

## Analisis Kesuburan Sifat Fisik dan Kimia Tanah Di Bawah Tegakan Kelapa Sawit Pada Lahan Datar dan Miring

Ahmad Farhansyah Batubara<sup>\*</sup>), Dian Pratama Putra,  
Hanger Gahara Mawandha

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, INSTIPER Yogyakarta

<sup>\*</sup>Email Korespondensi: [farhansyahahmad46@gmail.com](mailto:farhansyahahmad46@gmail.com)

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kesuburan sifat fisik dan kimia tanah di bawah tegakan kelapa sawit pada lahan datar dan miring serta mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi perbedaan kesuburan sifat fisik dan kimia tanah pada lahan datar dan miring. Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2025 hingga Januari 2026 di PT Karyamas Plantation, Bukit Semirah Estate, Kecamatan Empanang, Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat, dengan analisis tanah yang dilakukan di Laboratorium Institut Pertanian STIPER Yogyakarta. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif untuk mendapatkan data primer berupa sifat fisik dan kimia tanah serta data sekunder berupa data produksi. Pengambilan sampel menggunakan metode *stratified random sampling* untuk menentukan titik sampel tanah dengan total sampel sebanyak 45 sampel tanah terusik dan 45 sampel tanah tidak terusik. Data dianalisis menggunakan ANOVA taraf 5% yang dilanjutkan dengan uji DMRT taraf 5% apabila terdapat perbedaan nyata dan regresi korelasi untuk mengukur kekuatan arah hubungan antara dua variabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kelas II (8–16%) memiliki porositas tertinggi (40,90%), sementara Kelas I (0–8%) menunjukkan akumulasi nutrisi N dan P tertinggi serta nilai EC tertinggi. EC memiliki korelasi yang kuat dan positif dengan N, P, dan K ( $r = 0,90-0,99$ ) serta korelasi positif dengan produktivitas ( $r = 0,85-0,89$ ). Perbedaan topografi diduga memengaruhi kesuburan tanah, tetapi tidak selalu memiliki dampak signifikan pada produksi tahunan.

**Kata Kunci:** Kelapa Sawit, Kesuburan Tanah, Produktivitas, Topografi

### PENDAHULUAN

Tanah adalah sumber daya alam yang sangat penting untuk kelangsungan makhluk hidup yang dapat menyebabkan terganggunya ekosistem di sekitarnya jika tanah tersebut memiliki kualitas yang buruk. Kualitas tanah ditentukan oleh kemampuan suatu tanah untuk berfungsi dengan baik dalam batasan ekosistemnya serta dapat berinteraksi dengan lingkungan luarnya dengan baik (Batu *et al.*, 2019). Secara umum, kesuburan tanah dapat diartikan sebagai kemampuan tanah untuk menyediakan nutrisi dalam jumlah yang memadai dan dalam bentuk yang dapat tersedia. Bentuk nutrisi yang dapat tersedia adalah dalam bentuk ion yang dapat diserap oleh tanaman yang sedang tumbuh (Handayanto *et al.*, 2017).

Tanah memiliki berbagai karakteristik, yang meliputi aspek fisik, kimia, dan biologi. Peningkatan hasil produksi tanaman kelapa sawit bisa dicapai dengan meningkatkan teknologi budidaya, salah satunya adalah dengan memperbaiki sifat kimia tanah. Tanah dengan sifat kimia yang baik berarti mampu menyediakan unsur hara dalam jumlah yang cukup dan dalam kondisi yang siap diserap oleh akar tanamannya (Harahap *et al.*, 2023). Suatu lahan dianggap baik jika memiliki karakteristik fisik yang baik pula, hal ini berkaitan

dengan faktor yang menentukan kualitas lingkungan yang baik. Sifat fisik tanah biasanya mengalami perubahan seiring dengan aktivitas pengelolaan lahan. Karakteristik fisik ini digunakan untuk mempertimbangkan dan menentukan suatu lahan pertanian. Sifat fisik tanah berpengaruh pada ketersediaan air, udara, serta unsur hara tanaman, sehingga karakteristik fisik tanah sangat berpengaruh terhadap produktivitas tanaman secara optimal (Megayanti *et al.*, 2022).

Kesuburan tanah merupakan salah satu elemen fundamental dalam pengembangan kebun kelapa sawit. Pengetahuan tentang sifat-sifat tanah di dalam kebun kelapa sawit sangat penting sebagai landasan untuk menetapkan langkah-langkah kultur teknis yang perlu diambil guna memastikan kelangsungan produktivitas lahan (Darlita *et al.*, 2017). Kesuburan tanah tidak hanya dipengaruhi oleh karakteristik sifat-sifat tanah, tetapi juga oleh kemiringan lereng. Semakin curam lereng tersebut, maka semakin besar pula kehilangan lapisan *top soil* pada tanah (Rani *et al.*, 2022).

Pada topografi tanah yang datar, pertumbuhan serta produktivitas kelapa sawit biasanya lebih unggul dibandingkan dengan di area berbukit. Di lahan yang datar, masalah terjadinya erosi pada lahan sangat minim, sehingga hal tersebut dapat mencegah hilangnya pupuk atau nutrisi akibat erosi. Namun, risiko kehilangan pupuk akibat hujan masih dapat terjadi yang menyebabkan berkurangnya unsur hara yang ada di dalam tanah (Hadi, 2004). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana kesuburan tanah di bawah tegakan kelapa sawit pada lahan datar dan miring dengan beberapa klasifikasi kemiringan lahan. Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi bermanfaat tentang manajemen tanah perkebunan kelapa sawit.

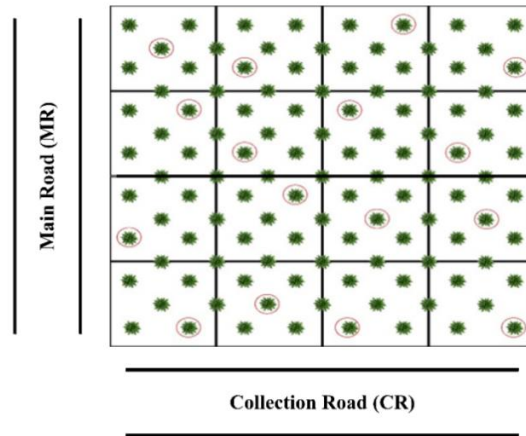
## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2025 sampai Januari 2026, dengan tempat pengambilan sampel tanah di PT Karyamas, dan analisis tanah dilakukan di laboratorium Instiper Yogyakarta. Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu klinometer, cangkul, bor tanah, plastik *ziplock*, alat tulis, buku, alat dokumentasi serta laptop dengan aplikasi SPSS untuk pengolahan data. Bahan yang digunakan yaitu 90 sampel tanah yang terdiri dari 45 sampel tanah terusik dan 45 sampel tanah tidak terusik, yang dibagi masing-masing 15 sampel berdasarkan 3 kelas topografi lahan menurut kelas topografi perusahaan PT Karyamas dengan masing-masing kelas topografi berjumlah 30 sampel tanah.

Tabel 1. Kelas topografi lahan

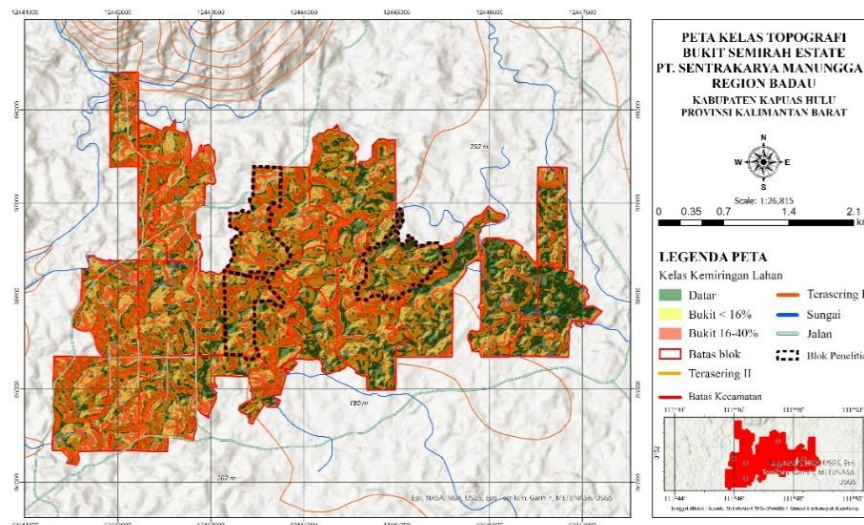
Kelas	Topografi lahan	Keterangan
1	0-8%	Datar
2	< 16%	Bukit
3	16-40%	Bukit

Setiap topografi lahan berjumlah 30 sampel tanah yang terdiri dari 15 sampel untuk analisis sifat fisik tanah dan 15 sampel untuk analisis sifat kimia tanah, sehingga total sampel tanah pada 3 topografi lahan sebanyak 90 sampel.



Gambar 1. Penentuan titik sampel

Titik pengambilan sampel ditentukan dengan metode *stratified random sampling* seperti pada (Gambar 1). Sampel diambil secara terstrata dengan menggunakan teknik mata lima untuk menentukan setiap stratum, kemudian titik sampel pada masing-masing stratum ditentukan secara *random sampling*. Parameter sifat fisik meliputi struktur tanah, porositas, dan permeabilitas yang dianalisis di Laboratorium Tanah Instiper Yogyakarta. Parameter sifat kimia meliputi pH, N, P, K, dan *electrical conductivity* (EC) yang dianalisis menggunakan Soil Sensor. Data produksi diperoleh untuk melengkapi dan memperkuat data utama yang diperoleh. Kemudian setiap parameter dianalisis menggunakan Anova pada taraf 5% serta regresi dan korelasi untuk melihat hubungan antarparameter.



Gambar 2. Peta Kelas Topografi

Dalam penelitian ini, untuk mengetahui kelerengan pada lokasi penelitian digunakan data DEMNAS (Ina Geoportal RI), ESRI USGS dan SHP provinsi Kalimantan Barat. DEM (*Digital Elevation Model*) nasional yang merupakan data format raster yang memiliki nilai ketinggian. Kelas kemiringan lereng/topografi digunakan sesuai dengan klasifikasi kelas topografi pada lokasi penelitian, tepatnya di PT Sentrakarya Manunggal, Bukit Semirah Estate, Divisi 2, Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat. Kelas Topografi terbagi menjadi 3 kelas, yaitu Kelas I (Datar), Kelas II (Bukit < 16%), dan Kelas III (Bukit 16-40%).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Pengaruh kelas topografi terhadap tipe struktur tanah

No. Sampel	Kelas Topografi (%)		
	Kelas I (Datar)	Kelas II (Bukit < 16%)	Kelas III (Bukit 16-40%)
1	Gumpal Menyudut	Gumpal Menyudut	Granular
2	Gumpal Menyudut	Gumpal Menyudut	Gumpal Menyudut
3	Granular	Gumpal Menyudut	Gumpal Menyudut
4	Gumpal Menyudut	Granular	Granular
5	Granular	Granular	Gumpal Menyudut
6	Gumpal Menyudut	Gumpal Menyudut	Granular
7	Granular	Granular	Granular
8	Gumpal Menyudut	Granular	Gumpal Menyudut
9	Gumpal Menyudut	Granular	Gumpal Menyudut
10	Gumpal Menyudut	Granular	Gumpal Menyudut
11	Gumpal Menyudut	Granular	Gumpal Menyudut
12	Granular	Gumpal Menyudut	Granular
13	Gumpal Menyudut	Granular	Gumpal Menyudut
14	Granular	Granular	Gumpal Menyudut
15	Gumpal Menyudut	Gumpal Menyudut	Granular

Hasil pengamatan yang dilakukan secara makroskopis menunjukkan bahwa pengelompokan kelas topografi memengaruhi variasi jenis struktur tanah di perkebunan kelapa sawit. Pada kelas I (Datar), struktur tanah didominasi oleh jenis gumpal menyudut. Kelas II (Bukit < 16%), struktur tanah lebih dominan granular menunjukkan ruang pori yang lebih baik untuk aerasi dan drainase akar tanaman. Sementara itu, kelas III (Bukit 16-40%) jenis struktur didominasi oleh gumpalan menyudut. Proporsi tinggi struktur granular pada Kelas II berbanding lurus dengan hasil analisis porositas tanah pada kelas tersebut yang mencapai nilai tertinggi sebesar 40,90% (Tabel 3). Dominasi struktur granular pada kelas II menciptakan kondisi fisik tanah yang lebih optimal untuk ketersediaan air dan udara dibandingkan dengan tanah datar atau lereng yang lebih curam.

Tabel 3. Pengaruh kelas topografi terhadap sifat fisik dan kimia tanah

Parameter	Kelas Topografi (%)		
	Kelas I (Datar)	Kelas II (Bukit < 16%)	Kelas III (Bukit 16-40%)
Porositas (%)	24,97 ± 13,16 b	40,90 ± 9,43 a	29,69 ± 9,05 b
Permeabilitas (cm/jam)	80,05 ± 22,39 a	98,91 ± 35,28 a	83,09 ± 33,37 a
pH tanah	6,02 ± 0,32 b	6,41 ± 0,30 a	5,96 ± 0,52 b
N (ppm)	26,80 ± 14,62 a	14,00 ± 12,64 b	16,86 ± 12,01 ab
P (ppm)	108,60 ± 33,88 a	76,60 ± 32,80 b	85,60 ± 27,47 ab
K (ppm)	94,86 ± 36,21 a	69,13 ± 33,07 a	77,06 ± 29,33 a
EC (µS/cm)	313,93 ± 69,49 a	248,00 ± 67,06 b	267,20 ± 57,50 ab

Keterangan : Angka rerata yang diikuti huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT pada jenjang nyata 5% dan diikuti oleh ± standar deviasi

Hasil analisis menunjukkan bahwa Kelas II (Bukit < 16%) memiliki nilai rerata porositas tertinggi (40,90%) yang memiliki harkat sedang berdasarkan (Fatimah, 2023). Hal ini berkaitan dengan dominasi struktur tanah granular pada kelas lereng tersebut. Tanah yang memiliki

struktur padat (pejal) memiliki porositas yang lebih rendah daripada tanah dengan struktur granular atau remah. Lapisan tanah memiliki struktur yang remah. Tekstur dan struktur tanah memengaruhi porositas. Berdasarkan USDA, nilai porositas tergantung pada tekstur dari berbagai kelas (Bakri *et al.*, 2022). Pada topografi yang sangat miring (Kelas III), erosi permukaan yang lebih intensif mengangkut partikel tanah halus dan bahan organik yang mengganggu pembentukan struktur granular dan menurunkan nilai porositasnya. Pada topografi datar (Kelas I), intensitas kegiatan mekanisasi atau lintasan alat berat saat panen dan pemeliharaan seperti pemupukan cenderung lebih tinggi, yang berisiko menyebabkan kompaksi (pemadatan) tanah, sehingga porositasnya lebih rendah dibandingkan dengan lahan bukit. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Darmawati *et al.*, (2019) yang mengatakan bahwa penurunan porositas disebabkan oleh adanya tekanan dari roda ban *combine harvester*. Tekanan pada tanah ini akan menimbulkan penyempitan ruang pori tanah sehingga menurunkan nilai porositas.

Permeabilitas adalah parameter fisik tanah yang menunjukkan kemampuan tanah untuk memungkinkan air melewati ruang pori-porinya. Tingkat permeabilitas tanah dipengaruhi oleh banyak faktor, terutama struktur, tekstur, stabilitas agregat, porositas, distribusi ukuran pori, kontinuitas pori, dan kandungan bahan organik (Mulyono *et al.*, 2019). Berdasarkan hasil penelitian yang disajikan pada (Tabel 4), nilai rerata permeabilitas di seluruh lokasi penelitian (Kelas I, II, dan III) berkisar antara 80,05 cm/jam hingga 98,91 cm/jam yang memiliki harkat sangat cepat berdasarkan (Fatimah, 2023). Pada hasil penelitian, rerata permeabilitas tertinggi terjadi pada Kelas II (Bukit < 16%), sementara rerata terendah terjadi pada topografi Kelas I (Datar). Salah satu faktor yang memengaruhi laju permeabilitas tanah adalah kemiringan lereng. Pada kemiringan yang curam, air bergerak secara vertikal dan horizontal, tetapi pada kemiringan yang agak datar, pergerakan air lebih banyak bergerak secara vertikal, yang memungkinkan air lebih banyak meresap ke dalam tanah. Nilai aliran permukaan lebih besar ketika lereng lebih curam, dan sebaliknya, ketika lereng lebih datar, nilai aliran permukaannya lebih rendah (Kalembiro *et al.*, 2018).

Nilai pH yang lebih rendah pada lahan datar (Kelas I) diduga disebabkan oleh akumulasi asam-asam organik dari dekomposisi pelepah. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Alfiah *et al.*, (2020), yang menunjukkan bahwa pH topografi datar lebih rendah daripada topografi curam. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa tutupan tanah lebih rapat pada lahan datar, yang meningkatkan pengaruh bahan organik terhadap keasaman tanah. Selain itu, proses pencucian biasanya lebih intensif terjadi pada lahan yang lebih datar yang menyebabkan banyak kation basa tercuci. Akibatnya, kation asam terakumulasi lebih banyak, sehingga dapat menyebabkan pH tanah menjadi lebih masam (Rahman *et al.*, 2018). Menurut Suleman *et al.*, (2025). Karena drainase yang kurang baik pada lahan datar, tanah sering mengalami kondisi reduktif (*anaerob*) yang dapat menyebabkan ferit dan mangan menjadi lebih larut (toksik) yang menurunkan pH tanah. Di sisi lain, topografi Kelas III (Bukit 16–40%) memiliki kecenderungan pencucian basa-basa yang lebih besar. Hal ini sesuai pernyataan dari (Pebriani *et al.*, 2020). Air mengalir dari tempat yang lebih tinggi menuju tempat yang lebih rendah karena kelerengan yang lebih tinggi dan hujan, membawa basa-basa organik ke dalam tanah. Kation basa yang tercuci semakin intensif menyebabkan tanah pada kelerengan yang curam memiliki sifat asam yang lebih tinggi daripada pada kelerengan yang lebih rendah.

Nilai rerata pada parameter hara makro, Nitrogen (N) dan Fosfor (P) yang tersedia menunjukkan pola distribusi yang serupa, dengan kandungan tertinggi di Kelas I (Datar), dengan perbedaan yang nyata secara statistik menurut uji DMRT. Tingginya kadar hara pada lahan datar ini merupakan indikasi terjadinya akumulasi pupuk dan bahan organik yang minim

risiko pencucian permukaan (*runoff*). Bahan organik dari sisa-sisa tanaman adalah sumber N utama. Jumlah bahan organik di dalam tanah dipengaruhi oleh akumulasi bahan organik di lapisan atas. Jumlah bahan organik yang rendah juga memengaruhi rendahnya nitrogen di dalam tanah (Linus *et al.*, 2025)

Akan tetapi, parameter hara pada Kelas III (Bukit 16-40%) justru lebih tinggi dibandingkan dengan Kelas II (Bukit < 16%). Hal ini dapat terjadi akibat pola konservasi tanah di perkebunan kelapa sawit. Lahan dengan kelerengan curam (Kelas III) biasanya dikelola dengan teknik konservasi tanah yang lebih ketat, seperti pembuatan tapak kuda (terasering) atau penumpukan pelepah yang lebih rapat di gawangan mati. Hal ini menyebabkan akumulasi bahan organik dan hara dari pupuk terjebak lebih baik di area tersebut dibandingkan dengan Kelas II yang mungkin lebih terbuka. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Desrihastuti *et al.*, (2023) yang mengatakan bahwa resiko erosi di lahan curam dapat dikurangi dengan konservasi lahan yang baik. Sebaliknya, hasil uji Anova menunjukkan bahwa kelas topografi memengaruhi parameter kalium (K) yang tersedia secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun ada variasi dalam kelerengan, ketersediaan kalium di lokasi penelitian tampaknya seragam. Hal ini dapat disebabkan oleh manajemen pemupukan K yang merata atau sifat mobilitas kalium yang tinggi di dalam tanah mineral, sehingga dapat menyebabkan ketersediaan kalium hampir seragam di seluruh area penelitian.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kelas I (Lahan Datar) memiliki nilai EC tertinggi sebesar 313,93  $\mu\text{S/cm}$ , yang secara signifikan berbeda dibandingkan dengan Kelas II (165,13  $\mu\text{S/cm}$ ) dan Kelas III (143,60  $\mu\text{S/cm}$ ). Tingginya nilai EC pada lahan datar berkaitan erat dengan akumulasi unsur hara hasil pemupukan. Pada topografi datar, risiko kehilangan hara melalui aliran permukaan (*runoff*) dan erosi jauh lebih rendah dibandingkan dengan lahan miring. Akibatnya, ion-ion yang berasal dari pupuk NPK yang diaplikasikan cenderung tetap berada di zona perakaran dan terlarut dalam lengas tanah, sehingga meningkatkan kemampuan tanah untuk menghantarkan arus listrik. Sebaliknya, pada lahan berbukit (Kelas II dan III), proses pencucian (*leaching*) dan pengangkutan hara ke bagian bawah lereng menyebabkan konsentrasi ion dalam larutan tanah berkurang, yang secara langsung menurunkan nilai EC di area tersebut. Ketika melakukan pengukuran EC secara langsung di tanah, beberapa faktor dapat menyebabkan ketidakseragaman. Beberapa faktor tersebut yaitu kontur yang tidak rata, topografi yang berbeda, adanya parit atau alur yang tersisa di tanah, lokasi tanah yang rentan terhadap *runoff* hujan, dan lokasi tanah yang dekat dengan sumber air atau sungai (Suud *et al.*, 2022).

Tabel 4. Koefisien korelasi antar parameter sifat fisik dan kimia tanah

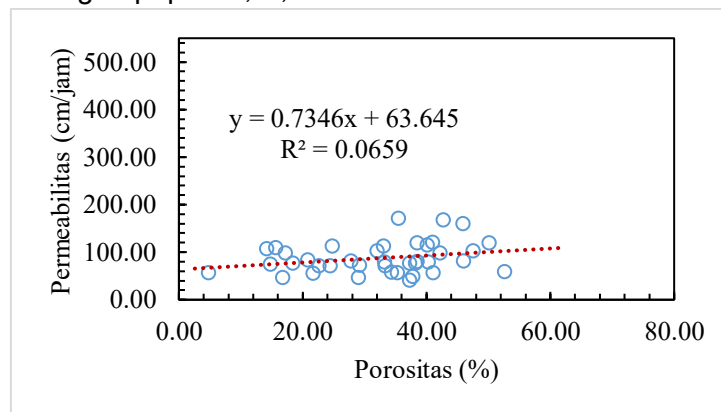
	Porositas	Permeabilitas	pH	N	P	K	EC
Porositas	1						
Permeabilitas	+0,25	1					
pH	+0,27	+0,16	1				
N	-0,01	-0,29	-0,18	1			
P	+0,01	-0,28	-0,19	+0,98*	1		
K	-0,02	-0,19	-0,18	+0,89*	+0,90*	1	
EC	+0,01	-0,28	-0,19	+0,98*	+1*	+0,90*	1

Keterangan: Angka yang diikuti \* : signifikan  $\alpha$  0,05 + : korelasi positif, - : korelasi negatif

Hasil analisis korelasi menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat dan positif antara nilai EC (*Electrical Conductivity*) dengan ketersediaan N, P dan K pada tanah. Hal ini dibuktikan dengan nilai koefisien (r) yang berada pada rentang 0,90 hingga 0,99, yang mengindikasikan bahwa setiap peningkatan nilai EC tanah akan diikuti secara linier oleh

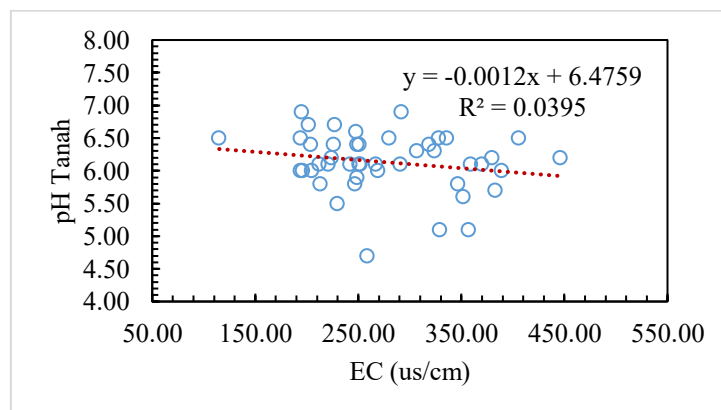
peningkatan N, P, dan K tersedia. Sementara itu, hubungan antara EC dan pH tanah menunjukkan hubungan yang sangat rendah ( $r = 0,19$ ) dengan arah hubungan negatif, yang artinya setiap peningkatan nilai EC cenderung memberikan penurunan terhadap nilai pH tanah.

Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Suud *et al.*, 2015) dimana dapat disimpulkan pada penelitian tersebut bahwa Nilai EC tanah berkorelasi dengan kandungan air, kepadatan tanah, dan kandungan pupuk N, P, dan K. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai EC tanah meningkat seiring dengan peningkatan kandungan air, kepadatan tanah, dan kandungan pupuk N, P, dan K. Namun, karena faktor-faktor seperti tingkat air, kepadatan tanah, dan kandungan pupuk N, P, dan K, nilai EC tanah tidak dapat digunakan untuk memperkirakan kandungan pupuk N, P, dan K.



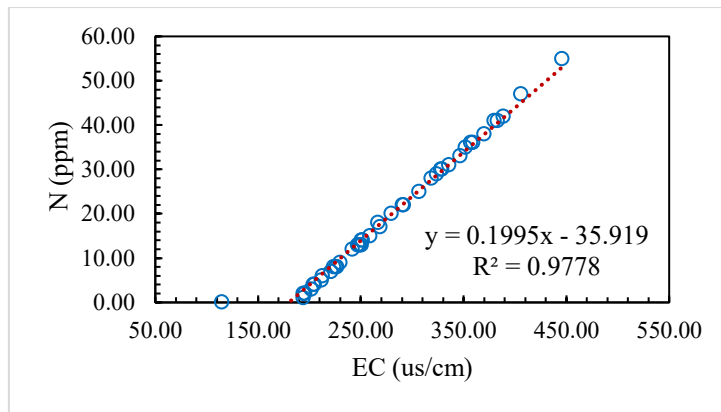
Gambar 3. Grafik hubungan porositas dengan permeabilitas

Berdasarkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,0659, dapat dijelaskan bahwa 6,59% variasi permeabilitas tersedia dipengaruhi oleh porositas tanah, sementara 93,41% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Selain itu, persamaan regresi yang diperoleh adalah  $y = 0,7346x + 63,645$ , yang menunjukkan adanya hubungan positif, di mana setiap peningkatan nilai porositas tanah sebesar 1% akan memberikan dampak peningkatan pada permeabilitas sebesar 0,734%.



Gambar 4. Grafik hubungan electrical conductivity (EC) tanah dengan pH tanah

Nilai koefisien korelasi ( $r$ ) sebesar 0,19 menunjukkan bahwa hubungan antara *electrical conductivity* (EC) tanah dan pH tanah tergolong sangat rendah. Berdasarkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,0395, dapat dijelaskan bahwa 3,95% variasi pH tanah dipengaruhi oleh EC tanah, sementara 96,05% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Selain itu, persamaan regresi yang diperoleh adalah  $y = -0,0012x + 6,4759$ , yang menunjukkan adanya hubungan negatif, di mana setiap peningkatan nilai EC tanah sebesar 1% akan memberikan dampak penurunan pada pH tanah sebesar 0,001%.



Gambar 5. Grafik korelasi EC dengan N

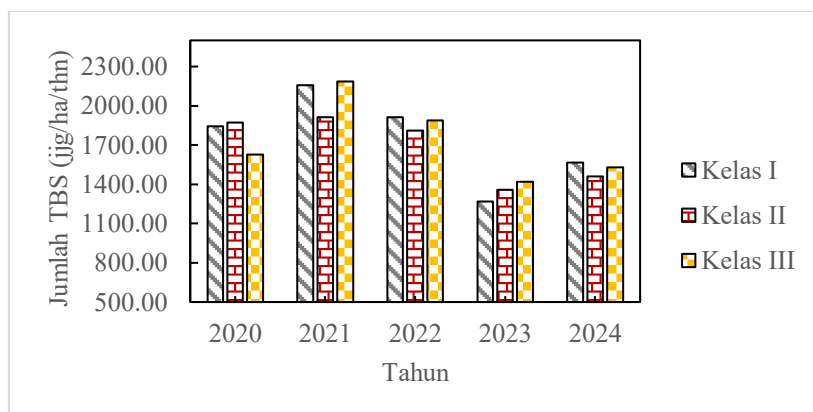
Nilai koefisien korelasi ( $r$ ) sebesar 0,98 menunjukkan bahwa hubungan antara EC tanah dan N tersedia tergolong sangat kuat. Berdasarkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9778, dapat dijelaskan bahwa 97,78% variasi N tersedia dipengaruhi oleh EC tanah, sementara 2,22% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Selain itu, persamaan regresi yang diperoleh adalah  $y = 0,1995x - 35,919$ , yang menunjukkan adanya hubungan positif, di mana setiap peningkatan nilai EC tanah sebesar 1% akan memberikan dampak peningkatan pada N tersedia sebesar 0,199%.

Tabel 5. Pengaruh kelas topografi terhadap jumlah tandan buah segar (TBS) (jgg/ha/tahun)

Tahun	Jumlah TBS (jgg/ha/tahun)		
	Kelas I (Datar)	Kelas II (Bukit < 16%)	Kelas III (Bukit 16-40%)
2020	1842,29 ± 37,46 a	1872,77 ± 35,05 a	1628,12 ± 29,19 a
2021	2158,59 ± 43,00 a	1911,78 ± 37,87 a	2187,87 ± 54,07 a
2022	1911,13 ± 22,32 a	1812,46 ± 26,71 a	1887,06 ± 25,96 a
2023	1268,02 ± 23,26 a	1357,00 ± 19,52 a	1417,28 ± 20,63 a
2024	1566,12 ± 25,64 a	1460,30 ± 33,46 a	1528,01 ± 35,04 a

Keterangan : Angka rerata yang diikuti huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan nyata berdasarkan *uji One-Way Anova* pada jenjang nyata 5% dan diikuti oleh ± standar deviasi

Hasil analisis menunjukkan perlakuan kelas topografi tidak menunjukkan adanya perbedaan nyata pada jumlah tandan buah segar (TBS) tahun 2020, 2021, 2022, 2023, dan 2024. Pada tahun 2020, jumlah TBS dengan nilai tertinggi pada Kelas II yaitu 1872,77 ± 35,05 jgg/ha/tahun dan nilai terendah pada Kelas III yaitu 1628,12 ± 29,19 jgg/ha/tahun. Pada tahun 2021, jumlah TBS dengan nilai tertinggi yaitu pada Kelas III dengan nilai 2187,87 ± 54,07 jgg/ha/tahun dan nilai terendah pada Kelas II yaitu 1911,78 ± 37,87 jgg/ha/tahun. Pada tahun 2022, jumlah TBS dengan nilai tertinggi yaitu pada Kelas I dengan nilai 1911,13 ± 22,32 jgg/ha/tahun dan nilai terendah pada Kelas II yaitu 1812,46 ± 26,71 jgg/ha/tahun. Pada tahun 2023, jumlah TBS dengan nilai tertinggi yaitu pada Kelas III dengan nilai 1417,28 ± 20,63 jgg/ha/tahun dan nilai terendah pada Kelas I yaitu 1268,02 ± 23,26 jgg/ha/tahun. Pada tahun 2024, jumlah TBS dengan nilai tertinggi yaitu pada Kelas I yaitu 1566,12 ± 25,64 jgg/ha/tahun dan nilai terendah pada Kelas II yaitu 1460,30 ± 33,46 jgg/ha/tahun.



Gambar 6. Pengaruh kelas topografi terhadap jumlah TBS (jg/ha/tahun)

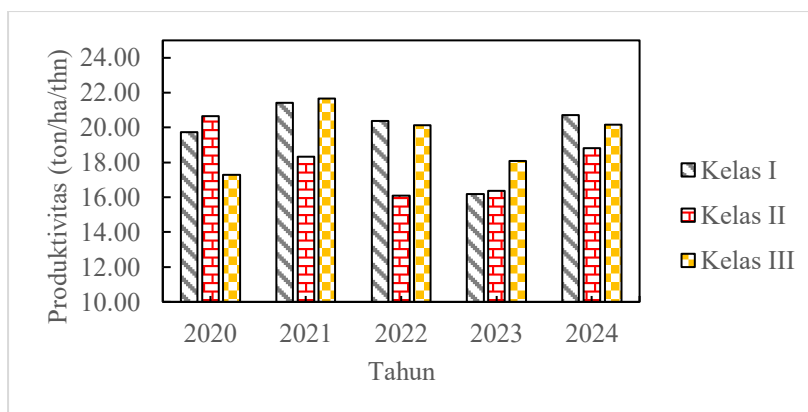
Perlakuan kelas topografi memberikan hasil jumlah TBS (jg/ha/tahun) yang berbeda pada (Gambar 6). Pada tahun 2024, selisih antara nilai tertinggi dengan nilai terendah pada jumlah TBS yaitu 105,82 jg/ha/tahun.

Tabel 6. Pengaruh kelas topografi terhadap produktivitas (ton/ha/tahun)

Tahun	Produktivitas (ton/ha/tahun)		
	Kelas I (Datar)	Kelas II (Bukit < 16%)	Kelas III (Bukit 16-40%)
2020	19,73 ± 0,46 a	20,66 ± 0,43 a	17,30 ± 0,32 a
2021	21,43 ± 0,36 a	18,34 ± 0,29 a	21,66 ± 0,44 a
2022	20,39 ± 0,31 a	16,09 ± 0,24 b	20,14 ± 0,33 a
2023	16,19 ± 0,36 a	16,38 ± 0,27 a	18,08 ± 0,33 a
2024	20,72 ± 0,31 a	18,83 ± 0,43 a	20,17 ± 0,44 a

Keterangan : Angka rerata yang diikuti huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT pada jenjang nyata 5% dan diikuti oleh ± standar deviasi

Hasil analisis menunjukkan perlakuan kelas topografi menunjukkan adanya perbedaan nyata pada produktivitas tahun 2022, sementara sisanya tidak menunjukkan perbedaan nyata. Pada tahun 2020, produktivitas dengan nilai tertinggi pada Kelas II yaitu  $20,66 \pm 0,43$  ton/ha/tahun dan nilai terendah pada Kelas III yaitu  $17,30 \pm 0,32$  ton/ha/tahun. Pada tahun 2021, produktivitas dengan nilai tertinggi yaitu pada Kelas III dengan nilai  $21,66 \pm 0,44$  ton/ha/tahun dan nilai terendah pada Kelas II yaitu  $18,34 \pm 0,29$  ton/ha/tahun. Pada tahun 2022, produktivitas dengan nilai tertinggi yaitu pada Kelas I dengan nilai  $20,39 \pm 0,31$  ton/ha/tahun dan nilai terendah pada Kelas II yaitu  $16,09 \pm 0,24$  ton/ha/tahun. Pada tahun 2023, produktivitas dengan nilai tertinggi yaitu pada Kelas III dengan nilai  $18,08 \pm 0,33$  ton/ha/tahun dan nilai terendah pada Kelas I yaitu  $16,19 \pm 0,36$  ton/ha/tahun. Pada tahun 2024, produktivitas dengan nilai tertinggi yaitu pada Kelas I, yaitu  $20,72 \pm 0,31$  ton/ha/tahun, dan nilai terendah pada Kelas II, yaitu  $18,83 \pm 0,43$  ton/ha/tahun.



Gambar 7. Pengaruh kelas topografi terhadap produktivitas (ton/ha/tahun)

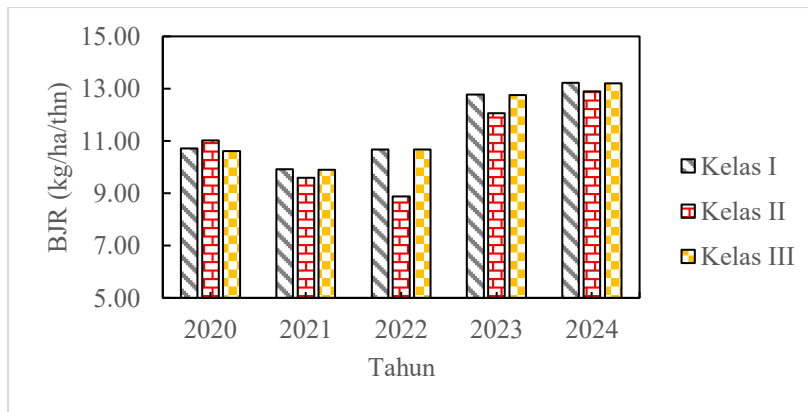
Perlakuan kelas topografi memberikan hasil produktivitas (ton/ha/tahun) yang berbeda pada (Gambar 7). Pada tahun 2024, selisih antara nilai tertinggi dengan nilai terendah pada produktivitas yaitu 1,89 ton/ha/tahun.

Tabel 7. Pengaruh kelas topografi terhadap berat janjang rata-rata (kg/ha/tahun)

Tahun	BJR (kg/ha/tahun)		
	Kelas I (Datar)	Kelas II (Bukit < 16%)	Kelas III (Bukit 16-40%)
2020	10,71 ± 0,77 a	11,03 ± 0,46 a	10,62 ± 0,77 a
2021	9,93 ± 1,15 a	9,59 ± 1,27 a	9,90 ± 1,15 a
2022	10,67 ± 0,74 a	8,88 ± 0,80 b	10,67 ± 0,74 a
2023	12,77 ± 1,18 a	12,07 ± 0,97 a	12,76 ± 1,18 a
2024	13,23 ± 0,62 a	12,90 ± 0,31 a	13,20 ± 0,63 a

Keterangan : Angka rerata yang diikuti huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT pada jenjang nyata 5% dan diikuti oleh ± standar deviasi

Hasil analisis menunjukkan perlakuan kelas topografi menunjukkan adanya perbedaan nyata pada BJR tahun 2022, sementara sisanya tidak menunjukkan perbedaan nyata. Pada tahun 2020, BJR memiliki nilai tertinggi pada Kelas II, yaitu  $11,03 \pm 0,46$  kg/ha/tahun, dan nilai terendah pada Kelas III, yaitu  $10,62 \pm 0,77$  kg/ha/tahun. Pada tahun 2021, BJR memiliki nilai tertinggi pada Kelas III, yaitu  $9,90 \pm 1,15$  kg/ha/tahun, dan nilai terendah pada Kelas II, yaitu  $9,59 \pm 1,27$  kg/ha/tahun. Pada tahun 2022, BJR memiliki nilai tertinggi pada Kelas I dan Kelas III, yaitu  $10,67 \pm 0,74$  kg/ha/tahun, dan nilai terendah pada Kelas II, yaitu  $8,88 \pm 0,80$  kg/ha/tahun. Pada tahun 2023, BJR memiliki nilai tertinggi pada Kelas I, yaitu  $12,77 \pm 1,18$  kg/ha/tahun, dan nilai terendah pada Kelas II, yaitu  $12,07 \pm 0,97$  kg/ha/tahun. Pada tahun 2024, BJR memiliki nilai tertinggi pada Kelas I, yaitu  $13,23 \pm 0,62$  kg/ha/tahun, dan nilai terendah pada Kelas II, yaitu  $12,90 \pm 0,31$  kg/ha/tahun.



Gambar 8. Pengaruh kelas topografi terhadap berat janjang rata-rata (kg/ha/tahun)

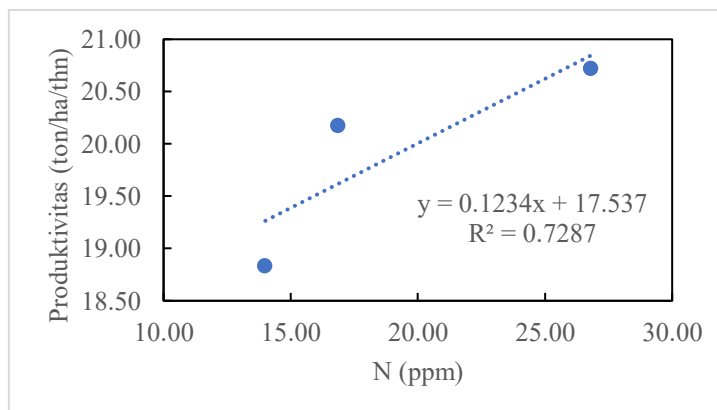
Perlakuan kelas topografi memberikan hasil berat janjang rata-rata (BJR) (kg/ha/tahun) yang berbeda pada (Gambar 8). Pada tahun 2024, selisih antara nilai tertinggi dengan nilai terendah pada BJR yaitu 0,33 kg/ha/tahun.

Tabel 8. Koefisien korelasi sifat fisik dan kimia tanah dengan produktivitas

	Porositas	Permeabilitas	pH	N	P	K	EC
Produktivitas	-1	-0,99	-0,91	+0,85	+0,88	+0,89	+0,89

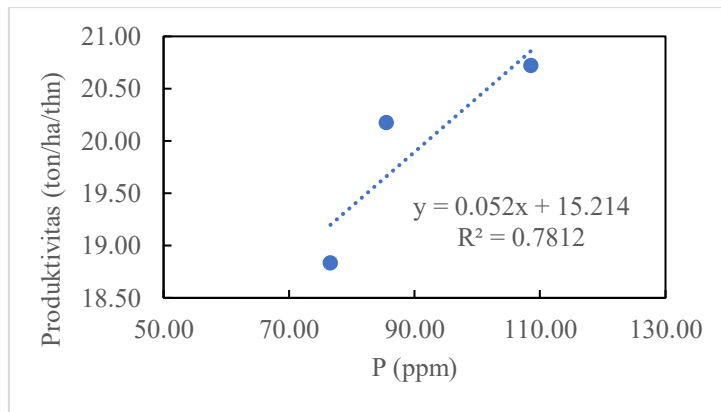
Keterangan: Angka yang diikuti \* : signifikan  $\alpha$  0,05 + : korelasi positif, - : korelasi negatif

Hasil analisis korelasi menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat dan positif antara nilai N, P, K dan EC dengan produktivitas. Hal ini dibuktikan dengan nilai koefisien (r) yang berada pada rentang 0,85 hingga 0,89, yang mengindikasikan bahwa setiap peningkatan nilai N, P, K dan EC tanah akan diikuti secara linier oleh peningkatan produktivitas tanaman. Sementara itu, hubungan antara porositas, permeabilitas, dan pH tanah dengan produktivitas tanaman menunjukkan arah hubungan negatif, yang artinya setiap peningkatan nilai porositas, permeabilitas, dan pH tanah cenderung memberikan penurunan terhadap nilai produktivitas tanaman.



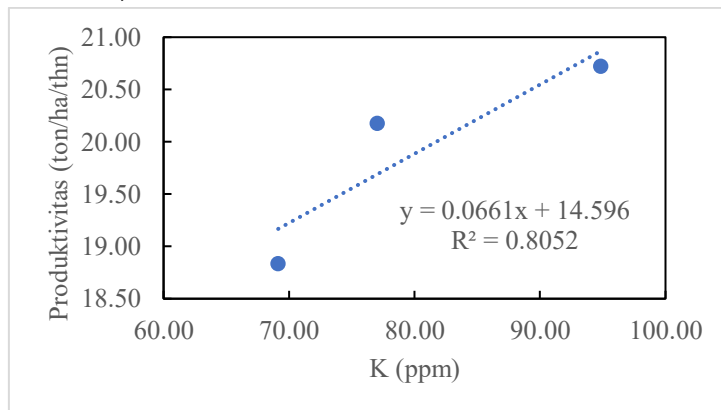
Gambar 9. Grafik korelasi N dengan produktivitas

Berdasarkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,7287, dapat dijelaskan bahwa 72,87% variasi produktivitas dipengaruhi oleh N tersedia, sementara 27,13% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Selain itu, persamaan regresi yang diperoleh adalah  $y = 0,1234x + 17,537$ , yang menunjukkan adanya hubungan positif, di mana setiap peningkatan nilai N tersedia sebesar 1% akan memberikan dampak peningkatan pada produktivitas sebesar 0,1234%.



Gambar 10. Grafik korelasi P dengan produktivitas

Berdasarkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,7812, dapat dijelaskan bahwa 78,12% variasi produktivitas dipengaruhi oleh P tersedia, sementara 21,88% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Selain itu, persamaan regresi yang diperoleh adalah  $y = 0,052x + 15,214$ , yang menunjukkan adanya hubungan positif, di mana setiap peningkatan nilai P tersedia sebesar 1% akan memberikan dampak peningkatan pada produktivitas sebesar 0,052%.



Gambar 11. Grafik korelasi K dengan produktivitas

Berdasarkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,8052, dapat dijelaskan bahwa 80,52% variasi produktivitas dipengaruhi oleh K tersedia, sementara 19,48% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Selain itu, persamaan regresi yang diperoleh adalah  $y = 0,0661x + 14,596$ , yang menunjukkan adanya hubungan positif, di mana setiap peningkatan nilai K tersedia sebesar 1% akan memberikan dampak peningkatan pada produktivitas sebesar 0,066%.

## KESIMPULAN

1. Pada parameter sifat fisik tanah, terdapat perbedaan signifikan di berbagai kelas topografi, di mana Kelas II memiliki nilai porositas dan struktur tanah granular yang lebih baik dibandingkan dengan lahan Kelas I yang mengalami pemadatan akibat aktivitas alat mekanisasi, serta Kelas III yang mengalami erosi permukaan yang lebih intensif.
2. Pada parameter sifat kimia, Kelas I (Datar) menunjukkan keunggulan pada akumulasi unsur hara N, P, dan K, namun memiliki tingkat keasaman (pH) yang lebih tinggi dibandingkan dengan Kelas II (Bukit < 16%). Nilai EC menjadi indikator yang berbanding lurus dengan ketersediaan unsur hara di seluruh tipe lahan.
3. Perbedaan kesuburan tanah dipicu oleh dua faktor utama, yaitu erosi/pencucian hara pada Kelas II dan III yang menurunkan kualitas tanah, serta kompaksi (pemadatan) akibat

mekanisasi pada lahan datar yang lebih dominan dibandingkan dengan Kelas II dan III yang menurunkan kualitas fisik tanah pada lahan datar di bawah tegakan kelapa sawit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bakri, A., Pagiu, S., & Rahman, A. (2022). Analisis Sifat Fisika Tanah Pada Beberapa Penggunaan Lahan Di Desa Maku Kecamatan Dolo Kabupaten Sigi *Analysis Of Soil Physical Properties On Several Land Uses In Maku Vilage Dolo Sub-Disrict Sigi Regency. Agrotekbis*, 10(1), 1–8.
- Batu, H. M. R. P., Talakua, S. M., Siregar, A., & Osok, R. M. (2019). Status Kesuburan Tanah Berdasarkan Aspek Kimia Dan Fisik Tanah Di Das Wai Ela, Negeri Lima, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 15(1), 1–12. <https://doi.org/10.30598/Jbdp.2019.15.1.1>
- Darlita, R. R., Joy, B., & Sudirja, R. (2017). Analisis Beberapa Sifat Kimia Tanah Terhadap Peningkatan Produksi Kelapa Sawit Pada Tanah Pasir Di Perkebunan Kelapa Sawit Selangkun. *Jurnal Agrikultura*, (1), 15–20.
- Darmawati, D., Suhardi, S., & Sapsal, M. T. (2019). Pengaruh Lintasan Combine Harvester Terhadap Pemadatan Tanah Saat Beroperasi. *Jurnal Agritechno*, 1–8. <https://doi.org/10.20956/At.V12i1.181>
- Desrihastuti, D., Maryanti, A., Sabli, T. E., Mahendra, I. A., & Hardi, N. A. (2023). Dampak Kemiringan Lahan Terhadap Kadar Hara Dan Produksi Kelapa Sawit. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 59–70. <https://doi.org/10.25181/Jaip.V12i2.3454>
- Fatimah, R. (2023). *Jagros Journal Of Agrotechnonogy And Science Analisis Permeabilitas, Porositas Dan Bobot Isi Tanah Di Kaki Gunung Guntur Kabupaten Garut. Jurnal Agroteknologi Dan Sains (Jagros)*, 8(1), 39–45. [www.journal.uniga.ac.id](http://www.journal.uniga.ac.id)
- Hadi, M. M. (2004). Teknik Berkebun Kelapa Sawit (N. Rosyidah, Ed.). Adicita Karya Nusa.
- Handayanto, E., Muddarisna, N., & Fiqri, A. (2017). Pengelolaan Kesuburan Tanah. Universitas Brawijaya Press.
- Harahap, M. F. R., Walida, H., & Triyanto, Y. (2023). Karakteristik Sifat Kimia Tanah Pada Tegakan Tanaman Kelapa Sawit (Studi Kasus Di Kebun Milik Rakyat Di Desa. *Jurnal Mahasiswa Agroteknolgi*, 4(1).
- Kalembiro, M., Rajamuddin, U. A., & Zaenuddin, R. (2018). Karakteristik Fisik Tanah Pada Berbagai Kelerenghan Das Poboya Kota Palu *Soil Physical Characteristics On Several Slopes Poboya Watershed Palu City. J. Agrotekbis*, 6(6), 748–756.
- Linus, L., Sulakhudin, S., & Romiyanto, R. (2025). Analisis Perbedaan Status Hara Makro Tanah Ultisol Berdasarkan Kelas Lereng Di Kebun Sawit Rakyat Desa Simpang Kasturi Kecamatan Mandor Kabupaten Landak. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 15(1), 198–205. <https://doi.org/10.26418/Jspe.V15i1.98898>
- Megayanti, L., Zurhalena, Junedi, H., & Fuadi, N. A. (2022). Kajian Beberapa Sifat Fisika Tanah Yang Ditanami Kelapa Sawit Pada Umur Dan Kelerenghan Yang Berbeda (Studi Kasus Perkebunan Sawit Kelurahan Simpang Tuan, Kecamatan Mendahara Ulu, Tanjung Jabung Timur). *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 9(2), 413–420. <https://doi.org/10.21776/Ub.Jtsl.2022.009.2.22>
- Mulyono, A., Rusydi, A. F., & Lestiana, H. (2019). Permeabilitas Tanah Berbagai Tipe Penggunaan Lahan Di Tanah Aluvial Pesisir Das Cimanuk, Indramayu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(1), 1. <https://doi.org/10.14710/Jil.17.1.1-6>
- Pebriani, D. A., Padusung, & Arifin, Z. (2020). Hubungan Berbagai Kelas Kemiringan Lereng Terhadap Sifat Kimia Tanah Di Desa Buwun Mas Kecamatan Sekotong Kabupaten Lombok Barat. *Journal Of Soil Quality And Management*. <http://jsqm.unram.ac.id/index.php/jsqm/index>
- Rahman, M. A., Lee, S. H., Ji, H. C., Kabir, A. H., Jones, C. S., & Lee, K. W. (2018). *Importance Of Mineral Nutrition For Mitigating Aluminum Toxicity In Plants On Acidic Soils: Current Status And Opportunities. In International Journal Of Molecular Sciences (Vol. 19, Number 10)*. Mdpi Ag. <https://doi.org/10.3390/ijms19103073>

- Rani, M. C., Fatima, I., & Mutiara, C. (2022). Identifikasi Kesuburan Tanah Pada Beberapa Tingkat Kemiringan Lereng Untuk Tanaman Tomat Di Desa Riaraja Kecamatan Ende. *Agrica*, 15(1), 21–25. <https://doi.org/10.37478/Agr.V15i1.1792>
- Suleman, D., Alam, S., Rustam, L. O., & Yusuf, D. N. (2025). Pengaruh Kemiringan Lereng Terhadap Kualitas Tanah Pada Pertanaman Nilam Di Kecamatan Wolasi, Kabupaten Konawe Selatan. *Agrica*, 18(1), 76–86. <https://doi.org/10.37478/Agr.V18i1.5394>
- Suud, H. M., Kusbiantoro, D. E., Rosyady, M. G., & Farisi, O. A. (2022). Efektivitas Pengukuran Konduktivitas Listrik Tanah Untuk Menduga Kondisi Kesuburan Tanah Pada Lahan Pertanian. *Jurnal Ilmiah Hijau Cendekia*, 7, 71–79.
- Suud, H., Syaib, M. F., & Astika, I. W. (2015). *Model Development For Estimating Soil Nutrient Levels Using Soil Electrical Conductivity Measurement*. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 03(2), 1–8. <https://doi.org/10.19028/Jtep.03.2.105-112>