



**ANALISIS PENGARUH SUHU DAN KELEMBABAN TERHADAP EFISIENSI
FOTOSINTESIS DAN PRODUKTIVITAS TBS TANAMAN KELAPA SAWIT**

***ANALYSIS OF THE EFFECT OF TEMPERATURE AND HUMIDITY ON
PHOTOSYNTHESIS EFFICIENCY AND PRODUCTIVITY OF FFB OF OIL
PALM PLANTS***

**M. Farhan Harahap^{1*}, Akbar Syam Ramadhan², Faiq Raihan Zaky Siaregar³, Ridho
Saputra⁴, Rassid Dwi A Matondang⁵, Hari Gunawan⁶**

^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Budidaya Perkebunan, Fakultas Vokasi, Insitut Teknologi Sawit
Indonesia, Indonesia

*Corresponding Email: mfarhanharahap49@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh suhu dan kelembaban terhadap efisiensi fotosintesis serta hubungannya dengan produksi Tandan Buah Segar (TBS) pada tanaman kelapa sawit. Kajian ini menggunakan metode studi pustaka dengan mengumpulkan data sekunder yang bersumber dari berbagai jurnal nasional dan internasional terbitan tahun 2015 - 2025 yang relevan dengan topik mikroklimat dan fisiologi tanaman. Data dianalisis melalui pendekatan analisis isi untuk mengidentifikasi pola hubungan antara variabel mikroklimat dan respon fisiologis tanaman. Hasil kajian menunjukkan bahwa suhu tinggi menurunkan aktivitas enzim fotosintesis, mempercepat kehilangan air daun, serta memicu penutupan stomata yang berdampak pada penurunan fiksasi karbon. Sementara itu, kelembaban rendah meningkatkan defisit tekanan uap udara sehingga menekan konduktansi stomata dan menghambat proses fotosintesis. Interaksi kedua faktor tersebut menyebabkan gangguan pada keseimbangan source-sink tanaman dan berdampak langsung pada penurunan produksi TBS. Sebaliknya, kondisi suhu moderat dan kelembaban yang memadai mendukung efisiensi fotosintesis secara optimal dan meningkatkan produktivitas. Temuan ini menegaskan bahwa pengelolaan mikroklimat, khususnya suhu dan kelembaban, merupakan faktor penting dalam menjaga performa fisiologis dan hasil tanaman kelapa sawit serta relevan dalam menghadapi tantangan perubahan iklim.

Kata kunci : mikroklimat, fisiologi tanaman, konduktansi stomata, defisit tekanan uap, produktivitas tanaman.

Abstract

This study aims to analyze the effect of temperature and humidity on photosynthetic efficiency and Fresh Fruit Bunch (FFB) production in oil palm plantations. This study used a literature review method, collecting secondary data from various national and international journals published between 2015 and 2025, relevant to the topics of microclimate and plant physiology. The data were analyzed using an analytical approach to determine the relationship between microclimate variables and plant physiological responses. The results showed that high temperatures reduce photosynthetic enzyme activity, accelerate leaf air loss, and trigger stomatal closure, which results in decreased carbon fixation. Meanwhile, low humidity increases the air vapor pressure deficit, suppressing

stomatal conductance and inhibiting photosynthesis. The interaction of these two factors disrupts the plant's source-sink balance and directly impacts reduced FFB production. Conversely, moderate temperature and humidity conditions support optimal photosynthetic efficiency and increase productivity. These findings confirm that microclimate management, particularly temperature and humidity, is an important factor in maintaining the physiological performance and yield of oil palm plants and is relevant in facing the challenges of climate change.

Keywords: *microclimate, plant physiology, stomatal conductance, vapor pressure deficit, plant productivity.*

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan komoditas perkebunan terpenting di Indonesia dan menjadi sumber utama minyak nabati yang mendukung sektor pangan, energi, dan industri. Produktivitas tanaman kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh proses fisiologis daun, terutama fotosintesis sebagai mekanisme dasar pembentukan karbohidrat yang selanjutnya dialokasikan untuk pertumbuhan vegetatif dan generatif, termasuk pembentukan Tandan Buah Segar (TBS) (Parwati et al., 2024). Fotosintesis akan berlangsung optimal apabila tanaman memperoleh kondisi lingkungan yang mendukung, terutama terkait ketersediaan cahaya, suhu yang relatif stabil, dan kelembaban udara yang memadai (Evizal et al., 2021).

Secara fisiologis, suhu berperan penting dalam mengatur aktivitas enzim fotosintesis, efisiensi kloroplas, laju respirasi, serta keseimbangan antara proses karboksilasi dan fotorespirasi. Suhu yang terlalu tinggi dapat

meningkatkan aktivitas fotorespirasi dan menurunkan efisiensi pengikatan CO₂ sehingga laju fotosintesis menjadi berkurang (Wandana et al., 2024). Pada perkebunan kelapa sawit, suhu optimal untuk aktivitas fotosintesis umumnya berkisar antara 25–30°C; suhu yang melebihi kisaran tersebut dapat menyebabkan penutupan stomata dan penurunan kinerja fotosistem, yang pada akhirnya berdampak pada penurunan akumulasi biomassa dan produktivitas TBS (Pradiko et al., 2023).

Selain suhu, kelembaban udara juga memiliki pengaruh yang besar terhadap laju fotosintesis tanaman kelapa sawit. Kelembaban yang rendah meningkatkan defisit tekanan uap udara (*vapor pressure deficit*, VPD), mempercepat kehilangan air daun melalui proses transpirasi, serta memicu penutupan stomata sebagai mekanisme perlindungan terhadap dehidrasi. Kondisi tersebut menyebabkan penurunan pasokan CO₂ dan menekan laju fotosintesis, bahkan dapat memicu stres fisiologis dalam jangka panjang (Syahid

et al., 2025). Sebaliknya, kelembaban yang cukup tinggi berperan dalam menjaga keseimbangan air daun, mempertahankan pembukaan stomata, dan menjaga kestabilan aliran CO₂ sehingga proses fotosintesis dapat berlangsung secara optimal (Montoya et al., 2024). Hasil penelitian lapangan menunjukkan bahwa tanaman kelapa sawit yang tumbuh pada lingkungan dengan kelembaban optimal memiliki laju fotosintesis dan konduktansi stomata (kemampuan daun mengatur pertukaran gas) yang lebih tinggi dibandingkan tanaman yang tumbuh pada kondisi kelembaban rendah (Listia et al., 2015).

Beberapa penelitian di Indonesia juga menunjukkan bahwa variabel iklim seperti suhu udara, kelembaban, curah hujan, dan defisit tekanan uap secara simultan berperan dalam menentukan fluktuasi hasil Tandan Buah Segar tanaman kelapa sawit. Variasi unsur iklim tersebut mampu menjelaskan sebagian besar perubahan produktivitas pada berbagai umur tanaman dan kondisi agroekosistem yang berbeda (Pradiko et al., 2023). Temuan ini mengindikasikan bahwa suhu dan kelembaban tidak hanya memengaruhi proses fotosintesis pada tingkat daun, tetapi juga berperan penting dalam menentukan keberhasilan pengisian buah, pembentukan minyak, dan hasil panen tahunan.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih membahas pengaruh faktor iklim secara terpisah, seperti suhu, curah hujan, atau radiasi matahari. Kajian yang secara simultan menganalisis pengaruh suhu dan kelembaban terhadap efisiensi fotosintesis serta keterkaitannya dengan produksi TBS masih relatif terbatas dalam publikasi nasional maupun internasional (Wandana et al., 2024). Padahal, kedua variabel tersebut saling berinteraksi melalui mekanisme konduktansi stomata (kemampuan daun mengatur pertukaran gas), defisit tekanan uap (*vapor pressure deficit*, VPD), dan regulasi fisiologis daun.

Kondisi tersebut menunjukkan adanya celah penelitian yang perlu dikaji lebih lanjut, terutama di tengah perubahan iklim yang meningkatkan frekuensi suhu ekstrem dan kelembaban rendah pada perkebunan kelapa sawit. Pemahaman mengenai hubungan suhu dan kelembaban dengan respon fisiologis tanaman serta dampaknya terhadap produktivitas sangat penting sebagai dasar pengelolaan kebun yang adaptif dan berkelanjutan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh suhu dan kelembaban terhadap efisiensi fotosintesis serta hubungan keduanya dengan produksi Tandan Buah Segar (TBS) pada tanaman kelapa sawit, sehingga diharapkan dapat

memberikan kontribusi ilmiah dan menjadi dasar penyusunan rekomendasi pengelolaan kebun yang lebih efektif (Satria et al., 2025).

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini merupakan kajian pustaka yang tidak dilakukan di lokasi lapangan tertentu. Kegiatan penelitian dilaksanakan melalui penelusuran dan pengumpulan literatur ilmiah yang relevan selama periode penyusunan naskah, dengan memanfaatkan berbagai basis data (*database*) jurnal nasional dan internasional terbitan tahun 2015-2025.

Bahan dan Alat

Bahan penelitian berupa data sekunder yang berasal dari hasil-hasil penelitian terdahulu, artikel ilmiah, serta publikasi jurnal nasional dan internasional yang berkaitan dengan suhu, kelembaban, fotosintesis, dan produktivitas Tandan Buah Segar (TBS) tanaman kelapa sawit. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perangkat komputer dan akses ke database jurnal nasional serta beberapa jurnal internasional yang mendukung kajian fisiologi tanaman.

Desain atau Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain penelitian kualitatif dengan pendekatan kajian pustaka. Rancangan penelitian difokuskan pada pengumpulan, penelaahan, dan sintesis hasil-hasil penelitian sebelumnya untuk memahami hubungan antara variabel suhu, kelembaban, efisiensi fotosintesis, dan produktivitas TBS tanaman kelapa sawit.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian meliputi penelusuran literatur yang relevan, seleksi artikel berdasarkan kesesuaian topik, pengelompokan data berdasarkan variabel yang dikaji, serta analisis (analisis isi) terhadap temuan-temuan penelitian. Analisis dilakukan melalui proses identifikasi, kategorisasi, dan sintesis informasi untuk menemukan pola hubungan antara faktor iklim mikro dan respon fisiologis tanaman. Pengolahan data dilakukan dengan membandingkan temuan dari berbagai sumber dan menilai kesesuaian antar penelitian.

Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati dalam kajian ini meliputi suhu udara, kelembaban udara, efisiensi fotosintesis, serta produktivitas Tandan Buah Segar tanaman kelapa sawit sebagaimana dilaporkan dalam literatur yang dianalisis. Kesimpulan ditarik secara deduktif

berdasarkan kekuatan dukungan ilmiah dari berbagai sumber pustaka yang digunakan, sehingga diperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai pengaruh suhu dan kelembaban terhadap efisiensi fotosintesis dan produktivitas tanaman kelapa sawit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Suhu terhadap Efisiensi Fotosintesis Kelapa Sawit

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa suhu merupakan salah satu faktor lingkungan utama yang menentukan efisiensi fotosintesis pada tanaman kelapa sawit. Peningkatan suhu di atas kisaran optimal, khususnya di atas 30°C, dilaporkan menyebabkan penurunan aktivitas enzim karboksilase Rubisco (ribulosa-1,5-bisfosfat karboksilase/oksigenase) serta peningkatan proses fotorespirasi, sehingga laju fotosintesis menurun secara nyata (Pradiko et al., 2023). Kondisi tersebut diperkuat oleh temuan Wandana et al. (2024) yang menyatakan bahwa cekaman suhu tinggi memicu penurunan tekanan air daun, mempercepat penutupan stomata, dan mengurangi efisiensi fotosistem II pada tanaman kelapa sawit. Temuan ini menunjukkan bahwa suhu tinggi tidak hanya memengaruhi reaksi biokimia fotosintesis, tetapi juga

memengaruhi mekanisme fisik daun dalam mengatur pertukaran gas dan keseimbangan air (Wandana et al., 2024).

Pengaruh Kelembaban terhadap Stabilitas Fotosintesis

Selain suhu, kelembaban udara berperan penting dalam menjaga stabilitas proses fotosintesis. Kelembaban yang rendah meningkatkan defisit tekanan uap udara defisit tekanan uap udara (*Vapor Pressure Deficit*, VPD), sehingga mempercepat laju transpirasi dan mendorong penutupan stomata untuk mengurangi kehilangan air (Ningsih et al., 2023). Kondisi ini secara langsung menurunkan pasokan CO₂ yang diperlukan dalam proses fotosintesis. Sebaliknya, kelembaban yang berada pada kisaran optimal terbukti mampu meningkatkan konduktansi stomata dan laju fotosintesis pada berbagai genotipe (tipe genetik) kelapa sawit (Montoya et al., 2024). Hal tersebut menunjukkan bahwa kelembaban udara berfungsi sebagai faktor kunci dalam menjaga keseimbangan air daun dan efisiensi fisiologis tanaman.

Interaksi Suhu dan Kelembaban terhadap Respon Fisiologis Tanaman

Interaksi antara suhu dan kelembaban sebagai faktor mikroklimat

memberikan pengaruh yang lebih kompleks terhadap proses fisiologis tanaman kelapa sawit. Penelitian oleh Listia et al. (2015) menunjukkan bahwa kombinasi suhu tinggi dan kelembaban rendah menyebabkan penurunan tingkat pembukaan stomata, tekanan air daun, serta laju fotosintesis secara simultan (Listia et al., 2015). Lokasi dengan suhu tinggi dan kondisi udara yang lebih kering menunjukkan penurunan fotosintesis yang lebih tajam dibandingkan wilayah dengan kelembaban lebih tinggi. Hal ini menegaskan bahwa suhu dan kelembaban bekerja secara bersamaan dalam menentukan performa fisiologis tanaman (Yohansyah & Lubis, 2019).

Variabilitas Mikroklimat dan Dampaknya terhadap Fotosintesis

Variabilitas suhu harian dan fluktuasi kelembaban di bawah tegakan kelapa sawit turut memengaruhi stabilitas mikroklimat kebun. Peningkatan suhu siang hari di atas 32°C dilaporkan menyebabkan perubahan pola bukaan stomata dan menurunnya kemampuan daun dalam mempertahankan tekanan air, sehingga aktivitas fotosintesis mengalami penurunan (Listia et al., 2015). Selain itu, kelembaban relatif yang berada di bawah 60% dilaporkan berhubungan dengan penurunan produktivitas kelapa sawit, khususnya pada fase pengisian buah

(Benny et al., 2021). Temuan ini mengindikasikan bahwa fluktuasi mikroklimat harian memiliki dampak nyata terhadap proses fisiologis tanaman.

Implikasi Fisiologis terhadap Produksi Tandan Buah Segar

Dari sudut pandang fisiologi tanaman, kemampuan daun dalam menjaga keseimbangan air menjadi faktor kunci dalam mempertahankan efisiensi fotosintesis. Suhu tinggi mempercepat kehilangan air daun, sementara kelembaban rendah meningkatkan defisit tekanan uap udara yang mendorong penutupan stomata dan menurunkan asupan CO₂ (Chiarawipa et al., 2020). Kondisi ini dapat menyebabkan penurunan stabilitas membran kloroplas serta berkurangnya kapasitas fotosintesis maksimum pada tanaman kelapa sawit (Najihah et al., 2019).

Dampak lanjutan dari gangguan fisiologis tersebut terlihat pada hasil produksi. Fluktuasi suhu dan kelembaban ekstrem dilaporkan mengganggu keseimbangan *source-sink* (sumber–tujuan asimilat) tanaman, sehingga memengaruhi perkembangan bunga, proses polinasi, dan pengisian buah (Pradiko et al., 2023). Lingkungan dengan suhu tinggi dan kelembaban rendah dilaporkan menyebabkan penurunan

produksi Tandan Buah Segar hingga 15–25% Stres lingkungan yang berlangsung lama juga berpengaruh terhadap penurunan jumlah spikelet produktif dan ukuran buah rata-rata (Rinandyta & June, 2025). Selain itu, perubahan mikroklimat pada perkebunan monokultur dilaporkan mampu mengurangi fiksasi karbon, sehingga suplai fotosintat ke organ generatif menjadi terbatas dan produksi TBS menurun secara konsisten (Mulyono & Qomar, 2022).

Sintesis Hasil dan Implikasi Pengelolaan Kebun

Secara keseluruhan, sintesis berbagai hasil penelitian menunjukkan pola yang konsisten bahwa suhu tinggi dan kelembaban rendah merupakan kondisi yang paling merugikan bagi efisiensi fotosintesis dan produktivitas Tandan Buah Segar tanaman kelapa sawit. Sebaliknya, suhu yang moderat dan kelembaban relatif tinggi mampu mempertahankan laju fotosintesis, menjaga kesehatan fisiologis daun, dan meningkatkan produktivitas tanaman secara berkelanjutan (Prasetio et al., 2023). Oleh karena itu, suhu dan kelembaban dapat dijadikan indikator utama dalam pengelolaan kebun kelapa sawit, terutama dalam perumusan strategi adaptasi terhadap perubahan iklim.

Tabel 1. Ringkasan Pengaruh Suhu dan Kelembaban terhadap Fotosintesis dan Produksi TBS Kelapa Sawit

Penulis (Tahun)	Faktor Iklim	Respon Fisiologis Utama	Dampak terhadap Produksi
Pradiko et al. (2023)	Suhu >30°C	Aktivitas enzim Rubisco menurun, fotorespirasi meningkat	Produksi Penurunan TBS
Wandana et al. (2024)	Suhu tinggi	Penutupan stomata, efisiensi fotosistem II menurun	Laju Fotosintesis turun
Montoya et al. (2024)	Kelembaban optimal	Konduktansi stomata meningkat	Produktivitas TBS meningkat
Listia et al. (2020)	Suhu tinggi + RH rendah	Tekanan air daun menurun, pembukaan stomata berkurang	Penurunan fotosintesis
Benny et al. (2021)	Kelembapan relatif <60%	Stres fisiologis tanaman meningkat	Produksi TBS menurun
Pradiko et al. (2023)	Mikroklimat ekstrem	Gangguan keseimbangan <i>source–Sink</i> tanaman	Penurunan hasil TBS sebesar 15–25%

KESIMPULAN

Hasil kajian menunjukkan bahwa suhu dan kelembaban merupakan faktor mikroklimat utama yang berpengaruh terhadap efisiensi fotosintesis dan produktivitas Tandan Buah Segar (TBS) tanaman kelapa sawit. Suhu tinggi menurunkan aktivitas enzim fotosintesis, meningkatkan fotorespirasi, mempercepat kehilangan air daun, serta memicu

penutupan stomata yang menyebabkan penurunan laju fotosintesis. Kelembaban rendah meningkatkan defisit tekanan uap udara sehingga menghambat masuknya CO₂ ke daun dan memperburuk efisiensi fotosintesis. Interaksi kedua faktor tersebut berdampak pada penurunan kinerja fisiologis tanaman dan berlanjut pada penurunan produktivitas TBS melalui gangguan keseimbangan source–sink, pembentukan bunga, polinasi, dan pengisian buah. Sebaliknya, kondisi suhu moderat dan kelembaban yang memadai mendukung stabilitas fisiologis daun, fiksasi karbon yang optimal, dan ketersediaan fotosintat bagi pertumbuhan vegetatif dan generatif. Dengan demikian, pengelolaan mikroklimat, khususnya suhu dan kelembaban, menjadi faktor kunci dalam mempertahankan produktivitas kelapa sawit dan mendukung strategi adaptasi kebun terhadap perubahan iklim.

DAFTAR PUSTAKA

- Chiarawipa, R., Thongna, K., & Sdoodee, S. (2020). *Assessing impact of weather variability and changing climate on oil-palm yield in major growing regions of southern Thailand*. 274–284.
- Evizal, R., Sari, R. Y., Saputra, H., Setiawan, K., & Prasmatiw, F. (2021). *PENGARUH IRIGASI PADA PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI KELAPA SAWIT*. 20(1), 58–67.
- Listia, E., Pradiko, I., Syarovy, M., Hidayat, F., Ginting, E. N., & Farrasati, R. (2015). *Pengaruh Ketinggian Tempat terhadap Performa Fisiologis Tanaman Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis Jacq .)*. 51, 33–42.
- Montoya, C., Daza, E., & Mejía-Alvarado, F. S. (2024). *Photosynthetic Performance of Oil Palm Genotypes under Drought Stress*.
- Mulyono, B., & Qomar, N. (2022). *Microclimate Characteristics On Oil Palm (Elaeis guineensis Jacq .) And Agarwood (Aquilaria malaccensis Lamrk .) Agroforestry System*. 4(1).
- Najihah, T. S., Ibrahim, M. H., Razak, A. A., & Nulit, R. (2019). *Effects of water stress on the growth , physiology and biochemical properties of oil palm seedlings*. 4(September), 854–868. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2019.4.854>
- Ningsih, T., Sitompul, I. O. Y., & Siahaan, S. D. (2023). *Analisa Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Kelapa Sawit Di Kebun Tanah Raja PT . Bakrie Sumatera Plantations*. 2, 166–174
- Parwati, W. D. U., Nadeak, F. H., & Kautsar, V. (2024). *Analisis Pertumbuhan dan Produktivitas Kelapa Sawit pada Variasi Kerapatan Tanam (Analysis of Growth and Productivity of Oil Palm under Variations in Planting Density)*. 12(2), 105–116.
- Pradiko, I., And, H., & June, T. (2023). *Quantification of Climate Factors Contributing to Variation of Oil Palm Yield*. 31(2), 108–123.

Prasetio, R., Wirianata, H., & Tarmadja, S. (2023). *Kajian Pengaruh Perbedaan Kerapatan Tanam dan Tahun Tanam terhadap Produktivitas Kelapa Sawit (Study of the Effect of Differences in Planting Density and Planting Year on Oil Palm Productivity)*. 11(3), 197–204.

Rinandya, K., & June, T. (2025). *Water Use Efficiency and Adaptive Responses of Oil Palm under El Niño-Induced Drought and Haze*. 39(2), 86–94. <https://doi.org/10.29244/j.agromet.39.2.86-94>

Satria, R. E., Sofyan, E. T., Ishak, M., & Sule, S. (2025). *SISTEMATIC LITERATURE REVIEW : STRATEGI PENINGKATAN PRODUKTIVITAS KELAPA SAWIT DALAM MENGHADAPI PERUBAHAN IKLIM* *Systematic Literature Review : Strategies for Increasing Oil Palm Productivity in the Face of Climate Change*. 12(1), 81–88. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2025.012.1.8>

Syahid, L. N., Luo, X., Zhao, R., Ser, J., & Lee, H. (2025). *Climate drives variation in remotely sensed palm oil yield in Indonesia and Malaysia*.

Wandana, F. A., Hamid, A., Wahyuni, S., & Dhora, A. (2024). *Dampak perubahan iklim terhadap produktivitas kelapa sawit (elaeis guineensis jacq) di PT Inti Indosawit Subur Desa Delima Jaya Koperasi Mulus Rahayu*. 7(4), 2511–2517.

Yohansyah, W. M., & Lubis, I. (2019). *Analisis Produktivitas Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di PT. Perdana Inti Sawit Perkasa I, Riau*. 2(1), 125-131.