tentang bentuk dominan fosfat di dalam tanah. Jika kadar P hasil metode Olsen lebih tinggi, hal ini menandakan bahwa tanah cenderung basa dengan dominasi senyawa Ca-P. Sebaliknya, jika hasil Bray I lebih tinggi, berarti tanah cenderung masam dengan fosfor terikat oleh Fe dan Al. Oleh karena itu, pengukuran pH tanah sangat penting untuk menentukan metode ekstraksi yang tepat dan menginterpretasikan hasilnya secara akurat.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan kadar P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pada sampel tanah dengan metode Olsen, TH.2278 (34,8270 ppm), TH.2279 (50,5795 ppm), TH.2280 (3,9325 ppm), TH.2281 (8,9920 ppm), TH.2267 (39,9138 ppm), TH.2268 (1,7534 ppm), TH.2269 (5,3627 ppm). Berdasarkan metode Bray I, kadar P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sampel TH.2267 (39,9138 ppm), TH.2268 (1,7534 ppm), TH.2269 (5,3627 ppm).

Metode Olsen dengan NaHCO<sub>3</sub> meningkatkan pH sehingga fosfor terlepas lebih banyak dan dapat mendeteksi tiga bentuk P (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>). Sebaliknya, metode Bray dengan NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan HCl menurunkan pH, menghasilkan fosfor lebih sedikit, serta hanya dapat mendeteksi H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> dan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>.

## DAFTAR PUSTAKA

- Association of Official Agriculture Chemists, 2005, *Official Methods of Analysis of AOAC Internasional 18<sup>th</sup> Ed.*, Maryland, USA.
- Astuti, A. A. R., Nuraini, Y., dan Baswarsati, B. (2022). Pemanfaatan Trichokompos dan Pupuk Kandang Sapi Untuk Perbaikan Sifat Kimia Tanah, Pertumbuhan, dan Produksi Tanaman Bawang Putih (*Allium sativum* L.). *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 9(2).

- Camila, A. N., Siswoyo, H., dan Hendrawan, A. P. (2023). Penentuan Tingkat Kesuburan Tanah Pada Lahan Pertanian di Kelurahan Bandulan Kecamatan Sukun Kota Malang Berdasarkan Parameter Kimia. *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*, 6(1).
- Elsan, R., dan Minarsih, T. (2022). Analisis Sildenafil Sitrat dalam jamu kuat dengan metode Spektrofotometri UV-Vis. *Indonesian Journal of Pharmacy and Natural Product*, 5(1).
- Irham, W. H., Saragih, S. W., Parinduri, S., Sitepu, M. T., dan Tua, S. N. P. (2024). Reaksi Tanah Akibat Perbedaan Perlakuan Lingkungan. *Tabela Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 2(1).
- Jayadi, M., J. N., dan W. H. (2023). Analisis Fosfor Tanah pada Lahan Sawah Irigasi dan Sawah Tadah Hujan di Kecamatan Duampanua Kabupaten Pinrang. *Jurnal Ecosolum*, 11(2).
- Karamoy, L. T. (2022). Analysis Of Nutrition Levels of Nitrogen, Phosphore, Potassium, C-Organic and Ph in Rice Soil in Dumoga District, Bolaang Mongondow Regency. *Jurnal Agroekoteknologi Terapan*, 3(2).
- Khotimah, K. (2016). Peningkatan Ketersediaan Fosfor Dalam Tanah Akibat Penambahan Abu Sekam Padi dan Analisisnya Secara Potensiometri. *Skripsi*.
- Nalumansi, I., Birungi, G., Moodley, B., dan Tebandeke, E. (2020). Spectrophotometric Determination of Low Levels of the Orthophosphate Anion as Molybdenum Blue using Sodium Thiosulphate Reducing agent. *Oriental Journal of Chemistry*, 36(6). <https://doi.org/10.13005/ojc/360608>
- Nasution, H. A., Fauzi, dan Musa, L. (2014). Kajian P-Tersedia pada Tanah Sawah Sulfat Masam Potensial. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2(3).
- Rohmah, S. A. A., Muadifah, A., dan Martha, R. D. (2021). Validasi Metode Penetapan Kadar Pengawet Natrium Benzoat pada Sari Kedelai di Beberapa Kecamatan di Kabupaten Tulungagung Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, 3(2).
- Sari, M.N., Sudarsono, dan Darmawan, (2017), Pengaruh Bahan Organik Terhadap Ketersediaan Fosfor Pada Tanah-Tanah Kaya Al dan Fe. *Buletin Tanah dan Lahan*, 1(1).
- Uly, M., Silaban, E., Kumolontang, W. J. N., Purbopuspito, J., Studi, P., Tanah, I., Pertanian, F., Sam, U., Manado, R., dan Tanah, J. (2024). Soil Phosphorus and Potassium Nutrient; C-organik; and pH at PT J. Resources Bolaang Mongondow Mine Reclamation Land. 2(2).

- 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*, 3(1), 6.
- Zakiyah, Z. N., Rahmawati, C., dan Fatimah, I. (2019). Analisis kadar fosfor dan kalium pada pupuk organik di laboratorium terpadu Dinas Pertanian Kabupaten Jombang. *ICJR- Indonesian Journal of Chemical Research*, 3(2).