



Ranah Research

E-ISSN: 2655-0865

Journal of Multidisciplinary Research and Development

082170743613

ranahresearch@gmail.com

<https://jurnal.ranahresearch.com>



DOI: <https://doi.org/10.38035/rrj.v8i3>

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Pengaruh Lingkungan terhadap Produktivitas Kelapa Sawit di Afdeling III Kebun Bah Birung Ulu PT Perkebunan Nusantara IV Regional II

Muhammad Iswan¹, Aulia Juanda Djaingsastro², Saroha Manurung³

¹Institut Teknologi Sawit Indonesia, Medan, Indonesia, muhammadiswanoppo@gmail.com

²Institut Teknologi Sawit Indonesia, Medan, Indonesia, aulia_juanda@itsi.ac.id

³Institut Teknologi Sawit Indonesia, Medan, Indonesia, saroha@itsi.ac.id

Corresponding Author: aulia_juanda@itsi.ac.id²

Abstract: *This study aims to analyze the influence of environmental factors on oil palm productivity in Afdeling III Bah Birung Ulu Plantation, PT Perkebunan Nusantara IV Regional II. The environmental factors studied include rainfall, air temperature, relative humidity, and sunlight intensity. The study was conducted in February–March 2026 using a qualitative descriptive method with primary and secondary data collection. Environmental data were obtained through field measurements using a thermohygrometer and lux meter, while productivity data were obtained from plantation production archives. Plant productivity was measured based on the weight of fresh fruit bunches (FFB) per hectare. The results showed that the average rainfall at the study site reached 3,579.8 mm/year with an average of 147.9 rainy days/year. Air temperature ranged from 23–28°C, relative humidity was in the range of 68–92%, and sunlight intensity ranged from 1,367–3,121 lux. The highest productivity was recorded in the 2008 planting year at 2,184 kg/ha, while the lowest productivity was in the 2006 planting year at 1,026 kg/ha. Sunlight intensity is an environmental factor strongly suspected of influencing oil palm productivity because it plays a direct role in the photosynthesis process. Plant age also influences oil palm productivity. Further research is recommended to consider other factors such as soil conditions, fertilization, and cultivation management to obtain a more comprehensive productivity model.*

Keyword: *oil palm, productivity, environmental factors, sunlight intensity, rainfall, relative humidity, air temperature*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh faktor lingkungan terhadap produktivitas kelapa sawit di Afdeling III Kebun Bah Birung Ulu PT Perkebunan Nusantara IV Regional II. Faktor lingkungan yang dikaji meliputi curah hujan, suhu udara, kelembapan relatif, dan intensitas cahaya matahari. Penelitian dilaksanakan pada Februari–Maret 2026 menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan pengumpulan data primer dan sekunder. Data lingkungan diperoleh melalui pengukuran lapangan menggunakan alat thermohygrometer dan lux meter, sedangkan data produktivitas diperoleh dari arsip produksi kebun. Produktivitas tanaman diukur berdasarkan berat tandan buah segar (TBS) per hektar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata curah hujan di lokasi penelitian mencapai 3.579,8 mm/tahun dengan rata-rata hari hujan sebesar 147,9 hari/tahun. Suhu udara berkisar antara 23–28°C, kelembapan relatif berada pada kisaran 68–92%, dan intensitas cahaya matahari berkisar 1.367–3.121 lux. Produktivitas tertinggi tercatat pada tahun tanam 2008 sebesar 2.184 kg/ha, sedangkan produktivitas terendah pada tahun tanam 2006 sebesar 1.026 kg/ha. Intensitas cahaya matahari merupakan faktor lingkungan yang diduga kuat mempengaruhi produktivitas kelapa sawit karena berperan langsung dalam proses fotosintesis. Serta faktor umur tanaman juga mempengaruhi produktivitas kelapa sawit. Penelitian lanjutan disarankan mempertimbangkan faktor lain seperti kondisi tanah, pemupukan, dan manajemen budidaya untuk memperoleh model produktivitas yang lebih komprehensif.

Kata Kunci: kelapa sawit, produktivitas, faktor lingkungan, intensitas cahaya matahari, curah hujan, kelembapan relatif, suhu udara.

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) merupakan salah satu komoditas perkebunan utama di Indonesia dan memiliki peran signifikan dalam perekonomian nasional. Sebagai penghasil utama minyak nabati di dunia, industri kelapa sawit mendukung berbagai sektor seperti pangan, oleokimia, dan biodiesel. Produktivitas kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, khususnya kondisi lingkungan seperti curah hujan, suhu, kelembapan udara, intensitas sinar matahari, serta ketersediaan nutrisi dalam tanah. Faktor-faktor tersebut berdampak langsung pada proses fisiologis tanaman, mulai dari fotosintesis, pembentukan bunga dan buah, hingga pencapaian hasil panen (Satria, *et al.*, 2025).

Perubahan iklim global dan meningkatnya variabilitas lingkungan menjadi tantangan utama dalam menjaga produktivitas kelapa sawit tetap optimal. Kebun Bah Birung Ulu, yang merupakan bagian dari PTPN IV Regional II, berada di wilayah dengan kondisi agroklimat yang bervariasi. Kebun ini menghadapi berbagai kendala akibat perubahan pola curah hujan, kenaikan suhu udara, fluktuasi kelembapan, serta variasi intensitas sinar matahari. Kondisi iklim ekstrem seperti El Niño juga dapat memicu kekeringan berkepanjangan, yang berisiko menurunkan hasil produksi tandan buah segar (Djaingsastro, A. J. (2018).

Curah hujan yang berlebihan akibat hujan deras berkepanjangan dapat menyebabkan genangan dan mengurangi oksigen tanah, yang menghambat pertumbuhan akar. Selain itu, perubahan cahaya matahari dan nutrisi tanah turut memengaruhi proses fotosintesis dan pembentukan biomassa tanaman kelapa sawit. Memahami dampak variabilitas lingkungan sangat penting untuk mendukung strategi adaptasi dalam pengelolaan kelapa sawit yang berkelanjutan (Putra, *et al.*, 2022).

Tujuan penelitian ini yaitu Menganalisis hubungan antara variabilitas curah hujan, suhu udara, kelembapan, intensitas cahaya matahari terhadap produktivitas kelapa sawit di Kebun Bah Birung Ulu PTPN IV Regional II. Mengidentifikasi faktor lingkungan yang paling dominan mempengaruhi produktivitas kelapa sawit di lokasi penelitian. Menyusun rekomendasi strategi adaptasi untuk mengurangi dampak negatif variabilitas lingkungan terhadap produktivitas kelapa sawit.

METODE

Penelitian ini akan dilaksanakan di Kebun Bah Birung Ulu, yang merupakan bagian dari PTPN IV Regional II dengan ketinggian tempat berkisar 800-1000 mdpl. Lokasi perkebunan ini terletak di Desa Bah Birung Ulu Kecamatan Sidamanik Kabupaten Simalungun, Provinsi Sumatera Utara. Waktu penelitian ini dilaksanakan dari bulan Februari sampai maret 2026.

Penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan menggambarkan hubungan antara variabel lingkungan dengan tingkat produktivitas tanaman kelapa sawit. Untuk data sekunder yang dikumpulkan meliputi, Curah hujan 5 tahun terakhir dan data Produktivitas kelapa sawit dinilai berdasarkan berat tandan buah segar (TBS) per hektar. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu thermohygrometer dan Lux meter, Alat tulis, Camera untuk dokumentasi, GPS Handphone untuk penentuan lokasi titik dan alat pendukung lainnya. Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah curah hujan, suhu udara, kelembapan relatif, intensitas cahaya matahari.

Teknik Penelitian

Perijinan lokasi penelitian dilakukan di Kebun Bah Birung Ulu PT. Perkebunan Nusantara IV Regional II, menentukan blok sebagai tempat titik penelitian, melakukan pengukuran suhu udara dengan menggunakan alat thermohygrometer dilakukan pada setiap 3 hari sekali sehingga di peroleh sepuluh kali pengamatan dalam satu bulan, mengukur kelembapan relatif menggunakan alat thermohygrometer dilakukan pada setiap 3 hari sekali, melakukan pengukuran intensitas matahari menggunakan alat lux meter dilakukan pada setiap 3 hari sekali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah Hujan

Data curah hujan di Afdeling III Kebun Bah Birung Ulu PT. Perkebunan Nusantara IV dari tahun 2022 sampai dengan 2026 dapat dilihat sebagai berikut

Tabel 1. Data Curah Hujan Dan Hari Hujan 5 Tahun Terakhir

Bulan	2022		2023		2024		2025		2026		Rata-rata	
	CH	HH	CH	HH	CH	HH	CH	HH	CH	HH	CH	HH
Januari	270	11	301	13	242	9	354	13	78	5	249	10,2
Februari	370	15	381	11	173	8	288	12	90	7	260,4	10,6
Maret	497	17	403	16	121	11	277	12	180	8	295,6	12,8
April	482	19	164	8	304	12	276	11	0	0	306,5	12,5
Mei	237	10	278	11	232	9	120	6	0	0	216,75	9
Juni	291	14	181	7	268	14	64	6	0	0	201	10,25
Juli	90	5	164	7	52	3	24	2	0	0	82,5	4,25
Agustus	407	18	608	22	388	15	353	14	0	0	439	17,25
September	301	15	425	13	355	14	297	12	0	0	344,5	13,5
Oktober	256	19	477	19	735	18	164	12	0	0	408	17
November	574	21	485	16	644	23	179	9	0	0	470,5	17,25
Desember	373	13	380	14	231	11	240	15	0	0	306	13,25
Total	4,148	177	4,247	157	3,745	147	2,636	124	348	20	3579,8	147,9

Sumber: Data Kantor Afdeling III

Berdasarkan tabel 1, Pada rentang waktu 2022-2026 terdapat curah hujan tertinggi yaitu pada tahun 2023 dengan curah hujan 4.247 mm/tahun dan curah hujan terendah yaitu pada tahun 2026 dengan curah hujan 348 mm/tahun, curah hujan yang rendah disebabkan oleh data yang di peroleh pada tahun 2026 hanya ada 3 bulan saja. Dengan rentang waktu pertahun rata-rata curah hujan tertinggi pada bulan November yaitu 470,5 mm, sedangkan rata-rata curah hujan terendah jatuh pada bulan Juli 82,5 mm. Dari hasil ini bahwa curah hujan Kebun Bah Birung Ulu yang terjadi mulai tahun 2022-2026 secara total rata-rata adalah 3.579,8 mm/tahun. Curah hujan merupakan salah satu faktor iklim utama yang harus terpenuhi agar tanaman kelapa sawit dapat tumbuh dan berproduksi secara optimal. Ketersediaan air dari curah hujan sangat berperan dalam mendukung proses fisiologis tanaman, terutama pada fase generatif seperti pembentukan bunga dan buah. Apabila curah

hujan tidak mencukupi, maka tanaman akan mengalami cekaman air yang dapat menghambat pembentukan bunga, meningkatkan gugurnya bunga betina, serta menurunkan produktivitas secara keseluruhan (Junaedi Dkk., 2021).

Pada rentang waktu 2022-2026 terdapat hari hujan terbanyak pada tahun 2022 dengan hari hujan 177 hari/tahun dan hari hujan terendah pada tahun 2026 dengan hari hujan 20 hari/tahun. Dalam rentang waktu pertahun rata-rata hari hujan tertinggi terdapat pada bulan Agustus dan November yaitu 17,25 hari/bulan, sedangkan rata-rata hari hujan terendah pada bulan Mei yaitu 9 hari/ bulan. Dari hasil ini bahwa hari hujan Kebun Bah Birung Ulu yang terjadi mulai tahun 2022-2026 secara total rata-rata adalah 147,9 hari/tahun berdasarkan Yolan *et al.*, (2015) tanaman kelapa sawit membutuhkan jumlah hari hujan yang tidak lebih dari 180 hari per tahun dengan pembagian hari hujan yang merata setiap tahunnya.

Suhu udara

Data Suhu rata-rata Bulanan ($^{\circ}\text{C}$) di Afdeling III Kebun Bah Birung Ulu dari Bulan Februari sampai dengan Maret tahun 2026 dapat dilihat sebagai berikut

Tabel 2. Data Suhu Udara ($^{\circ}\text{C}$)

No Pengamatan	Bulan		Rata-Rata
	Februari	Maret	
1	25	26	26
2	26	24	25
3	26	25	26
4	27	27	27
5	24	25	25
6	23	26	25
7	27	27	27
8	28	26	27
9	26	27	27
10	26	24	25
Total	258	257	260

Sumber: data Data Lapangan Kebun Bah Birung Ulu

Tabel 2, dapat diketahui bahwa suhu udara rata-rata bulanan di Afdeling III Kebun Bah Birung Ulu selama bulan Februari hingga Maret tahun 2026 berkisar antara 23°C hingga 27°C . Data suhu udara diukur dengan menggunakan alat thermohygrometer dilakukan pada setiap 3 hari sekali sehingga di peroleh sepuluh kali pengamatan dalam satu bulan. Hasil total suhu dari seluruh pengamatan menunjukkan bahwa bulan Februari memiliki suhu udara paling tinggi dengan total 258°C , disusul oleh bulan Maret dengan 257°C . Rata-rata suhu bulan februari-maret adalah 24°C - 27°C .

Suhu merupakan salah satu faktor lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap produktivitas kelapa sawit. Hal ini berkaitan dengan aktivitas enzim yang bekerja optimal pada kisaran suhu tertentu. Pada suhu sekitar 23°C , reaksi enzimatik berlangsung dengan baik sehingga mendukung proses fisiologis tanaman. Menurut Siregar *et al.*, (2015) Peningkatan suhu hingga batas optimal akan mempercepat berbagai proses fisiologis, termasuk pembentukan dan pematangan buah. Kelapa sawit umumnya tumbuh optimal pada suhu 24 – 28°C , dengan batas minimum sekitar 18°C dan maksimum 32°C . Suhu udara yang terlalu rendah pada periode tertentu dapat menghambat proses penyerbukan bunga, sehingga berdampak pada terganggunya pembentukan buah. Sebaliknya, suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan laju evapotranspirasi di areal perkebunan, yang secara tidak langsung dapat merangsang pembungaan. Oleh karena itu, suhu udara memegang peranan penting dalam mendukung keberhasilan proses pembungaan, pembuahan, hingga pematangan buah pada tanaman kelapa sawit.

Kelembapan Relatif

Tabel 3. Data Kelembapan Relatif (%)

No Pengamatan	Bulan		Rata-Rata
	Februari	Maret	
1	78	92	85
2	81	75	78
3	85	88	86,5
4	68	73	70,5
5	77	77	77
6	91	90	90,5
7	82	84	83
8	79	88	83,5
9	76	74	75
10	80	83	81,5
Rata-Rata	79,7	82,4	81,05

Sumber: Data Lapangan Kebun Bah Birung Ulu

Berdasarkan Tabel 3, dapat diketahui bahwa kelembapan relatif udara di Afdeling III Kebun Bah Birung Ulu selama bulan Februari hingga Maret 2026 berada pada kisaran 68% hingga 92%. Data kelembapan menggunakan alat thermohygrometer dilakukan pada setiap 3 hari sekali sehingga di peroleh sepuluh kali pengamatan dalam satu bulan. Hasil total kelembapan menunjukkan bahwa bulan Maret memiliki kelembapan relatif tinggi dengan jumlah 82,4%, diikuti oleh bulan Februari sebesar 79,7%. Rata-rata kelembapan relatif selama dua bulan tersebut adalah 81,05%.

Kelembaban udara merupakan salah satu faktor iklim penting yang dapat digunakan sebagai indikator tingkat penguapan dan ketersediaan air bagi tanaman di suatu wilayah. Kondisi kelembaban yang optimal mampu menekan laju penguapan, sehingga air dalam tanah dapat dimanfaatkan secara maksimal oleh tanaman untuk mendukung berbagai proses metabolisme penting di dalam jaringan. Sebaliknya, kelembaban udara yang rendah akan meningkatkan laju penguapan. Jika kondisi ini terjadi pada daerah dengan cadangan air tanah terbatas serta curah hujan yang rendah, maka dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman kelapa sawit, yang pada akhirnya berdampak pada penurunan produktivitas dan rendemen minyak (Siregar *et al.*, 2015).

Intensitas Cahaya Matahari

Tabel 4. Intensitas Cahaya Matahari (Lux)

No Pengamatan	Bulan		Rata-Rata
	Februari	Maret	
1	1.437	1.470	1.453,5
2	2.109	1.697	1.903
3	2.063	1.963	2.013
4	1.669	2.854	2.261,5
5	2.678	2.651	2.664,5
6	1.775	1.803	1.789
7	2.315	3.082	2.698,5
8	3.121	1.691	2.406
9	1.589	2.045	1.817
10	1.768	1.367	1.567,5
Total	20.524	20.651	20.573,5

Sumber: Data Lapangan Kebun Bah Birung Ulu

Berdasarkan Tabel 4, data intensitas cahaya matahari di Afdeling III Kebun Bah Birung Ulu selama bulan Februari hingga Maret 2026 menunjukkan variasi yang cukup signifikan antar pengamatan dan antar bulan. Total intensitas cahaya matahari tertinggi tercatat pada bulan Maret dengan jumlah 20.651 Lux, diikuti oleh bulan Februari 20.524 Lux. Data intensitas matahari menggunakan alat lux meter dilakukan pada setiap 3 hari sekali sehingga di peroleh sepuluh kali pengamatan dalam satu bulan. Fluktuasi nilai intensitas cahaya ini dipengaruhi oleh kondisi cuaca seperti tutupan awan dan curah hujan. pada Tabel 4. Menunjukkan angka terendah sebesar 1.367 Lux, yang mengindikasikan cuaca mendung atau hujan yang menyebabkan rendahnya penetrasi sinar matahari ke permukaan tanah. nilai intensitas cahaya tinggi, yaitu 3.121 Lux, menandakan langit yang cerah dan kondisi matahari yang optimal. Intensitas cahaya matahari merupakan salah satu faktor lingkungan utama yang memengaruhi proses fotosintesis pada tanaman kelapa sawit. Semakin tinggi intensitas cahaya yang diterima tanaman dalam batas optimal, maka semakin tinggi pula potensi produksi asimilat yang diperlukan dalam pembentukan buah. Namun, kelebihan cahaya tanpa didampingi kelembaban dan suhu yang mendukung juga dapat menyebabkan stres tanaman.

Produktivitas Kelapa Sawit Per Hektar Per Bulan (Kg/Ha)

Tabel 5. Produktivitas Kelapa Sawit per hektar per bulan (kg/ha)

Tahun Tanam	Blok	Luas (Ha)	Pkk Produktif	Pkk/Ha	Bulan	
					Februari kg/ha	Maret kg/ha
2006	C	9	1.021	113	1.026	1.119
2008	Q	6	447	75	1.906	2.184
2016	I	11	1.243	113	1.890	1.201
2017	B	16	1.365	85	1.829	1.722

Sumber: Data Kantor Afdeling III

Berdasarkan Tabel 5, produktivitas kelapa sawit di Afdeling III Kebun Bah Birung Ulu pada bulan Februari dan Maret menunjukkan variasi antar tahun tanam yang cukup jelas. Produktivitas dihitung dalam satuan kilogram per hektar (kg/ha) per bulan, dengan nilai yang umumnya lebih tinggi pada bulan Maret dibandingkan Februari. Pada tahun tanam 2008 (Blok Q), produktivitas tercatat sebesar 1.906 kg/ha pada bulan Februari dan meningkat menjadi 2.184 kg/ha pada bulan Maret. Pola yang terbalik terlihat pada tahun tanam 2017 (Blok B), dengan produktivitas sebesar 1.829 kg/ha pada Februari dan sedikit menurun menjadi 1.722 kg/ha pada Maret. Tahun tanam 2016 (Blok I) menunjukkan nilai yang sedikit lebih tinggi pada Februari yaitu 1.890 kg/ha, namun menurun menjadi 1.201 kg/ha pada bulan Maret. Sementara itu, tahun tanam 2006 (Blok C) memiliki produktivitas paling rendah dibandingkan tahun tanam lainnya, yaitu sebesar 1.026 kg/ha pada Februari dan sedikit meningkat menjadi 1.119 kg/ha pada Maret. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman dengan umur lebih tua cenderung memiliki tingkat produktivitas yang rendah. Secara umum, dapat disimpulkan bahwa terjadi peningkatan produktivitas dari bulan Februari ke Maret pada sebagian besar tahun tanam, kecuali pada tahun tanam 2006 yang mengalami sedikit penurunan. Perbedaan produktivitas ini dipengaruhi oleh faktor umur tanaman, jumlah pokok produktif per hektar. Peningkatan produktivitas kelapa sawit diduga berkaitan erat dengan kondisi iklim, seperti curah hujan, kelembaban udara, suhu, intensitas cahaya, serta faktor iklim lainnya dalam periode tertentu. Meskipun tidak semua komponen tersebut memberikan pengaruh yang dominan, setidaknya terdapat satu faktor iklim yang berperan sebagai penentu utama dalam memengaruhi produktivitas kelapa sawit. Pada kebun Bah Birung Ulu AFD III Curah hujan cukup tinggi dengan total rata-rata adalah 3.579,8 mm/tahun. Menurut (Saroha Manurung *et al.*, 2024) Salah satu faktor iklim yang berpengaruh terhadap produksi kelapa sawit adalah curah hujan. Tanaman kelapa sawit membutuhkan ketersediaan air yang cukup

melalui curah hujan tahunan yang relatif tinggi, yaitu sekitar 2000–2500 mm per tahun, serta distribusinya merata sepanjang tahun agar pertumbuhan dan produksinya optimal. Namun, Afdeling III mengalami kondisi kelebihan air, sehingga produksi kelapa sawit di wilayah tersebut menjadi kurang optimal. Kelebihan air dapat meningkatkan risiko terjadinya aliran permukaan (*run off*) yang menyebabkan erosi tanah. Akibatnya, lapisan tanah atas yang kaya bahan organik dan unsur hara ikut terkikis dan hilang, sehingga berdampak pada penurunan produktivitas kelapa sawit (Khasanah *et al.*, 2004). Suhu udara pada Afdeling III kisaran 24°C-27°C. Menurut Fauzi (2005), suhu optimum bagi pertumbuhan kelapa sawit berada pada kisaran 24–28 °C. Namun demikian, suhu diduga tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tingkat produktivitas kelapa sawit. Kelembapan relatif pada Afdeling III adalah 77%-90,5%. Menurut Irfanda dan Santosa (2016), kelapa sawit mampu tumbuh dan berkembang dengan baik pada tingkat kelembapan rata-rata 80–85%, serta mencapai kondisi optimal untuk berbuah pada kelembapan sekitar 85%. Intensitas cahaya pada Afdeling III dengan rata-rata sebesar 1.453,5-2.698,5 lux. mengindikasikan cuaca mendung atau hujan yang menyebabkan rendahnya penetrasi sinar matahari ke permukaan tanah.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa curah hujan rata-rata di lokasi penelitian mencapai 3.579,8 mm/tahun dengan rata-rata hari hujan sebesar 147,9 hari/tahun. Suhu udara berkisar antara 23–28°C, kelembapan relatif antara 68–92%, dan intensitas cahaya matahari berkisar 1.367–3.121 lux. Produktivitas tertinggi tercatat pada tahun tanam 2008 sebesar 2.184 kg/ha, sedangkan produktivitas terendah ditemukan pada tahun tanam 2006 sebesar 1.026 kg/ha. Hasil analisis menunjukkan bahwa intensitas cahaya matahari merupakan faktor lingkungan yang diduga kuat mempengaruhi produktivitas kelapa sawit karena berperan langsung dalam proses fotosintesis. Serta faktor umur tanaman juga mempengaruhi produktivitas kelapa sawit. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan dengan mempertimbangkan faktor lain seperti sifat tanah, pemupukan, dan manajemen budidaya untuk memperoleh model produktivitas yang lebih komprehensi.

REFERENSI

- Adam, H., Jouannic, S., Morcillo, F., & Duval, Y. (2020). Oil palm reproductive development: Current understanding and perspectives. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1–12.
- Agustiana, S., Ruli, W., & Asmono, D. (2018). Performa tanaman kelapa sawit pada musim kering di Sumatera Selatan: Pengaruh defisit air terhadap fenologi tanaman. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*.
- Bakoumé, C., Shahbudin, N., Yacob, S., Siang, C. S., & Thambi, M. N. A. (2023). Improved method for estimating soil moisture deficit in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) areas with limited climatic data. *Journal of Agricultural Science*, 5(8), 57–65.
- Benny, W., Eka, T. S., & Supriyanta. (2021). Tanggapan produktivitas kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) terhadap variasi iklim. *Jurnal Vegetalika*, 4(4), 21–34.
- Corley, R. H. V., & Tinker, P. B. (2022). *The Oil Palm* (6th ed.). Wiley-Blackwell.
- Darmosarkoro, W., & Winarna. (2021). Penggunaan TKS dan kompos TKS untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman. Dalam W. Darmosarkoro, E. S. Sutarta, & Winarna (Ed.), *Lahan dan pemupukan kelapa sawit* (Vol. 1). Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- Djaingsastro, A. J. (2018). Potensi Karbon Tersimpan di Permukaan (Above Ground Biomass) Perkebunan Karet Rakyat dan PTP. Nusantara III pada Beberapa Kelas Umur Tanam di Kabupaten Asahan (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara).
- Fauzi, Y., Widyastuti, Y. E., Satyawibawa, I., & Hartono, R. (2020). *Kelapa sawit*. Penebar Swadaya.

- Gerritsma, W., & Wessel, M. (2020). Oil palm: Domestication achieved *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 45, 463–475.
- Hadi, M. (2021). *Teknik berkebun kelapa sawit*. Adicita Karya Nusa.
- Harahap, F. S., Lubis, K. S., & Nasution, A. H. (2023). Pengaruh sifat fisik tanah terhadap pertumbuhan akar kelapa sawit. *Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi*, 20(1), 25–33.
- Henson, I. E., Harun, M. H., & Noor, M. R. (2020). Environmental influences on flowering and fruit set in oil palm. *Journal of Oil Palm Research*, 32(2), 150–162.
- Lestari, D. A., Putri, R. K., & Mahendra, F. (2023). Studi morfologi daun kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) pada fase tanaman menghasilkan. *Jurnal Agroekoteknologi*, 11(2), 85–92.
- Mawardati. (2022). *Agribisnis perkebunan kelapa sawit: Analisis aspek teknis, manajemen, dan pemasaran pada perkebunan kelapa sawit rakyat*. Unimal Press.
- Putra, R. D., Saputra, E., & Firmansyah, A. (2022). Dampak curah hujan terhadap kondisi tanah dan pertumbuhan tanaman perkebunan. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 24(1), 33–41.
- Rahman, A., Hidayat, T., & Sihotang, H. (2022). Analisis pertumbuhan tanaman kelapa sawit pada berbagai kondisi agroklimat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(3), 210–218.
- Satria, R. E., Sofyan, E. T., Sule, M. I. S., Suriadikusumah, A., & Irwandhi. (2025). Strategi peningkatan produktivitas kelapa sawit dalam menghadapi perubahan iklim. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 12(1), 81–88.
- Siregar, H. H., Darlan, N. H., & Pangaribuan, Y. (2024). Peranan Ferguson dalam ilmu iklim masa kini dan mendatang bagi pertanaman kelapa sawit. *Warta PPKS*, 14(2), 21–29.
- Sulistyo, B. (2010). *Budidaya kelapa sawit*. PT Balai Pustaka.
- Saroha Manurung *et al.*, (2024). Pengaruh Curah Hujan, Hari Hujan, Dan Dry Spell Terhadap Peroduktivitas Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq) Di Afdeling I Kebun Aek Torop Pt. Perkebunan Nusantara Iii The. 26(1), 664–672.
- Wibowo, A., Prasetyo, B., & Kurniawan, D. (2024). Struktur dan perkembangan akar kelapa sawit pada berbagai umur tanaman. *Jurnal Perkebunan Indonesia*, 13(1), 1–10.
- Dkk., J. (2021). Pengaruh Curah Hujan Terhadap Produksi Kelapa Sawit Pada Berbagai Umur Tanaman. *Agroplanta: Jurnal Ilmiah Terapan Budidaya Dan Pengelolaan Tanaman Pertanian Dan Perkebunan*, 10, 114–123. <https://doi.org/10.51978/agro.v10i2.290>
- Khasanah *et al.* (2004). *SIMULASI LIMPASAN PERMUKAAN DAN KEHILANGAN TANAH PADA BERBAGAI UMUR KEBUN KOPI: STUDI KASUS DI SUMBERJAYA* ., 26(1), 81–89.
- Siregar *et al.*, 2015. (2015). *PEMANFAATAN DATA IKLIM UNTUK PERKEBUNAN KELAPA SAWIT*. 51, 1–21.
- Yolan, Isral, dan Lisamawarni, 2015). (2015). Pengaruh Curah Hujan dan Hari Hujan Terhadap Produksi Kelapa Sawit Berumur 8, 16 dan 19 Tahun di Kebun Bah Jambi PT. Perkebunan Nusantara IV Persero. *Jurnal Agroekoteknologi* . Vol.4. No.1, Desember 2015., 4(1), 1865–1871.