



Research Article

## Correlation Analysis of Multi Sensor Measurements of Available P and K in Selected Vegetable Crops Grown on Inceptisol Soil in Bogor

Abiet Ilham Wicaksono<sup>1</sup>, Anas Dinurrohman Susila<sup>2\*</sup>, Ketty Suketi<sup>2</sup>, dan Sri Wahjuni<sup>3</sup>

1 Program Studi Magister Agronomi dan Hortikultura, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Jl. Meranti, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

2 Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

3 Departemen Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

\* Corresponding author (✉ [anasdsusila@apps.ipb.ac.id](mailto:anasdsusila@apps.ipb.ac.id))

### ABSTRACT

*Rapid Soil Checker and Smart Soil and Rain Sensor are designed to measure P and K levels in real time; however, their relationship with vegetable crop growth has not yet been studied. This research aimed to assess the correlation between the readings from Rapid Soil Checker and Smart Soil and Rain Sensor for available P and K and the growth of several types of vegetable crops. Nutrient saturation was conducted from January to February 2024 at the Cikarawang Experimental Field, Department of Agronomy and Horticulture, Faculty of Agriculture, IPB University. The correlation study was carried out from March to May 2024 in the Sukamantri greenhouse, Faculty of Agriculture, IPB University. The research consisted of four experiments: correlation tests between multi-sensor readings and dry plant weight of shallot, Chinese mustard (caisim), tomato, and chili pepper, each under five nutrient saturation levels: very low (0X), low (1/4X), medium (1/2X), high (3/4X), and very high (X). The results showed that the correlation between nutrient readings from both sensors and plant dry weight was very weak. In contrast, the Mehlich-1 laboratory method demonstrated a strong positive correlation*

**Kata kunci:** nutrient saturation, nutrient, real time

## Uji Korelasi Hasil Pembacaan Multi Sensor untuk P dan K Tersedia pada Beberapa Tanaman Sayuran di Tanah Inceptisol Bogor

### ABSTRAK

*Rapid Soil Checker dan Smart Soil and Rain Sensor dirancang untuk mengukur unsur hara P dan K secara real time, namun belum diteliti hubungannya dengan pertumbuhan tanaman sayuran. Penelitian ini bertujuan menilai korelasi hasil pembacaan Rapid Soil Checker dan Smart Soil and Rain Sensor terhadap kadar P dan K tersedia dengan pertumbuhan beberapa jenis tanaman sayuran. Penjenjuran hara dilakukan bulan Januari sampai Februari 2024 di Kebun Cikarawang, Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Penelitian uji korelasi dilakukan bulan Maret*

**Received:**  
11 July 2025

**Revised:**  
3 October 2025

**Accepted:**  
6 June 2026

**Published online:**  
25 June 2026

#### Citation:

Wicaksono, A.I., Susila, A.D., Ketty, S., Wahjuni, S. (2026). Correlation Analysis of Multi Sensor Measurements of Available P and K in Selected Vegetable Crops Grown on Inceptisol Soil in Bogor. *Jurnal Hortikultura Indonesia (JHI)*, 17(1), 68-76. <https://doi.org/10.29244/jhi.17.1.68-76>

sampai Mei 2024 di green house kebun Sukamantri, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Penelitian terdiri atas empat percobaan: uji korelasi antara hasil pembacaan multi sensor dengan berat kering tanaman bawang merah, caisim, tomat, dan cabai merah, masing-masing dengan lima taraf penjenjahan hara: sangat rendah (0X), rendah (1/4X), sedang (1/2X), tinggi (3/4X), dan sangat tinggi (X). Hasil penelitian menunjukkan bahwa korelasi antara hasil pembacaan unsur hara dari kedua sensor dengan berat kering tanaman tergolong sangat lemah. Sebaliknya, metode laboratorium Mehlich-1 menunjukkan korelasi positif yang kuat.

**Kata kunci:** penjenjahan hara, real time, unsur hara

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pertanian presisi berlangsung dengan sangat pesat, sehingga membuka peluang besar bagi penerapan metode analisis hara secara langsung di lapangan. Salah satu komponen penting dalam pendekatan ini adalah penggunaan multi sensor tanah, yang berfungsi untuk mengumpulkan data dalam jumlah besar guna memungkinkan analisis sifat dan kondisi tanah secara real time.

Pengujian tanah umumnya dilakukan dengan menduga jumlah hara yang tersedia bagi tanaman melalui penggunaan larutan asam lemah, yang meniru eksudat akar tanaman untuk mengekstrak unsur hara dari tanah (Keuskamp et al., 2015; Dimkpa et al., 2017). Selain itu, metode konvensional seperti ini sering memerlukan waktu yang lama karena melibatkan proses pengambilan, pengangkutan, dan analisis sampel di laboratorium. Hasil uji tidak selalu tersedia tepat waktu untuk mendukung pemupukan, dan penggunaannya juga melibatkan bahan kimia yang berisiko mencemari lingkungan (Guerrero et al., 2021).

Metode konvensional dinilai kurang praktis dan tidak universal bagi petani karena biaya tinggi, proses lama, serta hasil yang sulit dipahami. Untuk mengatasi hal ini, dikembangkan sensor kesuburan tanah seperti *Rapid Soil Checker* dan *Smart Soil and Rain Sensor* yang dapat mengukur unsur hara seperti P dan K secara langsung di lapangan, cepat, dan mudah dipahami. Hafiddudin (2022), mengembangkan alat multi sensor *Smart Soil and Rain Sensor* untuk mendeteksi hara secara real-time, namun alat ini belum diuji pada berbagai jenis tanaman sehingga diperlukan uji korelasi terhadap pertumbuhan.

Uji korelasi penting untuk memastikan akurasi data sensor dalam merepresentasikan ketersediaan hara yang memengaruhi pertumbuhan tanaman sayuran karena sebagai komoditas yang diminati masyarakat. Korelasi multi sensor penting agar teknologi ini mendukung peningkatan produktivitas dan efisiensi pemupukan pada komoditas sayuran. Oleh karena itu, penelitian bertujuan untuk menguji korelasi hasil pembacaan *Rapid Soil Checker* dan *Smart Soil and Rain Sensor* untuk P tersedia dan K tersedia pada beberapa tanaman sayuran agar memberikan data korelasi *Rapid Soil Checker* dan *Smart Soil and Rain Sensor* terhadap pertumbuhan beberapa tanaman sayuran.

## BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan pada bulan April-Juni 2024 di Kebun Sukamantri, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Uji korelasi pengukuran unsur hara P tersedia dan K tersedia menggunakan *Rapid Soil Checker* dan *Smart Soil and Rain Sensor* terhadap bobot kering tanaman bawang merah, caisim, tomat dan cabai merah. Penelitian ini mencakup empat percobaan yaitu korelasi hasil pembacaan multi sensor terhadap pertumbuhan bawang merah, caisim, tomat dan cabai merah. Percobaan ini akan disusun dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor, yaitu status hara, yaitu sangat rendah (0X), rendah (1/4X), sedang (1/2X), tinggi (3/4X) dan sangat tinggi (X). Setiap perlakuan diulang sebanyak 20 kali, terdapat 100 satuan percobaan, sehingga terdapat 400 satuan percobaan untuk semua komoditas. Setiap satuan percobaan terdapat 1 polybag berukuran 40 cm. Setiap polybag ditanam satu tanaman, sehingga setiap satuan percobaan terdiri dari satu tanaman.

Sebelum melakukan percobaan, dilakukan pembuatan status lahan dengan melakukan beberapa status penjuenan hara di Kebun Cikarawang, Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Tanah hasil penjuenan hara diambil setiap petak, lalu dibersihkan dari akar dan pengotor lainnya, diaduk hingga merata, dikeringkan selama 1 minggu. Untuk memperoleh hasil pengukuran yang optimal, kondisi permukaan tanah pada lokasi pengukuran perlu diperhatikan secara cermat. Permukaan tanah yang tidak homogen akibat proses pengolahan, ketidakrataan, atau keberadaan batuan cenderung menurunkan tingkat presisi pengukuran dibandingkan dengan permukaan tanah yang telah diratakan dan dipadatkan secara merata (Nocita et al., 2015). Setelah kering tanah kemudian diayak (Gunawan, 2019) dan dimasukkan ke dalam polybag.

Polybag bersisi tanah dilakukan penjuenan air, selanjutnya dilakukan pengukuran P tersedia dan K tersedia setiap polybag menggunakan *Rapid Soil Checker* dan *Smart Soil and Rain Sensor*. Bibit tanaman ditanam sebanyak satu tanaman per polybag. Pemupukan sesuai rekomendasi pemupukan Ferads dengan taraf sedang tanaman bawang merah (Susila, 2023). Penyiraman menggunakan sistem irigasi tetes dengan volume 800 CC per hari dilakukan tiga kali sehari. Pengendalian hama penyakit dan gulma dilakukan sesuai kebutuhan. Setiap komoditas tanaman dipanen pada fase vegetatif maksimal.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

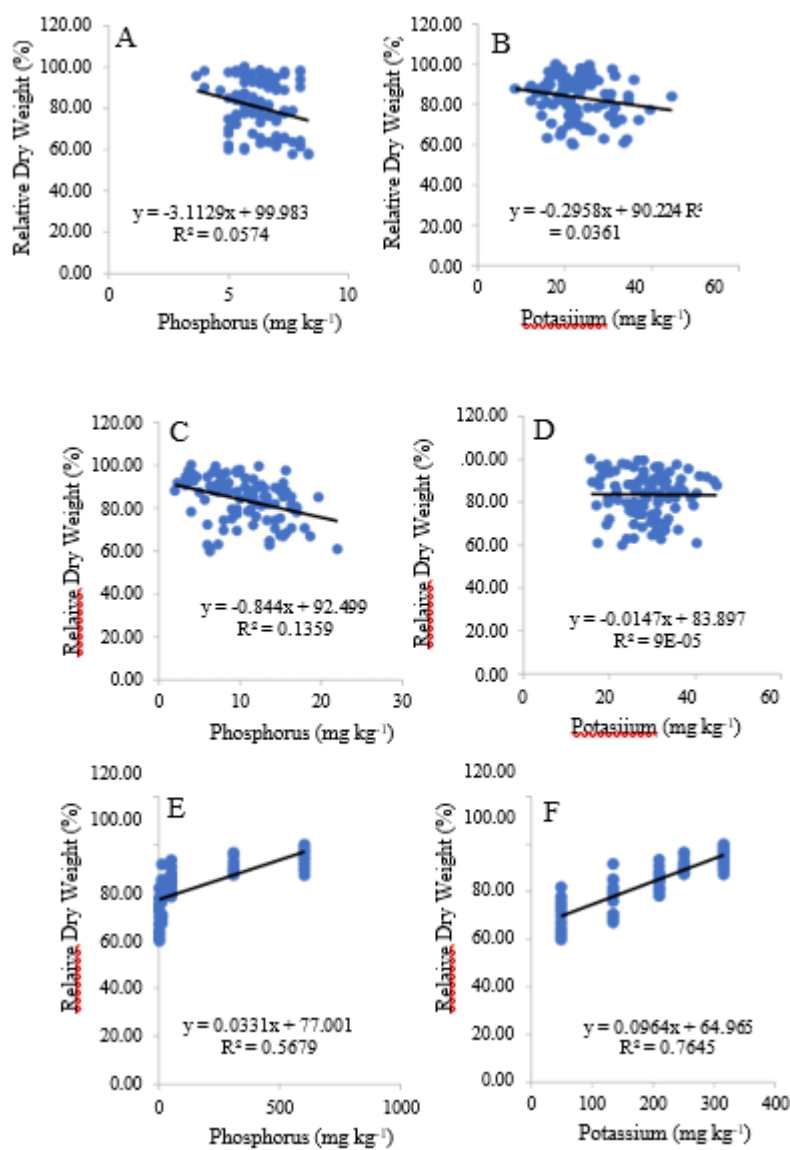
Hasil penelitian pada Tabel 1, pembacaan *Rapid Soil Checker* dan *Smart Soil and Rain Sensor* menunjukkan 30 korelasi yang sangat lemah terhadap berat kering tanaman pada bawang merah, caisim, tomat dan bawang merah. Nilai korelasi fosfor dari *Rapid Soil Checker* berkisar antara -0.24 hingga 0.22, sedangkan *Smart Soil and Rain Sensor* antara -0.37 hingga 0.21. Korelasi kalium juga lemah, dengan rentang -0.20 hingga 0.19 untuk *Rapid Soil Checker* dan -0.14 hingga 0.02 untuk *Smart Soil and Rain Sensor*. Metode Mehlich-1 menunjukkan korelasi yang kuat. Fosfor berkorelasi antara 0.67 hingga 0.81, sementara kalium lebih kuat, dari 0.75 hingga 0.92. Hasil ini menunjukkan bahwa metode Mehlich-1 jauh lebih akurat dan kuat dalam menggambarkan hubungan antara unsur hara dan pertumbuhan tanaman dibandingkan pembacaan kedua multi sensor. Kinerja rendah dari sensor in-situ seperti *Rapid Soil Checker* dan *Smart Soil and Rain Sensor* berkaitan erat dengan prinsip kerja serta keterbatasan teknis dari perangkat tersebut.

Tabel 1. Nilai koefisien korelasi pembacaan sensor terhadap beberapa tanaman sayuran

Table 1. Correlation coefficient values of the sensor for several vegetables.

Metode	Pengamatan	Unsur Hara	Tanaman			
			Bawang Merah	Caisim	Tomat	Cabai Merah
<i>Rapid Soil Cheker</i>	Berat kering tanaman	Fosfor	-0.24	0.07	-0.13	0.22
		Kalium	-0.19	0.19	-0.20	0.08
<i>Smart Soil and Rain Sensor</i>	Berat kering tanaman	Fosfor	-0.37	0.21	-0.17	0.05
		Kalium	-0.01	0.02	-0.11	-0.14
Mechlich-1	Berat kering tanaman	Fosfor	0.75	0.81	0.67	0.77
		Kalium	0.87	0.84	0.92	0.75

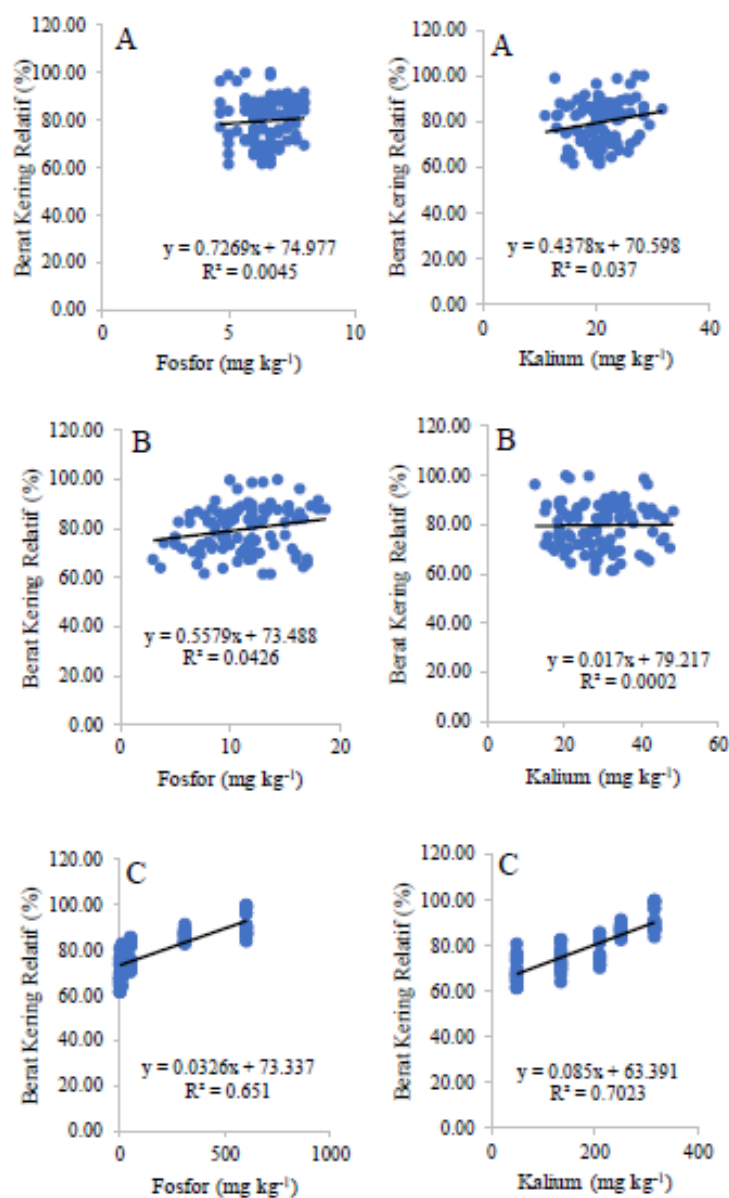
Gambar 1 menunjukkan bahwa korelasi antara kadar fosfor dan kalium terhadap berat kering relatif bawang merah menggunakan metode *Rapid Soil Checker* dan *Smart Soil and Rain Sensor* sangat lemah, garis regresi menurun dan persebaran data acak menunjukkan hubungan negatif yang lemah. Metode Mehlich-1 menunjukkan garis regresi menaik untuk fosfor dan untuk kalium, serta pola persebaran data yang konsisten, menandakan korelasi positif yang kuat antara ketersediaan hara dan berat kering tanaman.



Gambar 1. Korelasi antara metode pengukuran P dan K tanah dengan bobot kering relatif tanaman bawang merah pada tanah Inceptisol. (A, B) *Rapid Soil Checker*, (C, D) *Smart Soil and Rain Sensor*, (E, F) Mehlich-1.

Figure 1. Correlation between soil P dan K measurement methods and relative dry weight of shallots in inceptisol soil. (A, B) *Rapid Soil Checker*, (C, D) *Smart Soil and Rain Sensor*, (E, F) Mehlich-1.

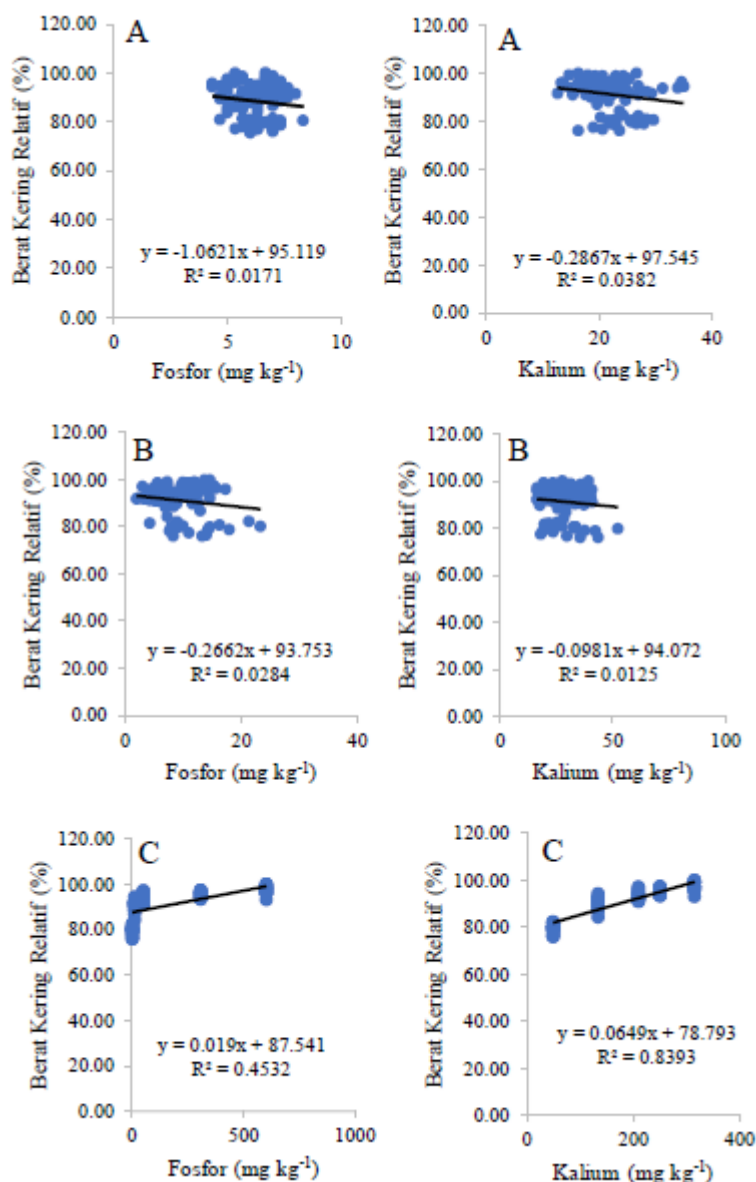
Hasil pengamatan pada Gambar 2 menunjukkan grafik korelasi kadar fosfor dan kalium terhadap berat kering relatif caisim pada metode *Rapid Soil Checker* dan *Smart Soil and Rain Sensor* sangat lemah. Garis regresi mendatar hingga sedikit menanjak dan persebaran data yang acak menunjukkan hubungan yang lemah. Sebaliknya, pada metode Mehlich-1, garis regresi menanjak menunjukkan hubungan positif yang kuat antara kadar hara dan berat kering tanaman.



Gambar 2. Korelasi antara hasil pengukuran fosfor (P) dan kalium (K) tanah menggunakan berbagai metode dengan bobot kering relatif tanaman sawi hijau (Chinese mustard) pada tanah Inceptisol. (A, B) *Rapid Soil Checker*; (C, D) *Smart Soil and Rain Sensor*; dan (E, F) Mehlich-1.

Figure 2. Correlation between soil P dan K measurement methods and relative dry weight of chinese mustard in inceptisol soil. (A, B) *Rapid Soil Checker*, (C, D) *Smart Soil and Rain Sensor*, (E, F) Mechlich-1.

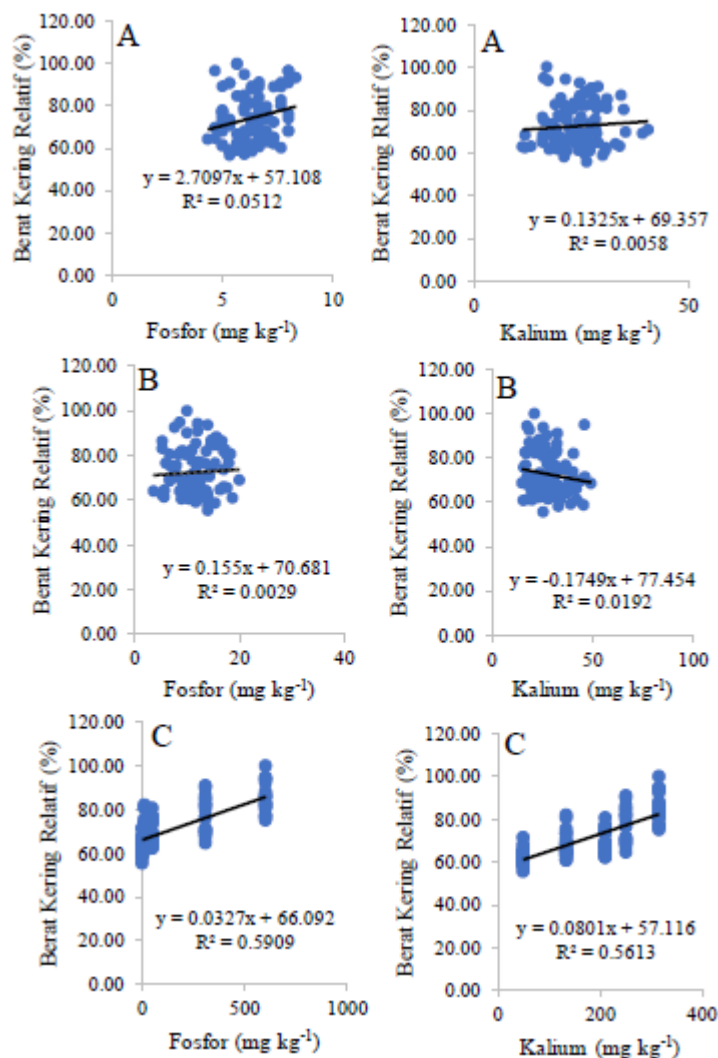
Gambar 3 menunjukkan grafik korelasi kadar fosfor dan kalium terhadap berat kering tomat sangat lemah pada metode *Rapid Soil Checker* dan *Smart Soil and Rain Sensor* garis regresi mendatar dan data menyebar acak. Mehlich-1 menunjukkan korelasi positif ditunjukkan oleh garis regresi menanjak dan pola data yang konsisten



Gambar 3 Korelasi antara metode pengukuran P dan K tanah dengan berat kering relatif tomat di tanah inceptisol. (A) *Rapid Soil Checker*; (B) *Smart Soil and Rain Sensor*; (C) Mehlich-1.

Figure 3. Correlation between soil P dan K measurement methods and relative dry weight of tomato in inceptisol soil. (A, B) *Rapid Soil Checker*; (C, D) *Smart Soil and Rain Sensor*; (E, F) Mehlich-1.

Grafik pada Gambar 4 menunjukkan bahwa korelasi kadar fosfor dan kalium terhadap berat kering cabai merah sangat rendah pada metode *Rapid Soil Checker* dan *Smart Soil and Rain Sensor* ditunjukkan oleh garis regresi mendatar dan data tersebar acak. Sebaliknya, metode Mehlich-1 menunjukkan korelasi positif yang kuat garis regresi menanjak dan data mengikuti pola terarah.



Gambar 4 Korelasi antara metode pengukuran P dan K tanah dengan berat kering relatif cabai merah di tanah inceptisol. (A) *Rapid Soil Checker*; (B) *Smart Soil and Rain Sensor*; (C) Mehlich-1.

Figure 4. Correlation between soil P dan K measurement methods and relative dry weight of chili pepper in inceptisol soil. (A, B) *Rapid Soil Checker*, (C, D) *Smart Soil and Rain Sensor*, (E, F) Mehlich-1.

Penggunaan multi sensor untuk analisis tanah secara langsung di lapangan, seperti *Rapid Soil Checker* dan *Smart Soil and Rain Sensor*, dikategorikan sebagai metode in-situ karena pengambilan dan analisis data dilakukan langsung di lokasi tanpa membawa sampel ke laboratorium (Kuang et al., 2012; Archbold et al., 2023; Metzger et al., 2023). Kedua alat tersebut termasuk sensor invasif, yang bekerja dengan cara ditanamkan ke dalam tanah untuk mendeteksi unsur hara di titik tertentu. Kedua alat ini menggunakan teknologi ion selective electrode (ISE), yaitu sistem elektrokimia yang bekerja berdasarkan prinsip potensiometri untuk mendeteksi aktivitas ion tertentu secara spesifik dan akurat (Najdenko et al., 2024). Performa sensor ISE sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, terutama kadar air tanah. Kelembaban rendah dapat menyebabkan penurunan sensitivitas sensor, sehingga 32 hasil pengukuran menjadi tidak stabil (Adsett et al., 1999).

Kedua multi sensor ini juga mengandalkan nilai EC yang dipengaruhi oleh kadar air, tekstur, bahan organik, dan suhu tanah memiliki keterkaitan erat dengan kandungan nutrisi, sehingga dapat dimanfaatkan untuk merumuskan rekomendasi pemupukan yang sesuai dengan kondisi lahan. Kemampuan sensor EC dalam merepresentasikan berbagai karakteristik tanah juga memungkinkan penggunaannya untuk memperkirakan

parameter penting lain yang berkaitan dengan ketersediaan hara bagi tanaman (Ruehlmann et al., 2021).

Ketidakteraturan sifat fisik tanah menyebabkan hasil pembacaan multi sensor sangat bervariasi dan sulit merepresentasikan kondisi lahan secara menyeluruh. *Rapid Soil Checker* dan *Smart Soil and Rain Sensor* hanya mencakup area pengukuran sempit sehingga untuk lahan yang luas dan heterogen, diperlukan pengambilan data di banyak titik agar hasil lebih representatif (Najdenko et al., 2024). Akurasi sensor juga dapat menurun akibat kerusakan alat, fluktuasi suhu, serta perubahan struktur tanah dari waktu ke waktu (Piccini et al., 2024). Metode Mehlich-1 menggunakan prosedur kimia terkontrol yang tidak dipengaruhi oleh faktor lingkungan sehingga memberikan hasil korelasi yang lebih kuat. Mehlich-1 mengekstrak unsur hara yang tersedia dan dapat diserap langsung oleh tanaman sehingga memiliki korelasi yang kuat terhadap pertumbuhan tanaman sayuran. Mehlich-1 merupakan metode ekstraksi hara dirancang secara spesifik untuk menyesuaikan kemampuan ekstraksi unsur hara pada jenis tanah tertentu (Dermawan et al., 2022). Meskipun penggunaan multi sensor lapangan menawarkan kemudahan dan kecepatan, validasi terhadap hasil laboratorium tetap diperlukan untuk menjamin akurasi data (Steinfurth et al., 2021). Menilai korelasi antara kedua metode menjadi penting untuk mengidentifikasi perbedaan hasil dan meningkatkan ketepatan sensor dalam mendukung keputusan pemupukan yang akurat pada sistem pertanian presisi (Najdenko et al., 2023; Steinfurth et al., 2021). Dalam konteks pertanian presisi, langkah ini menjadi penting untuk memastikan bahwa keputusan pemupukan atau manajemen lahan berbasis data multi sensor dapat dilakukan secara tepat dan efektif.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *Rapid Soil Checker* dan *Smart Soil and Rain Sensor* belum mampu menggambarkan hubungan yang kuat antara ketersediaan P dan K dengan pertumbuhan tanaman bawang merah, caisim, tomat dan cabai merah. Nilai korelasi yang rendah mencerminkan keterbatasan multi sensor dalam merepresentasikan kondisi hara tanah secara akurat. Metode laboratorium Mehlich-1 menunjukkan korelasi yang kuat dan konsisten, sehingga lebih dapat digunakan. Kinerja kedua multi sensor dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti kelembapan dan keterbatasan jangkauan pengukuran. Oleh karena itu, meskipun multi sensor lapangan menawarkan kepraktisan, validasi dengan metode laboratorium tetap diperlukan. Untuk penggunaan jangka panjang, sensor perlu dikalibrasi secara terstandar dan diintegrasikan ke dalam sistem rekomendasi pemupukan agar dapat meningkatkan efisiensi dan ketepatan pemupukan dalam pertanian presisi secara luas. Selain itu, penelitian lanjutan diperlukan untuk memperoleh nilai korelasi yang lebih kuat antara multi sensor dan pertumbuhan tanaman, terutama pada komoditas sayuran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adsett JF, Thottan JA, Sibley KJ. 1999. Development of An Automated On The Go Soil Nitrate Monitoring System. *Am. Soc. Agric. Eng.* 15(4), 351–356. Doi: <https://doi.org/10.13031/2013.5789>
- Archbold G, Parra C, Carrillo H, Mouazen AM. 2023. Towards the Implementation of ISFET Sensors for In-Situ and Real-Time Chemical Analyses in Soils: A Practical Review. *Comput. Electron. Agric.* 209, 1–15. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107828>
- Dermawan R, Susila AD, Purwono, Nugroho B, Sugiyanta. 2022. Penetapan Metode Ekstraksi Fosfor dan Kalium Terbaik untuk Tanaman Cabai pada Tanah Andisol. *Jurnal Hortikultura Indonesia*. 13(2), 90-96. Doi: <https://doi.org/10.29244/jhi.13.2.90-9>
- Dimkpa C, Bindraban P, McLean JE, Gatere L, Singh U, Hellums D. 2017. Methods for Rapid Testing of Plant and Soil Nutrients, 1–43. Doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-58679-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-58679-3_1)
- Guerrero A, De Neve S, Mouazen AM. 2021. Current Sensor Technologies for In Situ and On-Line Measurement of Soil Nitrogen for Variable Rate Fertilization: A review. *Adv. Agron.* 168, 1–38. Doi: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2021.02.001>

- Hafiduddin M. 2022. Pengembangan Sistem Irigasi Cerdas untuk Tanaman Padi Varietas IPB 3S pada Lahan Sawah 4.0 IPB Menggunakan Algoritme Fuzzy Sugeno di Varietas IPB 3S pada Lahan Sawah 4.0 IPB [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Keuskamp DH, Kimber R, Bindraban P, Dimkpa C, Schenkeveld WDC. 2015. Plant Exudates for Nutrient Uptake. <https://www.researchgate.net/publication/277716458>.
- Kuang B, Mahmood HS, Quraishi MZ, Hoogmoed WB, Mouazen AM, van Henten EJ. 2012. Sensing Soil Properties In The Laboratory, In Situ, and On-Line. A Review. *Adv. Agron.* 114, 155–223. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394275-3.00003-1>
- Metzger K, Liebisch F, Herrera JM, Guillaume T, Walder F, Bragazza L. 2023. The Use of Visible and Near Infrared Spectroscopy for In-Situ Characterization of Agricultural Soil Fertility: A Proposition of Best Practice by Comparing Scanning Positions and Spectrometers. *Soil Use Manag.* siap terbit. Doi: <https://doi.org/10.1111/sum.12952>
- Najdenko E, Lorenz F, Dittert K, Olf HW. 2024. Rapid In Field Soil Analysis of Plant-Available Nutrients and pH for Precision Agriculture—A Review. *Precis. Agric.* Doi: <https://doi.org/10.1007/s11119-024-10181-6>
- Najdenko E, Lorenz F, Olf HW, Dittert K. 2023. Development of An Express Method for Measuring Soil Nitrate, Phosphate, Potassium, and pH for Future In-Field Application. *Journal Plant Nutrition Soil Science.* 186(6), 623–632. Doi: <https://doi.org/10.1002/jpln.202300166>
- Nocita M, Stevens A, van Wesemael B, Aitkenhead M, Bachmann M, Barthès B, Dor E Ben, Brown DJ, Clairotte M, Csorba A. 2015. Soil Spectroscopy: An Alternative to Wet Chemistry for Soil Monitoring. *Adv. Agron.* 132, 1–21. Doi: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2015.02.002>
- Ruehlmann J, Bönecke E, Meyer S. 2021. Predicting the Lime Demand of Arable Soils from pH, Soil Texture and Soil Organic Matter Content. *Journal agronomy*, 11, 1–17. Doi: [10.3390/agronomy11040785](https://doi.org/10.3390/agronomy11040785).
- Steinfurth K, Hirte J, Morel C, Buczko U. 2021. Conversion Equations Between Olsen-P and Other Methods Used to Assess Plant Available Soil Phosphorus in Europe – A Review. *Geoderma.* Doi: [10.1016/j.geoderma.2021.115339](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115339).
- Susila AD. 2023. Best Management Practices Budidaya Tanaman Sayuran Komersial. Bogor: IPB Press.

**Publisher's Note:** The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of the publisher(s) and/or the editor(s).

**Copyright:** © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).