

PENGARUH NAUNGAN TAJUK KELAPA SAWIT TERHADAP SUHU DAN KELEMBAPAN TANAH DI KEBUN PRAKTIK ITS1

Fuady Nur Akbar^{*1}, Tiaini Siregar², Roma Uli Nababan³, M. Yudha Prawira⁴,
Alvin Romadhoni Nasution⁵, Fathir Albani⁶

^{1,2,3,4,5,6} Institut Teknologi Sawit Indonesia, Kota Medan, Indonesia

*Corresponding Author: 16fuadynurakbar@gmail.com

Info Article	Abstract: Soil microclimate is an environmental factor that influences to growth of oil palm plantations, particularly soil temperature and soil moisture. This study aimed to analyze the effect of canopy cover levels on soil microclimate conditions in oil palm plantations area. The method use was filed observation with a comparative approach on three canopy categories, namely dense, moderate, and open canopies. Soil temperature and soil moisture were measured directly at several observation times using a soil thermometer and a soil moisture meter. The data were analyzed descriptively and comparatively to identify difference in soil microclimate conditions under different canopy cover levels. The results showed that open canopies tended to have higher soil temperatures, while dense canopies were able to maintain soil moisture and temperature stability. Difference in canopy cover levels influenced soil microclimate conditions in oil palm plantations areas.
Received : 01 April 2026 Revised : 04 May 2026 Accepted : 02 June 2026 Publication : 30 June 2026	
Keywords: Soil Microclimate, Canopy Cover, Soil Temperature, Soil Moisture, Oil Palm.	
Kata Kunci: Mikroklimat Tanah, Naungan Tajuk, Suhu Tanah, Kelembapan Tanah, Kelapa Sawit.	
Licensed Under a <i>Creative Commons</i> <i>Attribution 4.0</i> <i>International</i> <i>License</i>	Abstrak: Mikroklimat tanah merupakan faktor lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan tanaman kelapa sawit, terutama suhu dan kelembapan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh tingkat naungan tajuk terhadap kondisi mikroklimat tanah pada tanaman kelapa sawit. Metode yang digunakan adalah observasi lapangan dengan pendekatan komparatif pada tiga kategori tajuk, yaitu rapat, sedang, dan terbuka. Pengukuran suhu dan kelembapan tanah dilakukan secara langsung pada beberapa waktu pengamatan menggunakan termometer tanah dan soil moisture meter. Data dianalisis secara deskriptif dan komparatif untuk melihat perbedaan kondisi mikroklimat tanah pada setiap tingkat naungan tajuk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tajuk terbuka cenderung memiliki suhu tanah lebih tinggi, sedangkan tajuk rapat mampu mempertahankan kelembapan terhadap kondisi mikroklimat tanah pada area tanaman kelapa sawit.
	

INTRODUCTION

Perkebunan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jaq.) merupakan salah satu komoditas utama di Indonesia yang memiliki peran penting dalam mendukung perekonomian nasional (Siregar & Hasibuan, 2024). Keberhasilan budidaya kelapa sawit tidak hanya ditentukan oleh faktor genetik dan pemeliharaan tanaman, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tumbuh, khususnya iklim mikro tanah. Suhu dan kelembapan tanah menjadi faktor penting karena berkaitan langsung dengan ketersediaan air, aktivitas mikroorganisme, serta proses fisiologis tanaman yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produktivitas (Harahap et al., 2025). Iklim mikro tanah dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah tingkat naungan tajuk tanaman. Tajuk berperan dalam mengatur jumlah radiasi matahari yang mencapai permukaan tanah (Greiser et al., 2024). Pada kondisi tajuk yang rapat, intensitas cahaya yang masuk akan berkurang sehingga suhu tanah cenderung lebih rendah dan kelembapan tanah lebih tinggi. Sebaliknya, pada tajuk yang jarang dan terbuka, radiasi matahari lebih banyak mencapai permukaan tanah sehingga meningkatkan suhu dan menurunkan kelembapan tanah (Anamulai et al., 2019). Perbedaan kondisi ini menunjukkan bahwa tingkat kerapatan tajuk berpotensi menciptakan variasi iklim mikro yang berbeda dibawah tegakan kelapa sawit.

Seiring bertambahnya umur tanaman kelapa sawit, tajuk akan semakin berkembang dan membentuk penutupan kanopi yang lebih rapat (Fitrianto et al., 2018). Kondisi ini berpengaruh terhadap lingkungan mikro di sekitarnya, terutama dalam mengatur keseimbangan suhu dan energi panas. Perubahan tersebut menunjukkan bahwa kelapa sawit dapat berperan dalam menahan maupun melepaskan panas ke lingkungan. Dampaknya, kondisi ini turut memengaruhi suhu dan kelembapan tanah serta karakteristik fisik tanah di bawah tegakan kelapa sawit (Komarudin et al., 2022). Perubahan kondisi iklim mikro tanah ini selanjutnya berimplikasi pada proses pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan akar, efisiensi penyerapan unsur hara, dan produktivitas tanaman kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh perubahan suhu dan kelembapan tanah. Kondisi iklim mikro yang terbentuk akibat perbedaan kerapatan tajuk tersebut berkaitan erat dengan ketersediaan air tanah, aktivitas fisiologis akar, serta proses pertumbuhan yang pada akhirnya memengaruhi hasil produksi tanaman (Delgado et al., 2024)(Suwardi et al., 2024).

Penelitian mengenai pengaruh naungan tajuk terhadap kondisi iklim mikro tanah pada tanaman kelapa sawit telah banyak dilakukan. Namun hingga saat ini belum

tersedia data spesifik yang menggambarkan kondisi suhu dan kelembapan tanah pada lokasi penelitian. Selain itu, variasi tingkat naungan tajuk, seperti rapat, sedang, dan terbuka, belum dianalisis secara kuantitatif pada area tersebut. Hal ini menyebabkan pengaruh masing-masing tingkat naungan terhadap perubahan suhu dan kelembapan tanah serta variasi mikroklimat yang terbentuk belum tergambarkan secara rinci. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa naungan tajuk berperan dalam menurunkan suhu tanah dan meningkatkan kelembapan tanah melalui pengurangan intensitas radiasi matahari yang mencapai permukaan tanah (Chalupecká et al., 2026)(Pangemanan et al., 2025). Namun, sebagian besar hasil tersebut diperoleh pada kondisi lingkungan yang berbeda. Oleh karena itu, diperlukan kajian pada lokasi spesifik untuk mengetahui apakah pola pengaruh yang sama juga terjadi pada kondisi setempat. Dalam penelitian ini, analisis dilakukan dengan membandingkan tiga tingkat naungan tajuk melalui pengukuran langsung di lapangan.

METHOD

Penelitian ini dilaksanakan di kebun praktik Institut Teknologi Sawit Indonesia, Kota Medan, Sumatera Utara. Lokasi ini dipilih karena memiliki kondisi tanaman kelapa sawit dengan tingkat kerapatan tajuk yang bervariasi sehingga mendukung pengamatan mikroklimat tanah. Penelitian dilaksanakan pada 08 Mei 2026. Pengambilan data dilakukan secara langsung di lapangan pada waktu pagi, siang, dan sore hari untuk memperoleh variasi suhu dan kelembapan tanah. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi termometer tanah untuk mengukur suhu tanah, *soil moisture meter* untuk mengukur kelembapan tanah, patok bambu sebagai penanda titik pengamat, serta buku catatan sebagai media pencatatan data hasil observasi secara sistematis. Penggunaan alat-alat tersebut bertujuan untuk memperoleh data yang akurat dan representatif sesuai dengan kondisi lapangan.

Penelitian ini menggunakan metode observasi lapangan dengan pendekatan komparatif, yaitu membandingkan kondisi suhu dan kelembapan tanah pada tiga tingkat naungan tajuk kelapa sawit, yaitu tajuk rapat, sedang, dan jarang. Pada masing-masing tingkat naungan ditentukan tiga titik pengamatan, sehingga total terdapat sembilan titik pengamatan. Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Melakukan observasi awal di lokasi penelitian untuk menentukan titik pengamatan berdasarkan tingkat naungan tajuk kelapa sawit.

2. Mengelompokkan tingkat naungan tajuk menjadi tiga kategori, yaitu tajuk rapat (permukaan tanah sebagian besar tertutup bayangan), tajuk sedang (perpaduan antara area teduh dan terkena cahaya), dan tajuk jarang (permukaan tanah menerima cahaya matahari secara dominan).
3. Menentukan sembilan titik sampel yang mewakili masing-masing tingkat naungan tajuk, dengan tiga titik pada setiap kategori.
4. Menandai setiap titik sampel pengamatan menggunakan patok bambu serta memberikan kode sesuai dengan kategori tajuk.
5. Melakukan pengukuran suhu tanah dan kelembapan tanah pada setiap titik pengamatan pada waktu yang telah ditentukan.
6. Mencatat seluruh hasil pengukuran secara sistematis pada lembar pengamatan untuk selanjutnya dianalisis.

Penelitian ini menggunakan dua jenis variabel, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas berupa tingkat naungan tajuk kelapa sawit yang diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu tajuk rapat, tajuk sedang, dan tajuk jarang (terbuka). Adapun variabel terikat meliputi suhu tanah yang dinyatakan dalam derajat Celsius ($^{\circ}\text{C}$) dan kelembapan tanah dalam skor numerik, yang diukur secara langsung pada setiap titik pengamatan.

Data hasil penelitian dianalisis secara deskriptif dan komparatif untuk mengetahui perbedaan suhu tanah dan kelembapan tanah pada setiap tingkat naungan tajuk kelapa sawit. Data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, kemudian dianalisis untuk melihat pola perubahan dan perbedaan antar perlakuan. Hasil analisis selanjutnya diinterpretasikan untuk menjelaskan pengaruh tingkat naungan terhadap kondisi mikroklimat tanah.

RESULTS AND DISCUSSION

Results

Hasil Penelitian Suhu Tanah

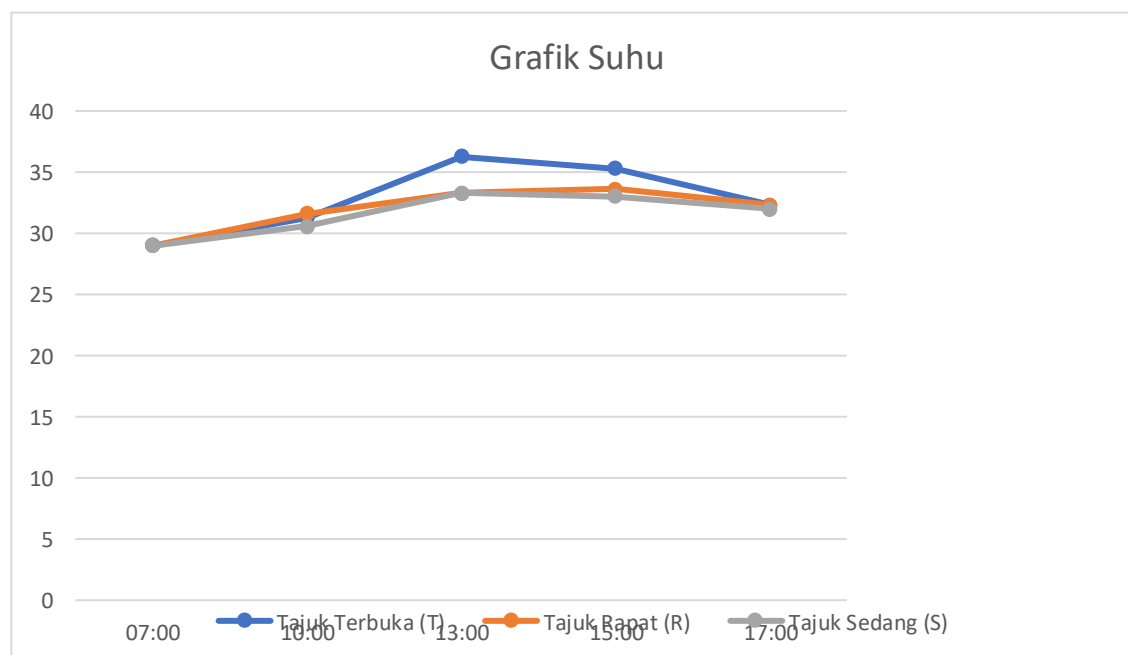
Pengamatan dilakukan pada tiga kategori naungan tajuk, yaitu tajuk terbuka (T), tajuk rapat (R), dan tajuk sedang (S). Masing-masing kategori terdiri dari tiga sampel pengamatan, yaitu T (T1, T2, T3), R (R1, R2, R3), dan S (S1, S2, S3). Parameter yang diamati adalah suhu dan kelembapan tanah pada beberapa waktu pengamatan.

Tabel 1. Rekapitulasi Suhu Tanah (°C) pada Setiap Waktu Pengamatan

Sampel	07.00	10.00	13.00	15.00	17.00
T1	29	30	38	36	33
T2	30	30	36	35	32
T3	28	34	35	35	32
R1	29	32	34	34	33
R2	29	31	33	34	32
R3	29	32	33	33	32
S1	29	30	34	33	32
S2	28	30	33	33	32
S3	30	32	33	33	32

Tabel 2. Rata-rata Suhu Tanah (°C) Berdasarkan Kategori Tajuk

Waktu Pengamatan	Tajuk Terbuka (T)	Tajuk Rapat (R)	Tajuk Sedang (S)
07.00	29	29	29
10.00	31,3	31,6	30,6
13.00	36,3	33,3	33,3
15.00	35,3	33,6	33
17.00	32,3	32,3	32



Gambar 3. Grafik Perbandingan Suhu Tanah (°C) Berdasarkan Kategori Tajuk

Hasil Penelitian Kelembapan Tanah

Kelembapan tanah diamati pada tiga kategori tajuk, yaitu tajuk terbuka (T), tajuk rapat (R), dan tajuk sedang (S) pada beberapa waktu pengamatan. Data kelembapan tanah dikategorikan menjadi Dry+, Dry, Nor, Wet, dan Wet+ kemudian dikonversi ke dalam bentuk skor numerik untuk mempermudah perhitungan rata-rata.

Skor kelembapan yang digunakan yaitu:

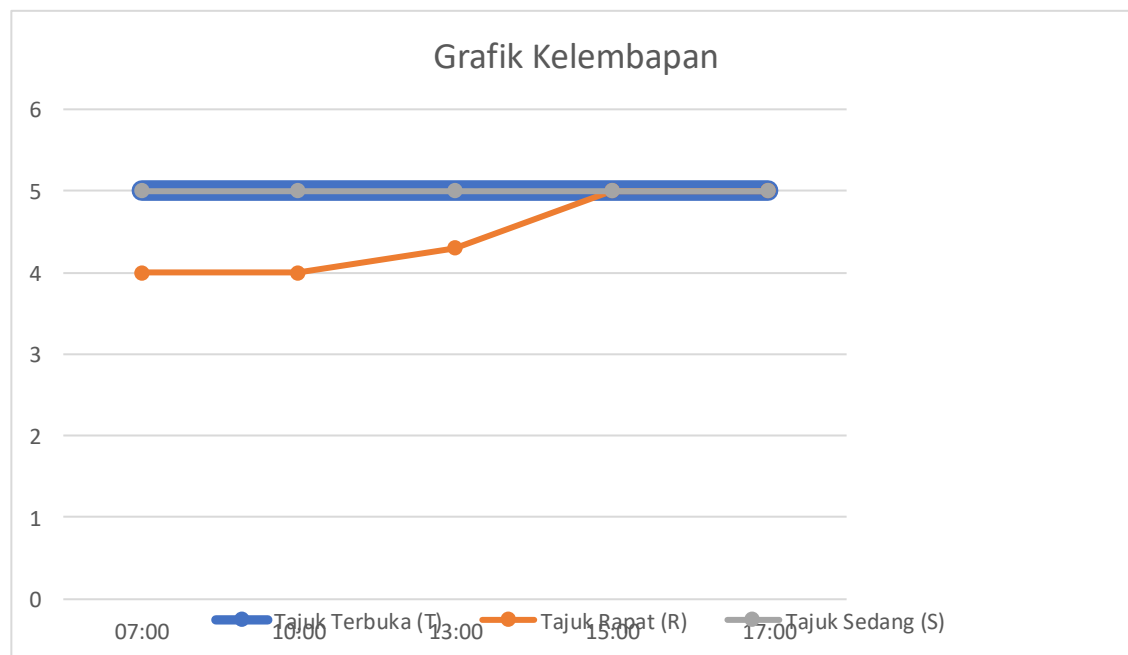
Kategori	Skor
Dry+	1
Dry	2
Nor	3
Wet	4
Wet+	5

Tabel 4. Rekapitulasi Kelembapan Tanah pada Setiap Waktu Pengamatan

Sampel	07.00	10.00	13.00	15.00	17.00
T1	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +
T2	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +
T3	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +
R1	Dry	Dry	Wet	Wet +	Wet +
R2	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +
R3	Wet +	Wet +	Wet	Wet +	Wet +
S1	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +
S2	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +
S3	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +

Tabel 5. Rata-rata Kelembapan Tanah Berdasarkan Kategori Tajuk

Waktu Pengamatan	Tajuk Terbuka (T)	Tajuk Rapat (R)	Tajuk Sedang (S)
07.00	5	4	5
10.00	5	4	5
13.00	5	4,3	5
15.00	5	5	5
17.00	5	5	5



Gambar 6. Grafik Perbandingan Kelembapan Tanah Berdasarkan Kategori Tajuk

Suhu Tanah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu tanah cenderung meningkat dari pagi menuju siang hari, kemudian mengalami penurunan pada sore hari. Pada pukul 07.00, seluruh kategori tajuk menunjukkan suhu rata-rata sebesar 29 °C. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pada pagi hari suhu tanah masih relatif rendah karena intensitas cahaya matahari yang diterima sedikit. Selain itu, pada malam hari tanah mengalami pelepasan panas ke atmosfer melalui radiasi gelombang panjang sehingga energi panas dalam tanah berkurang dan menyebabkan suhu tanah pada pagi hari menjadi lebih rendah serta relatif stabil. Hal ini sejalan dengan penelitian (Nelvi & Nata, 2023) yang menyatakan bahwa suhu minimum berkaitan erat dengan fluks radiasi gelombang panjang pada malam hari.

Memasuki pukul 10.00 suhu tanah mulai mengalami peningkatan pada seluruh kategori tajuk. Tajuk terbuka memiliki suhu rata-rata sebesar 31,3 °C, tajuk rapat sebesar 31,6 °C, dan tajuk sedang sebesar 30,6 °C. Peningkatan suhu ini terjadi akibat meningkatnya intensitas radiasi matahari yang diterima permukaan tanah. Cahaya matahari yang mengenai permukaan tanah akan diserap dan diubah menjadi energi panas sehingga menyebabkan suhu tanah meningkat secara bertahap. Pada pukul 13.00 suhu tanah mencapai kondisi tertinggi. Tajuk terbuka menunjukkan suhu rata-rata tertinggi sebesar 36,3 °C, sedangkan tajuk rapat dan tajuk sedang masing-masing sebesar 33,3 °C. Tingginya suhu pada siang hari dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang berada pada titik maksimum sehingga permukaan tanah menerima energi panas lebih besar dibandingkan waktu lainnya. Selain itu, tanah juga mengalami akumulasi panas akibat penyinaran matahari yang berlangsung terus-menerus sejak pagi hari.

Pada pukul 15.00 suhu tanah masih berada pada kondisi relatif tinggi. Tajuk terbuka memiliki suhu rata-rata sebesar 35,3 °C, tajuk rapat sebesar 33,6 °C, dan tajuk sedang sebesar 33 °C. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tanah masih menyimpan panas yang diperoleh pada siang hari. Walaupun intensitas cahaya matahari mulai berkurang, pelepasan panas dari tanah berlangsung secara perlahan sehingga suhu tanah belum mengalami penurunan secara signifikan. Pada pukul 17.00 suhu tanah mulai mengalami penurunan pada seluruh kategori tajuk. Tajuk terbuka dan tajuk rapat memiliki suhu rata-rata sebesar 32,3 °C, sedangkan tajuk sedang sebesar 32 °C. Penurunan suhu ini dipengaruhi oleh menurunnya intensitas cahaya matahari pada sore hari sehingga energi panas yang diterima tanah menjadi lebih sedikit. Selain itu, proses

pelepasan panas dari tanah ke atmosfer mulai berlangsung lebih besar dibandingkan penyerapan panas.

Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu tanah dipengaruhi oleh waktu pengamatan dan kondisi naungan tajuk. Semakin terbuka suatu area, maka suhu tanah cenderung lebih tinggi karena permukaan tanah menerima radiasi matahari secara langsung. Sebaliknya, keberadaan vegetasi atau naungan tajuk mampu menurunkan suhu tanah dengan cara menghambat masuknya radiasi matahari ke permukaan tanah. Kondisi tersebut sesuai dengan penelitian (Cahyaningsipratiwi et al., 2021) yang menyatakan bahwa tutupan vegetasi berpengaruh terhadap kestabilan suhu tanah karena mampu mengurangi intensitas radiasi matahari yang mencapai permukaan tanah. Selain itu, suhu tanah memiliki peranan penting terhadap aktivitas biologis tanah dan pertumbuhan tanaman. Suhu tanah memengaruhi aktivitas mikroorganisme, proses dekomposisi bahan organik, serta penyerapan unsur hara oleh akar tanaman. Suhu tanah yang terlalu tinggi dapat meningkatkan laju evaporasi sehingga kandungan air tanah menjadi berkurang (Arifin et al., 2025).

Kelembapan Tanah

Berdasarkan hasil penelitian, kelembapan tanah pada seluruh kategori tajuk umumnya berada pada kondisi tinggi dengan nilai rata-rata berkisar 4 hingga 5. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kondisi tanah pada lokasi penelitian didominasi oleh kategori Wet hingga Wet+. Kondisi ini menunjukkan bahwa kandungan air tanah masih cukup terjaga selama waktu penelitian berlangsung. Pada pukul 07.00, kelembapan tanah pada tajuk terbuka dan tajuk sedang menunjukkan nilai rata-rata sebesar 5 atau termasuk kategori Wet+, sedangkan pada tajuk rapat diperoleh nilai rata-rata sebesar 4 atau kategori Wet. Tingginya kelembapan tanah pada pagi hari dipengaruhi oleh suhu lingkungan yang masih rendah sehingga proses penguapan air dari permukaan tanah berlangsung lebih lambat.

Pada pukul 10.00 hingga 13.00, kelembapan tanah masih menunjukkan kondisi yang relatif stabil. Tajuk terbuka dan tajuk sedang tetap memiliki rata-rata kelembapan sebesar 5, sedangkan tajuk rapat berada pada kisaran 4-4,3. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tanah masih mampu mempertahankan kandungan air meskipun suhu tanah mengalami peningkatan pada siang hari. Pada pukul 15.00 hingga 17.00, seluruh kategori tajuk menunjukkan nilai rata-rata kelembapan sebesar 5 atau kategori Wet+. Hal tersebut menunjukkan bahwa kandungan air tanah masih terjaga dengan baik

hingga sore hari. Menurunnya intensitas cahaya matahari pada sore hari menyebabkan laju evaporasi menjadi lebih rendah sehingga kelembapan tanah tetap stabil.

Kelembapan tanah dipengaruhi oleh suhu lingkungan, intensitas cahaya matahari, dan kondisi vegetasi di sekitar tanah. Semakin tinggi suhu tanah, maka laju penguapan air akan semakin besar sehingga kelembapan tanah dapat menurun. Sebaliknya, keberadaan vegetasi mampu membantu mempertahankan kandungan air tanah dengan mengurangi intensitas cahaya matahari yang langsung mengenai permukaan tanah. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian (Arifin et al., 2025) yang menyatakan bahwa kondisi kelembapan tanah sangat dipengaruhi oleh suhu lingkungan dan intensitas radiasi matahari. Vegetasi yang rapat mampu menjaga kelembapan tanah tetap stabil karena mengurangi proses evaporasi dari permukaan tanah. Selain itu, kelembapan tanah yang tinggi sangat penting dalam menjaga aktivitas mikroorganisme tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman (Pratama & Zaeni, 2025).

Pengaruh Naungan Tajuk terhadap Mikroklimat Tanah

Berdasarkan hasil penelitian, naungan tajuk memberikan pengaruh terhadap kondisi mikroklimat tanah, terutama suhu dan kelembapan tanah. Mikroklimat merupakan kondisi iklim pada suatu area yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan di sekitarnya, seperti vegetasi, intensitas cahaya matahari, suhu, dan kelembapan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tajuk terbuka memiliki suhu tanah lebih tinggi dibandingkan tajuk rapat dan tajuk sedang. Kondisi tersebut terjadi karena area terbuka menerima paparan cahaya matahari secara langsung sehingga energi panas yang diterima tanah menjadi lebih besar. Sebaliknya, pada area dengan vegetasi lebih rapat, radiasi matahari yang masuk ke permukaan tanah menjadi lebih sedikit sehingga suhu tanah lebih rendah dan stabil.

Selain memengaruhi suhu tanah, naungan tajuk juga berpengaruh terhadap kelembapan tanah. Area yang memiliki vegetasi lebih rapat cenderung mampu mempertahankan kandungan air tanah lebih baik karena proses evaporasi berlangsung lebih lambat. Vegetasi berfungsi sebagai pelindung permukaan tanah dari paparan sinar matahari langsung sehingga kandungan air tanah tetap terjaga. Hubungan antara suhu dan kelembapan tanah menunjukkan bahwa peningkatan suhu tanah dapat menyebabkan meningkatnya laju penguapan air sehingga kelembapan tanah menjadi menurun. Sebaliknya, tanah yang memiliki kelembapan tinggi cenderung memiliki suhu lebih stabil karena kandungan air dalam tanah mampu menyerap dan menyimpan

panas lebih baik. Naungan tajuk juga berperan penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan tanah. Vegetasi membantu menjaga kondisi mikroklimat tanah tetap stabil, mengurangi kehilangan air akibat evaporasi, serta mendukung aktivitas organisme tanah. Oleh karena itu, keberadaan vegetasi sangat penting dalam menjaga kualitas lingkungan dan mendukung pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian sesuai dengan penelitian (Cahyaningsipratiwi et al., 2021) yang menyatakan bahwa tutupan vegetasi mampu menjaga kestabilan suhu dan kelembapan tanah. Selain itu, penelitian (Arifin et al., 2025) menjelaskan bahwa kondisi mikroklimat tanah dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, kelembapan tanah, dan kondisi lingkungan sekitar.

CONCLUSION

Perbedaan tingkat naungan tajuk berpengaruh terhadap kondisi mikroklimat tanah, khususnya suhu dan kelembapan tanah pada area penelitian kelapa sawit. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu tanah cenderung meningkat dari pagi hingga siang hari dan menurun kembali pada sore hari. Suhu tertinggi ditemukan pada tajuk terbuka pada pukul 13.00 dengan rata-rata sebesar 36,3 °C, sedangkan tajuk rapat dan tajuk sedang menurunkan suhu yang lebih rendah dan relatif stabil. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tingkat kerapatan vegetasi memengaruhi intensitas radiasi matahari yang diterima permukaan tanah. Kelembapan tanah pada seluruh kategori tajuk umumnya berada pada kondisi tinggi dengan kategori Wet hingga Wet+. Namun, dengan area vegetasi lebih rapat cenderung mampu mempertahankan kelembapan tanah lebih stabil dibandingkan area terbuka karena laju evaporasi yang lebih rendah. Dengan demikian, penelitian ini memberikan data spesifik mengenai kondisi suhu dan kelembapan tanah berdasarkan variasi tingkat naungan tajuk pada lokasi penelitian serta menunjukkan bahwa naungan tajuk berperan penting dalam menjaga kestabilan mikroklimat tanah.

REFERENSI

Anamulai, S., Sanusi, R., Zubaid, A., Lechner, A. M., Ashton-Butt, A., & Azhar, B. (2019). LAND USE CONVERSION FROM PEAT SWAMP FOREST TO OIL PALM AGRICULTURE GREATLY MODIFIES MICROCLIMATE AND SOIL CONDITIONS. *PeerJ*, 2019(10), 1–16. <https://doi.org/10.7717/peerj.7656>

- Arifin, S., Kurniawati, N., Agustiani, R., & Elsandika, G. (2025). SISTEM MONITORING KESUBURAN LAHAN PERTANIAN MENGGUNAKAN SENSOR PH, SENSOR SUHU, INTENSITAS CAHAYA, DAN KELEMBAPAN TANAH BERBASIS INTERNET OF THINGS. *Jurnal Riset Fisika Indonesia*, 2(2), 97–106.
- Cahyaningsipratiwi, S. R., Karyati, & Sarminah. (2021). SUHU DAN KELEMBAPAN TANAH PADA POSISI TOPOGRAFI DAN KEDALAMAN TANAH BERBEDA DI TAMAN SEJATI KOTA SAMARINDA. *Jurnal Agrifor*, 20, 189–198.
- Chalupecká, H., Jačka, L., Kuželková, M., Kovář, M., Rous, J., Abbasizadeh, H., Komárek, J., Preininger, D., & Lojka, B. (2026). THE EARLY-STAGE EFFECT OF ALLEY CROPPING SYSTEM ON THE SOIL MOISTURE AND TEMPERATURE OF DROUGHT-PRONE SILT-LOAM SOIL IN EUROPEAN TEMPERATE TRANSITIONAL CLIMATE. *Agroforestry Systems*, 100(3), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s10457-026-01436-4>
- Delgado, T., Ladino, G., & Arias, N. (2024). EVALUATION OF THE EFFECT OF SOIL WATER CONDITIONS ON THE DEVELOPMENT AND WATER REQUIREMENTS OF ADULT OIL PALM (*ELAEIS GUINEENSIS* JACQ.) IN THE NORTHERN REGION OF COLOMBIA. *Agronomy*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/agronomy14091976>
- Fitrianto, A. C., Darmawan, A., Tokimatsu, K., & Sufwandika, M. (2018). ESTIMATING THE AGE OF OIL PALM TREES USING REMOTE SENSING TECHNIQUE. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 148(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/148/1/012020>
- Greiser, C., Hederová, L., Vico, G., Wild, J., Macek, M., & Kopecký, M. (2024). HIGHER SOIL MOISTURE INCREASES MICROCLIMATE TEMPERATURE BUFFERING IN TEMPERATE BROADLEAF FORESTS. *Agricultural and Forest Meteorology*, 345. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109828>
- Harahap, M. F., Ramadhan, A. S., Siregar, F. R. Z., Saputra, R., Matondang, R. D. A., & Gunawan, H. (2025). BUDIDAYA PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DAN KARET. *AGRO ESTATE*, 9(2), 86–94.
- Komarudin, N. A., Yolanda, Y., Utama, P. B., & Teknologi, U. (2022). BAHANG TERASA PADA PERTANAMAN KELAPA SAWIT. 23–32.

- Nelvi, A., & Nata, R. A. (2023). SUNSHINE DURATION AND DIURNAL TEMPERATURE RANGE. 65–76.
- Pangemanan, E. F. S., Kalangi, J. I., Saroinsong, F. B., & Ratag, S. P. (2025). THE ROLE OF UNDERSTORY PLANTS IN MICROCLIMATE. *Jurnal Agroekoteknologi*, 6, 337–344.
- Pratama, A., & Zaeni, I. A. E. (2025). PERANCANGAN SENSOR NPK, PH, SUHU, DAN KELEMBAPAN TANAH BERBASIS IOT DAN ARDUINO UNTUK PERTANIAN MODERN. *JUPITER: Journal of Computer & Information Technology*, 6(1), 1–9.
- Siregar, S. N. H., & Hasibuan, A. (2024). PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI, FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS ISLAM SUMATERA UTARA, MEDAN, INDONESIA. *Jurnal Intelek Insan Cendekia*, 1(4), 939–943. <https://jicnusanantara.com/index.php/jiic/article/view/569>
- Suwardi, Sutiarso, L., Suwardi, S., Wirianata, H., Prima Nugroho, A., Primananda, S., Syarovy, M., Pradiko, I., & Hijri Darlan, N. (2024). ANALISIS PERILAKU AIR DI PERKEBUNAN KELAPA SAWIT PADA TANAH SPodosol DAN Ultisol MENGGUNAKAN SOIL MOISTURE CONTENT MONITORING SYSTEM (SMCMS). *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 32(1), 1–22. <https://doi.org/10.22302/iopri.jur.jpks.v32i1.270>