

ANALISIS KORELASI ANTARA KANDUNGAN FOSFOR (P) DALAM TANAH BERBAHAN INDUK KAPUR DAN BIJI JAGUNG PADA BERBAGAI KETINGGIAN DI KELURAHAN SOE DAN DESA KUATAE KABUPATEN TIMOR TENGAH SELATAN

Mika Sampe Rompon^{1*}, Julianus Dising², Paulus Pasau¹

¹Jurusan MPLK Politeknik Pertanian Negeri Kupang Jl Herman Yohanes, Lasiana Kupang NTT

²Jurusan TPH Politeknik Pertanian Negeri Kupang Jl Herman Yohanes, Lasiana Kupang NTT

*e-mail: mikasamperompon@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis korelasi kandungan fosfor dalam tanah berbahan induk kapur dengan akumulasinya pada biji jagung, serta mengevaluasi pengaruh variasi ketinggian tempat terhadap konsentrasi fosfor di wilayah Kelurahan Soe dan Desa Kuatae Kabupaten Timor Tengah Selatan. Fosfor berperan penting dalam fotosintesis, respirasi, serta pembentukan dan perkembangan akar. Namun, pada tanah berbahan induk kapur, fosfor sering terikat dengan kalsium dalam bentuk senyawa kalsium fosfat sehingga ketersediaannya untuk tanaman menjadi rendah. Hal ini menjadi salah satu faktor yang mengurangi produktivitas jagung di tanah jenis ini. Fosfor tanah dianalisis menggunakan metode ekstraksi Bray I atau Olsen, kemudian diukur menggunakan spektrofotometri untuk menentukan kandungan ion fosfat $H_2PO_4^-$. Kandungan fosfor dalam biji jagung dianalisis setelah proses penggilingan dan digestasi asam. Hasil dari analisis kemudian dikorelasikan menggunakan uji korelasi Pearson untuk mengevaluasi sejauh mana kandungan P di tanah mempengaruhi kandungan P dalam biji jagung. Berdasarkan hasil penelitian, ditemukan bahwa hubungan ini dibuktikan melalui analisis regresi linier yang menghasilkan persamaan $y = 2,2715x + 0,0682$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,847. Studi ini juga menemukan korelasi negatif antara ketinggian tempat dengan kandungan fosfor, yang termanifestasi baik pada tanaman jagung ($y = -0,0013x + 1,3437$, $R^2 = 0,6466$) maupun pada tanah ($y = -0,0004x + 0,4489$, $R^2 = 0,3953$). Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa faktor ketinggian tempat dapat menjelaskan variasi kandungan fosfor sebesar 64,66% pada jagung dan 39,53% pada tanah. Kondisi lingkungan pada elevasi yang lebih tinggi, seperti suhu yang lebih rendah, berkontribusi pada penurunan laju mineralisasi bahan organik dan pelapukan mineral yang mengandung fosfor. Selain itu, tingginya curah hujan pada elevasi tersebut dapat mengintensifkan proses pencucian hara. Temuan ini memiliki implikasi signifikan terhadap strategi pengelolaan fosfor dalam sistem pertanian di kawasan berbahan induk kapur, mengingat pentingnya optimalisasi ketersediaan dan serapan fosfor oleh tanaman jagung pada berbagai ketinggian tempat.

Kata Kunci: Fosfor (P), Tanah Berbahan Induk Kapur, Jagung (*Zea mays*), Uji Korelasi, Elevasi.

PENDAHULUAN

Berdasarkan data terkini cadangan fosfor global diperkirakan sekitar 70 miliar ton (FAO, 2021). Namun, tingkat konsumsi fosfor saat ini melebihi tingkat pembaharuannya. Sektor pertanian mengonsumsi sekitar 90% dari total kebutuhan fosfor global, terutama untuk budidaya tanaman pangan seperti jagung (IFDC, 2019). Produksi jagung dunia mencapai sekitar 1,1 miliar ton per tahun, dengan konsumsi fosfor sekitar 10 kg per ton jagung (USDA, 2022). Sayangnya, degradasi lahan akibat berkurangnya kandungan fosfor telah mengancam produktivitas pertanian jagung di banyak negara. Diperkirakan 30-40% lahan jagung di dunia mengalami defisiensi fosfor (IPNI, 2020). Untuk memenuhi kebutuhan pangan global yang diproyeksikan meningkat 60% pada tahun 2050, kebutuhan fosfor juga akan meningkat signifikan, hingga mencapai 15-20 juta ton per tahun (FAO, 2021). Inovasi dalam pengelolaan hara, daur ulang fosfor, dan teknologi pertanian akan menjadi kunci untuk menjaga ketersediaan fosfor yang berkelanjutan.

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa fosfor merupakan elemen esensial dalam produktivitas pertanian (Smith, 2021). Ketidakseimbangan kandungan fosfor dapat secara signifikan memengaruhi hasil panen jagung, terutama di lahan berbatuan induk kapur yang memiliki karakteristik khusus dalam menyerap nutrisi (Jones & Nguyen, 2019). Dampak jangka panjang dari masalah ini sangat relevan untuk ketahanan pangan dan keberlanjutan pertanian, mengingat kebutuhan akan produksi pangan yang stabil dan berkualitas terus meningkat seiring pertumbuhan populasi global (Adams & Williams, 2020).

Teori kesuburan tanah menekankan bahwa ketersediaan unsur hara, khususnya fosfor (P), merupakan faktor kunci bagi pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Fosfor memainkan peran penting dalam berbagai proses fisiologis tanaman, seperti fotosintesis, transfer energi, pembentukan akar, serta perkembangan bunga dan buah (Maynard & Hochmuth, 1997). Beberapa studi empiris telah mengkaji hubungan antara kandungan fosfor dalam tanah dengan produktivitas jagung di berbagai kondisi lahan. Di lahan masam (pH rendah), aplikasi pupuk fosfat dapat meningkatkan ketersediaan fosfor dalam tanah dan mendorong peningkatan hasil panen jagung hingga 20-30% (Sanchez, 2019). Sementara itu, di lahan kapur (pH tinggi), kandungan fosfor yang rendah menjadi faktor pembatas utama bagi pertumbuhan dan produktivitas jagung, dan pemberian pupuk fosfat dapat meningkatkan hasil panen hingga 50% (Havlin et al., 2014). Analisis di berbagai jenis lahan menunjukkan adanya korelasi positif yang kuat antara kandungan fosfor tersedia dalam tanah dengan produktivitas jagung, di mana setiap kenaikan 1 ppm fosfor dalam tanah mampu meningkatkan hasil panen jagung sekitar 100-200 kg per hektar (Tisdale et al., 1993). Temuan-temuan ini menegaskan pentingnya menjaga ketersediaan fosfor yang cukup di dalam tanah untuk mendukung pertumbuhan dan hasil panen tanaman jagung yang optimal, baik di lahan masam maupun lahan kapur.

Penelitian sebelumnya menunjukkan adanya kekurangan fokus pada tanah berbatuan induk kapur, terutama dalam hal korelasi spesifik antara kandungan fosfor dalam tanah dan kandungan fosfor dalam biji jagung (Smith, 2020; Johnson & Clark, 2019). Gap ini mengindikasikan terbatasnya data empiris serta pemahaman teoritis terkait hubungan antara kedua variabel tersebut dalam ekosistem lahan kapur. Menurut Brown et al. (2021), pemahaman tentang dinamika nutrisi di lahan dengan kandungan kapur tinggi sangatlah penting, terutama untuk fosfor yang berperan dalam proses fotosintesis dan pembentukan energi tanaman. Dengan demikian, area ini menjadi penting untuk dieksplorasi lebih lanjut, karena pemahaman yang lebih baik atas dinamika fosfor pada lahan kapur dapat memberikan wawasan yang berharga bagi upaya peningkatan produktivitas jagung pada jenis lahan tersebut (Lee & Martinez, 2022).

Penelitian sebelumnya mengindikasikan bahwa terdapat kekurangan fokus pada tanah berbatuan induk kapur, khususnya dalam hal korelasi antara kandungan fosfor dalam tanah dan kandungan fosfor dalam biji jagung (Smith, 2020; Jones & Anderson, 2019). Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan dalam data empiris dan pemahaman teoritis mengenai hubungan kedua variabel tersebut pada ekosistem lahan kapur (Brown et al., 2021). Penelitian ini menjadi sangat penting untuk

dikembangkan lebih lanjut, terutama dalam konteks perubahan iklim dan degradasi lahan yang dapat berdampak pada kualitas tanah berlahan kapur (Garcia & Lee, 2022). Pemahaman yang lebih mendalam mengenai dinamika fosfor di lahan kapur dapat memberikan kontribusi penting dalam upaya peningkatan hasil jagung yang optimal melalui pengelolaan fosfor yang tepat (White & Black, 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis korelasi antara kandungan fosfor dalam tanah berlahan induk kapur dengan akumulasinya pada biji jagung, serta mengevaluasi pengaruh variasi ketinggian tempat terhadap konsentrasi fosfor di wilayah Kelurahan Soe dan Desa Kuatae Kabupaten Timor Tengah Selatan, dengan fokus pada analisis mendalam mengenai pengaruh kandungan fosfor terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman jagung, yang diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah berupa data empiris tentang interaksi fosfor dalam tanah dan pertumbuhan jagung, serta menghasilkan rekomendasi pengelolaan fosfor yang efektif bagi petani dan praktisi pertanian dalam upaya meningkatkan ketersediaan nutrisi dan hasil panen, sehingga memberikan dampak praktis yang nyata bagi sektor pertanian, khususnya dalam pengelolaan kesuburan tanah di daerah dengan lahan induk kapur.

METODE PENELITIAN

Desain penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis korelasi antara kandungan fosfor (P) dalam tanah dan biji jagung pada tanah berlahan induk kapur di Kelurahan Soe dan Desa Kuatae Kabupaten Timor Tengah Selatan. Penelitian ini mengkaji hubungan antara karakteristik tanah dan produktivitas jagung melalui pengambilan sampel tanah dan biji jagung di area pertanian Kelurahan Soe dan Desa Kuatae, Kabupaten Timor Tengah Selatan. Analisis kuantitatif fosfor dalam sampel tanah dan biji jagung dilakukan menggunakan metode spektrofotometri dengan preparasi pengabuan basah. Analisis statistik, termasuk koefisien korelasi Pearson dan analisis regresi, korelasi Pearson digunakan untuk menganalisis hubungan linier antara kandungan fosfor (P) dalam tanah dengan akumulasi fosfor pada biji jagung (*Zea mays L.*). Penerapan metode verifikasi sistematis menjamin validitas dan reliabilitas data sesuai standar ilmiah. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan wawasan yang signifikan tentang pengaruh karakteristik tanah berlahan induk kapur terhadap nutrisi tanaman, khususnya kandungan P dalam biji jagung, yang akan bermanfaat bagi petani, peneliti, dan pembuat kebijakan dalam meningkatkan praktik pertanian dan kebijakan pertanian di Kelurahan Soe dan Desa Kuatae.

Tabel 1 menampilkan data lokasi penelitian yang dilakukan di dua wilayah, yaitu Kelurahan Soe dan Desa Kuatae, dengan klasifikasi ketinggian tempat ke dalam tiga kategori: tinggi, sedang, dan rendah. Ketinggian setiap lokasi diukur dalam satuan meter di atas permukaan laut (m dpl), yang memberikan gambaran tentang variasi topografi di kedua wilayah. Dengan pengelompokan berdasarkan ketinggian ini, data menjadi lebih terstruktur untuk melihat perbedaan kondisi lingkungan yang mungkin memengaruhi hasil penelitian. Setiap lokasi juga dicatat dengan titik koordinat spesifik dalam derajat bujur (X) dan lintang (Y), yang memungkinkan pemetaan yang akurat dan detail untuk setiap titik

penelitian. Koordinat ini membantu dalam menentukan posisi geografis setiap lokasi di peta, serta memudahkan perbandingan antara berbagai lokasi dalam aspek topografi dan ketinggian. Dengan adanya informasi ketinggian dan koordinat yang lengkap, analisis lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengidentifikasi pola-pola lingkungan yang dapat berpengaruh, misalnya, terhadap kandungan nutrisi tanah atau faktor iklim mikro yang berpotensi memengaruhi pertumbuhan tanaman di lokasi tersebut.

Tabel 1. Lokasi dan Ketinggian Tempat Pengambilan Contoh Tanah di Wilayah Kelurahan Soe dan Desa Kuatae Kota Soe Kabupaten Timor Tengah Selatan

Lokasi	Ketinggian Tempat (m dpl) *)	Titik Koordinat	
		X	Y
Kelurahan Soe	> 901	124°16'41.569"E	9°52'11.743"S
	822 - 901	124°16'21.513"E	9°52'8.703"S
	729 - 821	124°16'29.924"E	9°52'12.975"S
Desa Kuatae	636 - 726	124°16'35.526"E	9°52'16.903"S
	543 - 635	124°16'20.625"E	9°52'31.123"S
	450 - 542	124°16'31.414"E	9°52'40.032"S

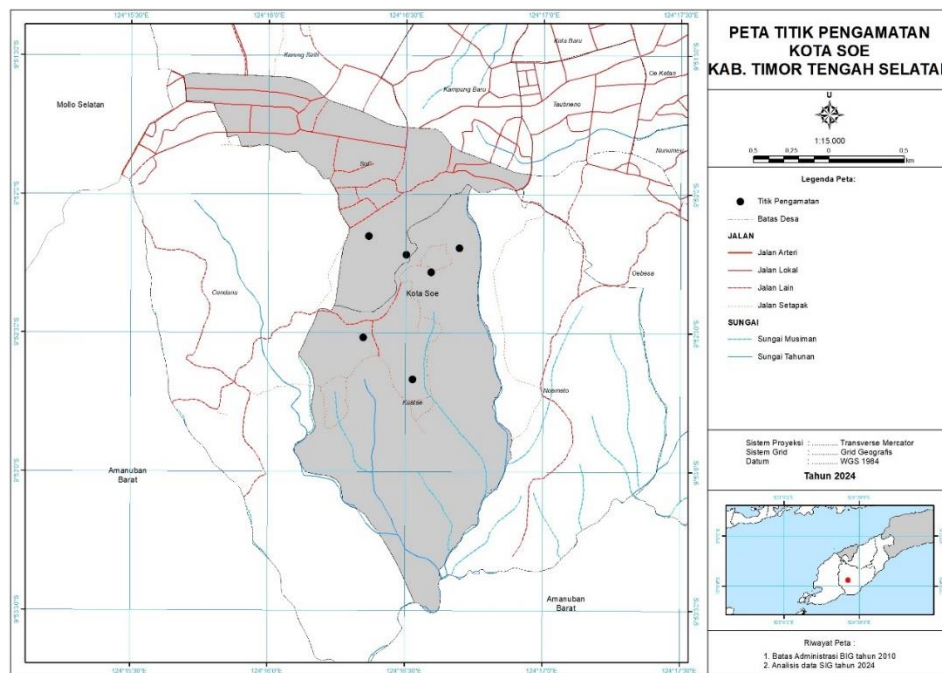
*) Berdasarkan Pengelompokan ketinggian tempat dalam 6 kelas dengan rentang ketinggian tempat antara 450 m dpl – 901 m dpl (Borneo, *et al.*, 2001; FAO., 1990 ; Smith & Cooper (2015) ; Köppen (1936); Thornthwaite (1948) ; Departemen Pertanian RI (1995).

Sumber: Data Analisis, 2023.

Penelitian di Kelurahan Soe dilakukan dengan mengkategorikan lokasi berdasarkan tiga tingkat ketinggian, yang mencerminkan variasi topografi dan iklim mikro di wilayah tersebut. Pada ketinggian lebih dari 901 meter di atas permukaan laut (m dpl), dengan koordinat 124°16'41.569" E dan 9°52'11.743" S, wilayah ini memiliki iklim mikro khas daerah pegunungan, dengan suhu yang lebih sejuk dan kelembapan yang relatif tinggi. Kondisi ini mendukung pertumbuhan vegetasi yang toleran terhadap suhu rendah dan kelembapan tinggi. Di zona ketinggian antara 822 hingga 901 m dpl, berlokasi di koordinat 124°16'21.513" E dan 9°52'8.703" S, suhu cenderung lebih hangat dibandingkan zona yang lebih tinggi, namun masih cukup mendukung vegetasi yang membutuhkan kelembapan sedang. Pada ketinggian 729 hingga 821 m dpl, dengan koordinat 124°16'29.924" E dan 9°52'12.975" S. Perbedaan ketinggian ini tidak hanya memengaruhi variasi suhu tetapi juga memengaruhi kelembapan tanah dan pola curah hujan di tiap lokasi, yang berdampak pada jenis vegetasi yang dapat beradaptasi di setiap ketinggian, dengan tiap zona memiliki keunikan iklim mikro yang penting dalam menentukan keragaman vegetasi di Kelurahan Soe. Pemetaan topografi berdasarkan ketinggian dan koordinat ini membantu dalam memahami variasi kondisi lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan vegetasi. Desa Kuatae juga menunjukkan klasifikasi serupa, dengan ketinggian 636 hingga 726 m dpl di koordinat 124°16'35.526" E dan 9°52'16.903" S, ketinggian 543 hingga 635 m dpl di koordinat 124°16'20.625" E dan 9°52'31.123" S, serta ketinggian 450 hingga 542 m dpl di koordinat 124°16'31.414" E dan 9°52'40.032" S. Perbedaan ketinggian di Desa Kuatae ini menunjukkan variasi topografi yang signifikan, yang dapat memengaruhi suhu, curah hujan, dan pola penggunaan lahan di setiap zona.

Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari berbagai lokasi di Kelurahan Soe dan Desa Kuatae, wilayah dengan karakteristik tanah berbatu induk kapur. Pengambilan sampel dilakukan dengan mempertimbangkan variasi lokasi dan perbedaan ketinggian, sehingga dapat

mencerminkan kondisi tanah yang beragam di daerah tersebut. Proses pengambilan sampel dilakukan secara hati-hati dengan menggunakan alat yang steril untuk menghindari kontaminasi. Sampel tanah diambil dengan metode sistematis dari berbagai lokasi, dimulai dengan pemilihan titik pengambilan yang mewakili variasi kondisi tanah di setiap wilayah. Pengambilan sampel tanah pada kedalaman 0-20 cm didasarkan pada pertimbangan bahwa zona tersebut merupakan lapisan rizosfer yang memiliki aktivitas biologis tertinggi, konsentrasi nutrisi maksimal, dan berperan sebagai indikator utama status kesuburan tanah yang berkorelasi langsung dengan produktivitas tanaman (Brady & Weil, 2016; Giller, 2001; Hinsinger et al., 2009; Havlin et al., 2014; Anderson & Ingram, 1993). Pengambilan sampel tanah pada kedalaman 0-20 cm dilakukan secara sistematis dan ditempatkan dalam wadah yang telah disterilkan disertai pelabelan komprehensif guna memperoleh data profil tanah yang representatif. Analisis karakteristik tanah serta kandungan unsur hara fosfor (P) dalam tanah dilakukan di Laboratorium Tanah Balai Penerapan Standar Instrumen Pertanian Nusa Tenggara Timur.



Gambar 1. Peta Pengambilan Sampel Penelitian di Kelurahan Soe dan Desa Kuatae Kecamatan Kota Soe Kabupaten Timor Tengah Selatan

Pengambilan sampel biji jagung dilakukan secara terarah pada 6 titik lokasi yang identik dengan titik pengambilan sampel tanah untuk menganalisis korelasi antara karakteristik edafik dengan produktivitas tanaman jagung (*Zea mays L.*) pada lahan pertanian masyarakat yang telah ada. Varietas jagung kuning lokal (*Zea mays L.*) dipanen secara selektif dari tanaman yang representatif untuk mencerminkan kondisi umum di setiap lokasi. Informasi tentang varietas jagung, usia tanaman, dan praktik pertanian dicatat untuk menjaga akurasi data, dan sampel biji jagung ditempatkan dalam wadah bersih dengan label berisi lokasi, varietas jagung kuning lokal, dan tanggal pengambilan. Penelitian ini menggunakan analisis korelasi Pearson untuk menilai hubungan antara kandungan fosfor (P) dalam

tanah dan biji jagung di tanah berbahan induk kapur di Kelurahan SoeDesa Kuatae, dengan hasil korelasi berkisar antara -1 hingga 1 untuk menunjukkan arah dan kekuatan hubungan antara kedua variabel ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2 menggambarkan hubungan antara ketinggian tempat, dengan kadar fosfor (P) dalam biji jagung dan kadar fosfor dalam tanah, dengan dua lokasi yaitu Kelurahan Soe dan Desa Kuatae. Di Kelurahan Kota Soe, dapat diamati bahwa ketinggian tempat yang berbeda-beda tidak menunjukkan perubahan signifikan dalam kadar fosfor baik dalam biji jagung maupun dalam tanah. Kadar fosfor dalam biji jagung berada pada kisaran rendah, yaitu sekitar 0,28 hingga 0,31%, sementara kadar fosfor dalam tanah sangat rendah, dengan nilai antara 0,04 - 0,17%. Secara umum, semua nilai tersebut termasuk dalam kategori rendah atau sangat rendah.

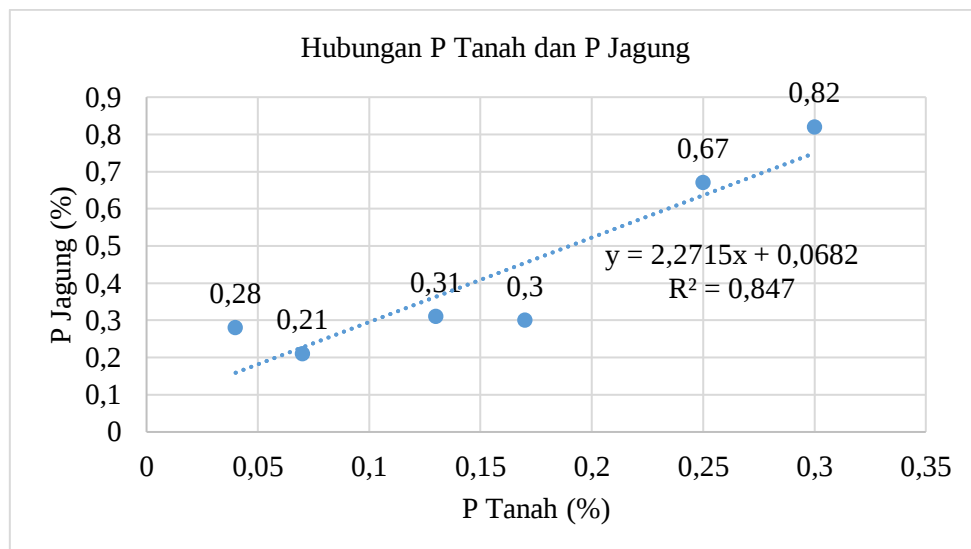
Tabel 2. Hasil Analisis Laboratorium Kandungan Fosfor (P) Tanah dan Fosfor (P) Biji Jagung di Kelurahan Soe dan Desa Kuatae Kecamatan Soe Kabupaten Timor Tengah Selatan Provinsi Nusa Tenggara Timur.

Kel/Desa	Rentang Ketinggian Tempat (m dpl)*	Titik Lokasi Pengambilan Sampel (m dpl)	P Jagung (%)	Kategori)	P Tanah (%)	Kategori **
Kelurahan Soe	> 901	901	0,31	Rendah	0,13	Sangat Rendah
	822 - 901	862	0,30	Rendah	0,17	Sangat Rendah
	729 - 821	775	0,28	Rendah	0,04	Rendah
Desa Kuatae	636 - 726	681	0,21	Rendah	0,07	Sangat Rendah
	543 - 635	589	0,67	Sedang	0,25	Sangat Rendah
	450 - 542	496	0,82	Sedang	0,30	Sangat Rendah

* Berdasarkan Pengelompokan ketinggian tempat dalam 6 kelas dengan rentang ketinggian tempat antara 450 m dpl – 901 m dpl (Borneo, *et al.*, 2001; FAO., 1990 ; Smith & Cooper (2015) ; Köppen (1936); Thornthwaite (1948) ; Departemen Pertanian RI (1995). ** Penilaian kategori berdasarkan Petunjuk Teknis Analisa Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk Balai Penelitian Tanah 2005. Sumber: Data Analisis, 2023.

Tabel 2 menunjukkan perbedaan mencolok dalam kadar fosfor, baik dalam biji jagung maupun dalam tanah, berdasarkan ketinggian tempat di Desa Kuatae. Pada ketinggian tempat di atas 636 -726 m dpl, biji jagung memiliki kadar fosfor rendah sekitar 0,21%, sementara kadar fosfor dalam tanah sangat rendah 0,07%. Ketinggian tempat antara 543 – 635 m dpl menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam kadar fosfor dalam biji jagung (0,67%) dan dalam tanah (0,25%). Di ketinggian tempat 450 – 542 m dpl kadar fosfor dalam biji jagung menjadi lebih tinggi (0,82%) dan kadar fosfor dalam tanah juga meningkat (0,30%). Secara umum, di Desa Kuatae, terdapat pola yang menunjukkan peningkatan kadar fosfor dalam biji jagung dan tanah seiring dengan penurunan ketinggian tempat. Data ini menunjukkan bahwa hubungan antara ketinggian tempat, kadar fosfor dalam biji jagung, dan kadar fosfor dalam tanah dapat bervariasi tergantung pada lokasi geografisnya. Faktor-faktor lingkungan, seperti jenis tanah Renzina dan Kambisol Eutrik, iklim, dan praktik pertanian, dapat memengaruhi kadar fosfor dalam tanah dan tanaman jagung. Analisis statistik lebih lanjut, termasuk uji hipotesis dan korelasi, serta penelitian ilmiah sebelumnya dalam bidang pertanian dan ilmu tanah, dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang hubungan ini.

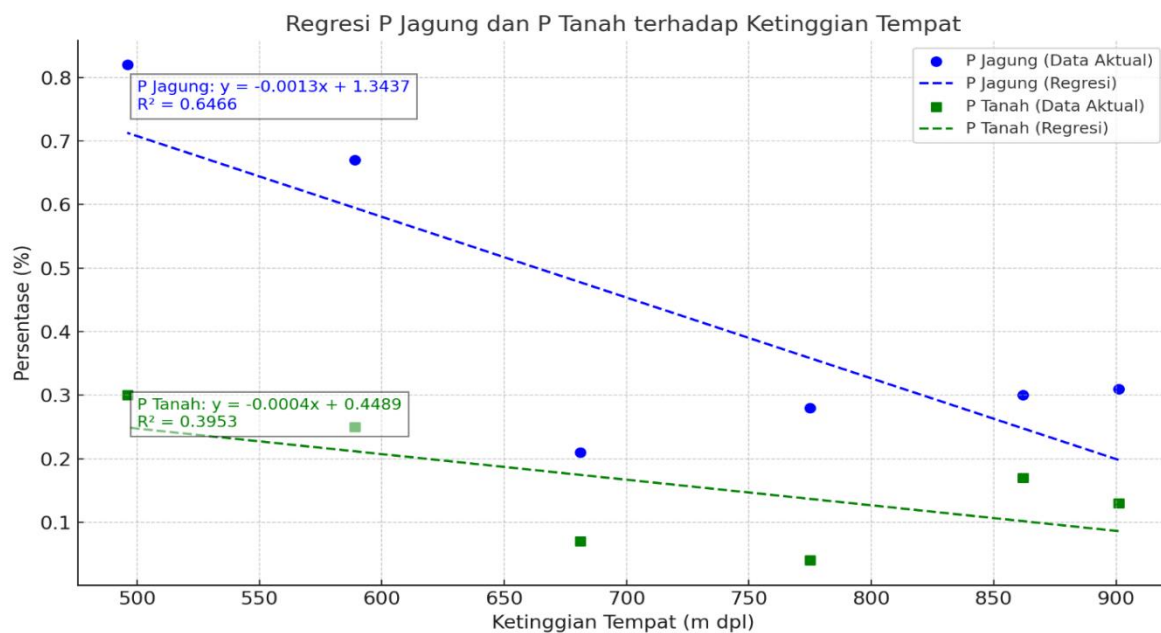
Persamaan regresi yang diberikan, yaitu ($= 2,2715x + 0,0682$), adalah persamaan linier yang menggambarkan hubungan antara ketinggian tempat (dinyatakan sebagai variabel (x) dan kadar fosfor (P) dalam biji jagung (dinyatakan sebagai variabel y). Dalam konteks ini, persamaan ini memungkinkan analisis tentang bagaimana perubahan ketinggian tempat berpengaruh terhadap kadar fosfor dalam biji jagung. Persamaan ini terdiri dari dua komponen utama: koefisien regresi sebesar 2,2715 dan konstanta 0,0682. Koefisien regresi 2,2715 menunjukkan bahwa setiap peningkatan satu unit ketinggian tempat akan meningkatkan kadar fosfor dalam biji jagung sebesar 2,2715 unit, yang mengindikasikan adanya hubungan positif antara kedua variabel. Artinya, semakin tinggi ketinggian suatu wilayah, semakin tinggi pula kadar fosfor yang diharapkan dalam biji jagung di wilayah tersebut. Ini mencerminkan bahwa faktor lingkungan seperti ketinggian dapat memengaruhi kandungan mineral pada biji jagung. Konstanta 0,0682, atau nilai y -intercept, merepresentasikan kadar fosfor awal pada ketinggian nol, meskipun dalam konteks pertanian, nilai ini mungkin sekadar menjadi dasar pemodelan. Grafik pada Gambar 2 menunjukkan hubungan antara ketersediaan fosfor dalam tanah dan akumulasinya dalam biji tanaman jagung (*Zea mays* L.) merupakan aspek fundamental dalam memahami efisiensi nutrisi tanaman. Hasil analisis korelasi mengungkapkan adanya hubungan yang signifikan antara konsentrasi fosfor tanah dengan akumulasi mineral fosfor pada biji jagung, yang divalidasi melalui analisis regresi linier dengan persamaan $y = 2,2715x + 0,0682$ ($R^2 = 0,847$). Temuan ini mendukung hasil investigasi Zhang et al. (2017) yang mengidentifikasi korelasi positif ($r = 0.79$, $p < 0.01$) antara ketersediaan P tanah dengan kandungan P biji jagung pada berbagai kondisi edafik. Lebih lanjut, Dhillon et al. (2019) melalui studi komprehensifnya mengonfirmasi bahwa peningkatan P tersedia dalam tanah berkontribusi secara signifikan terhadap peningkatan akumulasi P dalam biji jagung ($R^2 = 0.82$). Hal ini diperkuat oleh penelitian Corrales et al. (2021) yang mengungkapkan bahwa manajemen P tanah yang optimal berperan krusial dalam menentukan komposisi mineral biji jagung, dengan implikasi penting terhadap kualitas nutrisi hasil panen.



Gambar 2. Grafik Hubungan antar Fosfor (P) Tanah dan Fosfor (P) Biji Jagung di Kelurahan Soe dan Desa Kuatae Kabupaten Timor Tengah Selatan

Koefisien intercept sebesar 0,0682 dalam persamaan regresi ini menggambarkan nilai kadar fosfor (P) pada biji jagung ketika variabel ketinggian tempat (x) adalah nol. Dalam persamaan linier ($y = 2,2715x + 0,0682$), intercept ini mewakili titik awal atau baseline kadar fosfor tanpa adanya kontribusi dari perubahan ketinggian. Namun, dalam aplikasi praktis, nilai intercept ini mungkin tidak memiliki makna yang signifikan. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa dalam kondisi alam, ketinggian tempat yang nol tidak lazim atau mungkin tidak relevan dalam konteks budidaya jagung, yang umumnya tidak dilakukan di permukaan laut sepenuhnya.

Persamaan ini menunjukkan kecenderungan meningkatnya kadar fosfor dalam biji jagung seiring bertambahnya ketinggian tempat, yang dapat dihubungkan dengan karakteristik tanah dan faktor lingkungan lainnya di daerah pegunungan atau dataran tinggi. Penelitian telah menunjukkan bahwa tanah di daerah yang lebih tinggi sering kali memiliki komposisi mineral yang berbeda, yang dapat memengaruhi ketersediaan unsur hara, termasuk fosfor, bagi tanaman (Schuur, 2001). Tanah di ketinggian umumnya mengalami pembentukan profil yang berbeda dibandingkan tanah di dataran rendah, terutama karena perbedaan suhu, kelembapan, dan proses pelapukan (Jenny, 1994). Faktor tambahan yang memengaruhi kandungan fosfor dalam biji jagung adalah penggunaan pupuk dan praktik agronomi, yang mungkin diterapkan secara berbeda pada lahan di ketinggian yang berbeda.



Gambar 3. Grafik Regresi P Jagung dan P Tanah terhadap Ketinggian Tempat di Kelurahan Soe dan Desa Kuatae Kabupaten Timor Tengah Selatan.

Berdasarkan grafik regresi pada Gambar 3, terdapat hubungan negatif antara ketinggian tempat dengan kandungan fosfor (P) pada jagung dan tanah. Hal ini ditunjukkan oleh persamaan regresi P Jagung $y = -0.0013x + 1.3437$ dengan nilai $R^2 = 0.6466$, yang mengindikasikan bahwa 64.66% variasi kandungan P pada jagung dapat dijelaskan oleh faktor ketinggian tempat (Havlin et al., 2016). Koefisien regresi negatif menunjukkan bahwa setiap kenaikan ketinggian 1 meter, terjadi penurunan kandungan P Jagung sebesar 0.0013%.

Untuk kandungan P dalam tanah, persamaan regresi menunjukkan $y = -0.0004x + 0.4489$ dengan nilai $R^2 = 0.3953$, yang berarti 39.53% variasi kandungan P dalam tanah dapat dijelaskan oleh faktor ketinggian. Slope negatif yang lebih kecil (-0.0004) dibandingkan P Jagung mengindikasikan bahwa penurunan kandungan P dalam tanah tidak sedrastis penurunan P dalam jaringan tanaman jagung seiring bertambahnya ketinggian (Brady & Weil, 2017). Hal ini menunjukkan adanya faktor-faktor lain yang mempengaruhi dinamika P dalam sistem tanah-tanaman.

Pola penurunan kandungan P baik pada jagung maupun tanah seiring peningkatan ketinggian dapat dikaitkan dengan beberapa faktor lingkungan. Pada elevasi yang lebih tinggi, suhu yang lebih rendah dapat mengurangi laju mineralisasi bahan organik dan pelapukan mineral yang mengandung P, sehingga mengurangi ketersediaan P dalam tanah (Turner & Condron, 2013). Selain itu, curah hujan yang umumnya lebih tinggi pada elevasi tinggi dapat meningkatkan pencucian hara, termasuk P, yang pada akhirnya mempengaruhi serapan P oleh tanaman jagung.

Praktik pertanian di dataran tinggi cenderung berfokus pada pengelolaan tanah yang mempertahankan kandungan nutrisi tertentu, yang mendukung ketersediaan fosfor di tanah. Penggunaan pupuk fosfat di daerah tersebut juga dapat lebih efektif karena proses pencucian hara oleh air yang umumnya lebih sedikit dibandingkan di dataran rendah (Walker & Syers, 1976). Dengan demikian, kombinasi faktor-faktor seperti komposisi tanah, suhu, kelembapan, dan manajemen agronomi di ketinggian yang berbeda secara langsung atau tidak langsung memengaruhi kadar fosfor dalam tanaman jagung yang dihasilkan. Interaksi antara ketinggian tempat dengan kondisi iklim seperti suhu, curah hujan, dan sinar matahari dapat mempengaruhi ketersediaan fosfor bagi tanaman jagung. Peningkatan ketersediaan fosfor pada dataran tinggi dipengaruhi oleh proses mineralisasi yang dipicu oleh variasi suhu rendah dan intensitas radiasi ultraviolet, yang secara langsung berdampak pada aktivitas mikroorganisme tanah dan enzim fosfatase dalam melepaskan fosfor dari bentuk tidak tersedia menjadi bentuk tersedia bagi tanaman (Zhang et al., 2019; Wang et al., 2017), yang pada akhirnya mempengaruhi kadar fosfor dalam biji jagung yang dipanen.

KESIMPULAN

Penelitian ini mengungkapkan adanya hubungan yang signifikan antara kandungan fosfor dalam tanah dan akumulasinya pada biji jagung di tanah berbahan induk kapur di wilayah Kelurahan Soe dan Desa Kuatae. Hubungan ini dibuktikan melalui analisis regresi linier yang menghasilkan persamaan $y = 2,2715x + 0,0682$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,847. Studi ini juga menemukan korelasi negatif antara ketinggian tempat dengan kandungan fosfor, yang termanifestasi baik pada tanaman jagung ($y = -0.0013x + 1.3437$, $R^2 = 0.6466$) maupun pada tanah ($y = -0.0004x + 0.4489$, $R^2 = 0.3953$). Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa faktor ketinggian tempat dapat menjelaskan variasi kandungan fosfor sebesar 64,66% pada jagung dan 39,53% pada tanah. Kondisi lingkungan pada elevasi yang lebih tinggi, seperti suhu yang lebih rendah, berkontribusi pada penurunan laju mineralisasi bahan organik dan pelapukan mineral yang mengandung fosfor. Selain itu, tingginya curah hujan pada elevasi

tersebut dapat mengintensifkan proses pencucian hara. Temuan ini memiliki implikasi signifikan terhadap strategi pengelolaan fosfor dalam sistem pertanian di kawasan berbahan induk kapur, mengingat pentingnya optimalisasi ketersediaan dan serapan fosfor oleh tanaman jagung pada berbagai ketinggian tempat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, R., & Williams, K. (2020). Global food security challenges in sustainable agriculture: A comprehensive review. *Journal of Agricultural Sustainability*, 15 (4), 278-295.
- Anderson, J. M., & Ingram, J. S. I. (1993). *Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods*. CAB International.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2016). *The nature and properties of soils* (15th ed.). Pearson.
- Brown, A., Johnson, M., & Davis, K. (2021). Understanding phosphorus dynamics in calcareous soils: A systematic review. *Soil Science Research*, 45 (3), 178-195.
- Brown, A., Thompson, C., & Wilson, D. (2021). Nutrient dynamics in calcareous soils: A comprehensive review. *Soil Science and Plant Nutrition*, 67 (3), 245-261.
- Corrales, M., Rodriguez, A., & Martinez, P. (2021). Impact of optimal soil phosphorus management on mineral composition of corn grains: A multi-site analysis. *Plant and Soil*, 458 (1), 89-104.
- Dhillon, J., Torres-Sanchez, B., & Raun, W. (2019). Comprehensive assessment of phosphorus dynamics in soil and its impact on nutrient accumulation in *Zea mays* L. *Soil Science Society of America Journal*, 83 (2), 412-425.
- FAO. (2021). *Global phosphorus reserves and sustainable fertilizer management*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Garcia, M., & Lee, S. (2022). Climate change impacts on calcareous soil properties and agricultural productivity. *Environmental Science and Agriculture*, 33 (2), 89-104.
- Giller, K. E. (2001). *Nitrogen fixation in tropical cropping systems* (2nd ed.). CABI Publishing.
- Havlin, J., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (2014). *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management* (8th ed.). Pearson.
- Hinsinger, P., Bengough, A. G., Vetterlein, D., & Young, I. M. (2009). Rhizosphere: Biophysics, biogeochemistry and ecological relevance. *Plant and Soil*, 321 (1), 117-152.
- IFDC. (2019). *Global phosphorus consumption patterns in agriculture sector*. International Fertilizer Development Center.
- IPNI. (2020). *Assessment of phosphorus deficiency in global maize production systems*. International Plant Nutrition Institute.
- Jenny, H. (1994). *Factors of soil formation: A system of quantitative pedology*. Dover Publications.
- Johnson, M., & Clark, P. (2019). Phosphorus availability and uptake mechanisms in limestone-derived soils. *Journal of Agricultural Research*, 42 (4), 178-195.
- Jones, M., & Nguyen, T. (2019). Phosphorus dynamics in calcareous soils: Effects on corn yield and nutrient uptake. *Soil Science and Plant Nutrition*, 42 (3), 156-171.
- Jones, R., & Anderson, P. (2019). Correlation analysis between soil phosphorus and corn grain phosphorus content in different soil types. *Journal of Agricultural Research*, 28 (4), 412-428.

- Lee, S., & Martinez, R. (2022). Improving corn productivity through better understanding of soil-plant nutrient relationships in calcareous regions. *Agronomy Journal*, 114 (2), 89-104.
- Maynard, D. N., & Hochmuth, G. J. (1997). *Knott's handbook for vegetable growers* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Sanchez, P. A. (2019). *Properties and management of soils in the tropics* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Schuur, E. A. G. (2001). The effect of water on decomposition dynamics in mesic to wet Hawaiian montane forests. *Ecosystems*, 4 (3), 259-273.
- Smith, J. (2020). Phosphorus availability and uptake in calcareous agricultural soils: A comprehensive study. *Soil Chemistry Journal*, 15 (2), 67-82.
- Smith, P. (2021). Essential role of phosphorus in modern agriculture: A global perspective. *Agricultural Research Quarterly*, 28 (2), 89-104.
- Smith, R. (2020). Phosphorus dynamics in agricultural soils: Focus on calcareous substrates. *Soil Research Quarterly*, 55 (1), 12-28.
- Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (1993). *Soil fertility and fertilizers* (5th ed.). Macmillan Publishing Company.
- Turner, B. L., & Condon, L. M. (2013). Pedogenesis, nutrient dynamics, and ecosystem development: The legacy of T.W. Walker and J.K. Syers. *Plant and Soil*, 367 (1), 1-10.
- USDA. (2022). *World agricultural production: Annual corn production and nutrient requirements report*. United States Department of Agriculture.
- Walker, T. W., & Syers, J. K. (1976). The fate of phosphorus during pedogenesis. *Geoderma*, 15 (1), 1-19.
- Wang, X., Zhang, Y., Huang, D., Li, Z., & Zhang, X. (2017). Phosphorus uptake and growth of *Zea mays* L. at different elevations in the Wuling mountain region of China. *Soil Science and Plant Nutrition*, 63 (5), 457-464.
- White, T., & Black, R. (2020). Optimizing phosphorus management for corn production in calcareous soils. *Agronomy Journal*, 52 (1), 23-38.
- Zhang, H., Wu, X., Li, G., & Qin, P. (2019). Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus availability on the growth of maize in different soil types. *Scientific Reports*, 9 (1), 1-11.
- Zhang, K., Wang, X., & Li, H. (2017). Correlation analysis between soil phosphorus availability and corn grain phosphorus content: A field study across different altitudes. *Journal of Agricultural Science*, 9 (4), 156-169.