

DAMPAK PERUBAHAN IKLIM TERHADAP PRODUKSI KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jack.) DI INDONESIA

Salma Alya' Hanifah
Prodi Agribisnis Fakultas Pertanian
Universitas Tunas Pembangunan Surakarta
Email: salyaaa7@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tren iklim, tren produksi kelapa sawit TBS, serta pengaruh faktor iklim dan non-iklim terhadap produksi kelapa sawit di Provinsi Riau, Sumatera Selatan, Jambi, Sulawesi Selatan, Lampung, dan Kalimantan Selatan selama periode 1990-2023. Data yang digunakan merupakan data sekunder berbentuk panel yang mencakup suhu maksimum, suhu minimum, suhu rata-rata, curah hujan, produksi TBS, luas lahan, dan kebijakan intensifikasi. Analisis tren dilakukan menggunakan uji Mann-Kendall, sedangkan pengaruh variabel dianalisis dengan regresi data panel menggunakan pendekatan Fixed Effect Model dan spesifikasi kuadratik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu rata-rata mengalami peningkatan signifikan selama periode pengamatan, sementara variabel iklim lainnya cenderung meningkat namun tidak seluruhnya signifikan akibat variabilitas antar-tahun. Produksi TBS menunjukkan tren meningkat secara signifikan dalam jangka panjang meskipun berfluktuasi. Hasil regresi mengindikasikan bahwa suhu minimum dan suhu minimum kuadratik berpengaruh signifikan terhadap produksi dengan pola hubungan nonlinier yang menunjukkan adanya batas suhu minimum optimal. Sebaliknya, suhu maksimum, suhu rata-rata, dan curah hujan tidak berpengaruh signifikan. Pada faktor non-iklim, luas lahan berpengaruh positif dan signifikan, sedangkan kebijakan intensifikasi berpengaruh positif namun belum signifikan. Temuan ini menunjukkan bahwa produksi kelapa sawit TBS dipengaruhi oleh interaksi perubahan suhu minimum dan faktor struktural pengelolaan lahan.

Kata Kunci: perubahan iklim, tren iklim, produksi buah kelapa sawit, suhu rata-rata, suhu minimum, regresi data panel.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim dalam beberapa dekade terakhir menjadi perhatian global karena dampaknya terhadap berbagai sektor, termasuk pertanian. Indonesia sebagai negara tropis sangat bergantung pada sektor pertanian dan perkebunan dalam menjaga ketahanan pangan, menyediakan devisa, serta menyerap tenaga kerja, sehingga perubahan suhu dan pola curah hujan menjadi tantangan bagi keberlanjutan produksi nasional (Masturi Hasnawi *et al.*, 2021).

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan komoditas strategis yang menempatkan Indonesia sebagai produsen dan eksportir minyak sawit terbesar di dunia. Pada tahun 2023, luas areal perkebunan kelapa sawit mencapai ± 16 juta hektare dengan produksi CPO sebesar 47 juta ton, setara dengan sekitar 195-215 juta ton tandan buah segar (TBS) (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2024). Secara historis, produksi nasional meningkat signifikan sejak awal 1990-an, menunjukkan kontribusi besar sektor sawit terhadap perekonomian nasional, namun sekaligus meningkatkan kerentanan terhadap dinamika perubahan iklim.

Perubahan iklim ditandai oleh peningkatan suhu udara, perubahan pola curah hujan, serta meningkatnya kejadian cuaca ekstrem, dengan kenaikan suhu global lebih dari 1°C dibandingkan periode pra-industri (IPCC, 2023). Perubahan tersebut berpotensi memengaruhi proses fisiologis tanaman dan produktivitas kelapa sawit (Satria *et al.*, 2025). Variasi kondisi iklim antarwilayah di Indonesia, yang dipengaruhi oleh pola hujan musiman, sistem monsun, dan karakter geografis,

menyebabkan respons produksi yang tidak seragam antarprovinsi (Hermantoro *et al.*, 2024). Kelapa sawit memerlukan kisaran suhu dan curah hujan tertentu untuk tumbuh optimal, sehingga penyimpangan dari kondisi ideal dapat menurunkan hasil panen (Paterson *et al.*, 2015).

Selain faktor iklim, produksi kelapa sawit juga dipengaruhi oleh luas lahan dan kebijakan pembangunan perkebunan (Ronauly, 2024). Sejak diterapkannya Instruksi Presiden Nomor 8 Tahun 2018, pembangunan perkebunan lebih difokuskan pada intensifikasi dibandingkan perluasan lahan (Bahri *et al.*, 2025), sehingga peningkatan produksi tidak lagi semata-mata didorong oleh ekspansi areal, tetapi juga oleh optimalisasi produktivitas (Nadila & Kurniati, 2025). Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji pengaruh suhu, curah hujan, luas lahan, dan kebijakan terhadap produksi kelapa sawit (Jufri & Junaidi, 2020), kajian yang menganalisis faktor iklim dan non-iklim secara simultan lintas provinsi dalam periode jangka panjang masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai pengaruh perubahan iklim terhadap produksi kelapa sawit di Indonesia.

RUMUSAN MASALAH

Perubahan suhu udara dan curah hujan tahunan diketahui memengaruhi produksi kelapa sawit (Satria *et al.*, 2025). Namun demikian, dinamika produksi tidak hanya ditentukan oleh faktor iklim, melainkan juga oleh faktor non-iklim seperti luas lahan dan kebijakan pembangunan perkebunan (Jufri & Junaidi, 2020; Nadila & Kurniati, 2025). Selain itu, perbedaan

karakteristik iklim antarwilayah di Indonesia menyebabkan respons produksi kelapa sawit yang tidak seragam antarprovinsi (Hermantoro et al., 2024). Berdasarkan kondisi tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana tren suhu maksimum, suhu minimum, suhu rata-rata, dan curah hujan di enam provinsi produsen kelapa sawit selama periode 1990-2023?
2. Bagaimana tren produksi kelapa sawit TBS di enam provinsi tersebut selama periode 1990-2023?
3. Bagaimana pengaruh faktor iklim (suhu maksimum, suhu minimum, suhu rata-rata, dan curah hujan) serta faktor non-iklim (luas lahan dan kebijakan intensifikasi) terhadap produksi kelapa sawit selama periode pengamatan?

METODE PENELITIAN

Metode Dasar Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif analitik dengan pendekatan kuantitatif. Analisis dilakukan dalam tiga tahap utama:

1. Pertama, analisis tren iklim untuk mengidentifikasi pola perubahan curah hujan, suhu maksimum, suhu minimum, dan suhu rata-rata di enam provinsi penelitian selama periode 1990-2023.
2. Kedua, analisis tren produksi kelapa sawit untuk menggambarkan perkembangan dan fluktuasi produksi tandan buah segar (TBS) pada periode yang sama.
3. Ketiga, analisis regresi kuadratik data panel dengan pendekatan Fixed Effect Model (FEM) untuk menguji pengaruh variabel iklim dan non-iklim terhadap produksi kelapa

sawit di enam provinsi tersebut selama periode pengamatan.

Metode Pengambilan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dipilih secara purposive berdasarkan kontribusi terhadap produksi kelapa sawit nasional, karakteristik wilayah, serta ketersediaan data yang konsisten selama periode 1990-2023. Penelitian dilakukan di enam provinsi penghasil kelapa sawit utama, yaitu Riau, Sumatera Selatan, Jambi, Sulawesi Selatan, Lampung, dan Kalimantan Selatan. Keenam provinsi tersebut merepresentasikan wilayah sentra produksi dan wilayah pengembangan kelapa sawit di Indonesia.

Secara spasial, produksi kelapa sawit di wilayah penelitian menunjukkan variasi yang sejalan dengan perbedaan kondisi iklim regional. Meskipun seluruh provinsi berada dalam zona tropis, perbedaan pola monsun, distribusi curah hujan musiman, serta kondisi geografis dan topografi menyebabkan respons produksi yang berbeda antarwilayah (Hermantoro et al., 2024).

Penelitian ini menggunakan data sekunder kuantitatif yang disusun dalam bentuk data panel, yaitu gabungan data runtut waktu (time series) dan data lintas wilayah (cross section). Analisis iklim memerlukan rentang data minimal 30 tahun untuk merepresentasikan kondisi jangka panjang (Muharomah & Setiawan, 2022). Sehingga periode penelitian ditetapkan pada tahun 1990-2023.

Data iklim diperoleh dari NASA POWER, sedangkan data produksi dan luas lahan diperoleh dari sumber statistik resmi pemerintah. Penggunaan data sekunder dipilih karena memiliki cakupan wilayah yang luas, rentang

waktu yang panjang, serta tingkat reliabilitas yang memadai untuk menganalisis pengaruh perubahan iklim terhadap produksi kelapa sawit di enam provinsi penelitian.

Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder kuantitatif yang disusun dalam bentuk data panel, yaitu gabungan data runtut waktu (*time series*) dan data lintas wilayah (*cross section*). Analisis iklim memerlukan rentang data minimal 30 tahun untuk merepresentasikan kondisi jangka panjang (Setiawan, 2012), sehingga periode penelitian ditetapkan pada tahun 1990-2023.

Data iklim diperoleh dari NASA POWER, sedangkan data produksi dan luas lahan diperoleh dari sumber statistik resmi pemerintah. Penggunaan data sekunder dipilih karena memiliki cakupan wilayah yang luas, rentang waktu yang panjang, serta tingkat reliabilitas yang memadai untuk menganalisis pengaruh perubahan iklim terhadap produksi kelapa sawit di enam provinsi penelitian.

Sumber Data dan Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder kuantitatif berbentuk data panel yang menggabungkan data runtut waktu (*time series*) dan data lintas wilayah (*cross section*) selama periode 1990-2023. Data iklim diperoleh dari NASA POWER, sedangkan data produksi tandan buah segar (TBS) dan luas lahan diperoleh dari Basis Data Statistik Pertanian (BDSP) Kementerian Pertanian Republik Indonesia. Variabel kebijakan pengelolaan lahan direpresentasikan berdasarkan Instruksi Presiden Nomor 8 Tahun 2018 tentang penundaan dan

evaluasi perizinan perkebunan kelapa sawit.

Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan dalam tiga tahap. Pertama, analisis tren iklim terhadap suhu maksimum, suhu minimum, suhu rata-rata, dan curah hujan untuk mengidentifikasi kecenderungan perubahan selama periode 1990-2023. Kedua, analisis tren produksi kelapa sawit TBS untuk menggambarkan perkembangan dan fluktuasi produksi di enam provinsi penelitian. Analisis tren dilakukan menggunakan uji Mann-Kendall untuk mendeteksi kecenderungan jangka panjang secara statistik.

Tahap ketiga adalah analisis regresi data panel untuk menguji pengaruh faktor iklim dan non-iklim terhadap produksi kelapa sawit. Variabel produksi dan luas lahan ditransformasikan dalam bentuk logaritma natural ($\ln$) untuk menstabilkan varians dan memudahkan interpretasi elastisitas (Damodar N. & Dawn C., 2009). Variabel suhu dimasukkan dalam bentuk kuadratik untuk menangkap kemungkinan efek ambang (*threshold effect*), sedangkan curah hujan digunakan dalam bentuk lag satu tahun guna merepresentasikan efek tertunda terhadap produksi (Khong et al., 2023). Model empiris dirumuskan sebagai berikut:

$$\ln(Y_{it}) = \beta_0 + \beta_1 X1_{it} + \beta_2 X1_{it}^2 + \beta_3 X2_{it} + \beta_4 X2_{it}^2 + \beta_5 X3_{it} + \beta_6 X3_{it}^2 + \beta_7 (X4)_{i,t-1} + \beta_8 \ln(X5)_{it} + \beta_9 D_{it} + \varepsilon_{it}$$

Pemilihan model panel dilakukan melalui uji Chow, uji Hausman, dan uji Lagrange Multiplier untuk menentukan pendekatan terbaik antara Pooled Least Squares, Fixed Effect Model (FEM), dan Random Effect Model (REM).

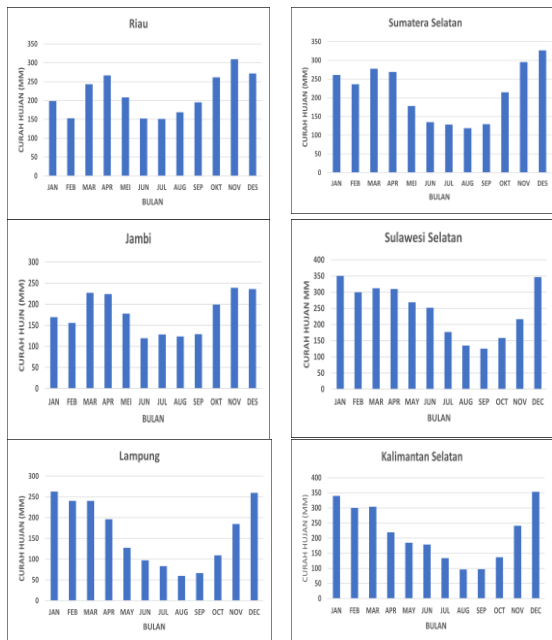
Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak Stata.

Signifikansi variabel diuji berdasarkan nilai koefisien dan *p-value*, sedangkan kemampuan model dalam menjelaskan variasi produksi dianalisis melalui nilai koefisien determinasi (R^2), khususnya *within R^2* pada model Fixed Effect.

HASIL DAN PEMBAHASAN

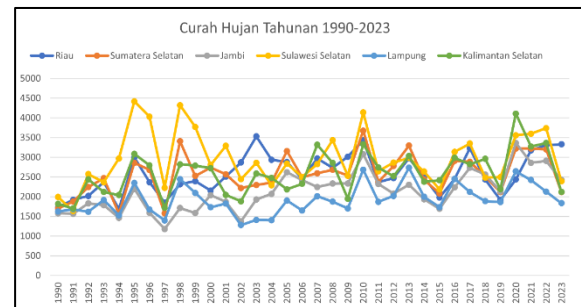
Tren Iklim di Enam Provinsi Lokasi Penelitian

Curah hujan



Berdasarkan pola distribusi curah hujan bulanan, keenam provinsi menunjukkan dua tipe pola hujan yang berbeda. Provinsi Riau, Jambi, dan Sumatera Selatan memiliki pola curah hujan bimodal, yang ditandai dengan dua puncak hujan dalam satu tahun. Pola ini mencerminkan karakter iklim ekuatorial yang dipengaruhi oleh pergerakan ITCZ yang melintasi wilayah ekuator dua kali dalam setahun (Aldrian & Dwi Susanto, 2003). Sebaliknya, Provinsi Lampung,

Kalimantan Selatan, dan Sulawesi Selatan menunjukkan pola curah hujan unimodal dengan satu puncak hujan utama, yang umumnya dipengaruhi oleh dominasi sistem monsun barat dan timur.



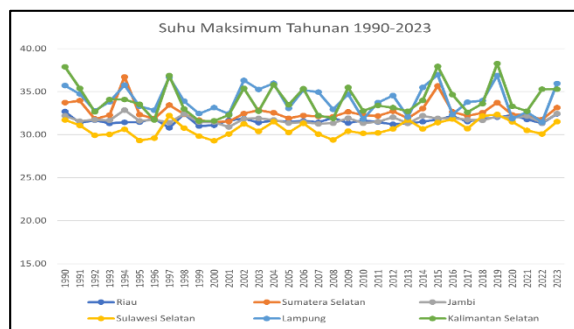
	Provinsi	Kend all's	Prob > z	Arah tren	Keterangan
1	Riau	0.3547	0.0033	Meningkat	Signifikan
2	Sumatera Selatan	0.2513	0.0379	Meningkat	Signifikan
3	Jambi	0.5294	0.0000	Meningkat	Signifikan
4	Sulawesi Selatan	0.1087	0.3738	Meningkat	Tidak Signifikan
5	Lampung	0.3191	0.0083	Meningkat	Signifikan
6	Kalimantan Selatan	0.3191	0.0083	Meningkat	Signifikan

Hasil uji Mann-Kendall menunjukkan bahwa seluruh provinsi memiliki nilai Kendall's tau positif, yang mengindikasikan kecenderungan peningkatan curah hujan tahunan selama periode pengamatan. Secara statistik, lima provinsi Riau, Sumatera Selatan, Jambi, Lampung, dan Kalimantan Selatan menunjukkan tren peningkatan yang signifikan ($p < 0,05$). Nilai Kendall's tau tertinggi terdapat pada Provinsi Jambi (0,5294), yang menunjukkan kecenderungan peningkatan paling kuat. Sementara itu, Sulawesi Selatan menunjukkan arah tren meningkat namun tidak signifikan secara statistik ($p = 0,3738$), yang mengindikasikan variabilitas curah hujan antar-tahun yang lebih dominan.

Temuan ini menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan curah hujan tahunan di sebagian besar wilayah penelitian selama

periode 1990-2023. Perbedaan pola curah hujan bimodal dan unimodal berimplikasi terhadap tingkat sensitivitas wilayah terhadap variabilitas iklim, di mana wilayah berpola unimodal cenderung lebih rentan terhadap perubahan distribusi curah hujan tahunan.

Suhu Maksimum



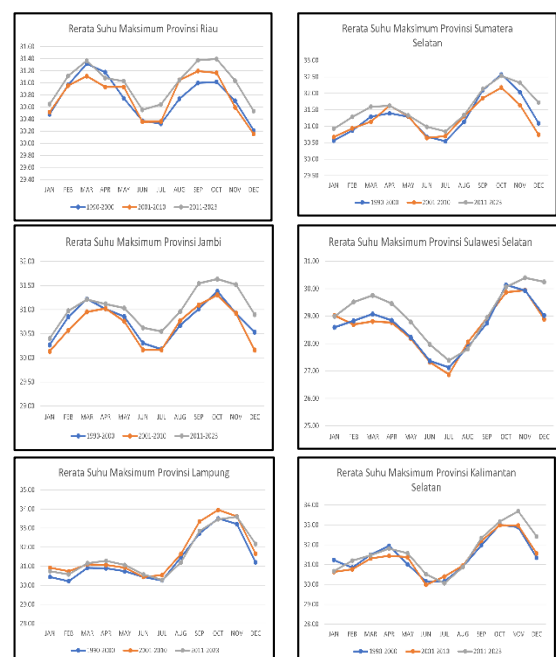
Secara umum, suhu maksimum pada seluruh provinsi mengalami fluktuasi antar-tahun, dengan nilai suhu maksimum tahunan berada pada kisaran 29-39°C. Meskipun suhu maksimum tahunan pada keenam provinsi menunjukkan fluktuasi antar-tahun, pola umum grafik mengindikasikan adanya kecenderungan perubahan suhu maksimum selama periode pengamatan. Untuk memastikan apakah kecenderungan tersebut mencerminkan perubahan jangka panjang yang signifikan secara statistik, dilakukan analisis lanjutan menggunakan uji *Mann-Kendall* terhadap data suhu maksimum tahunan pada masing-masing provinsi selama periode 1990-2023.

	Provinsi	Kendall's	Prob > z	Arah tren	Keterangan
1	Riau	0.1934	0.1125	Meningkat	Tidak Signifikan
2	Sumatera Selatan	0.0554	0.6564	Meningkat	Tidak Signifikan
3	Jambi	0.0969	0.4371	Meningkat	Tidak Signifikan
4	Sulawesi Selatan	0.2661	0.0282	Meningkat	Signifikan
5	Lampung	-0.1123	0.3580	Menurun	Tidak Signifikan

6	Kalimantan Selatan	0.0553	0.6565	Meningkat	Tidak Signifikan
---	--------------------	--------	--------	-----------	------------------

Hasil uji *Mann-Kendall* menunjukkan bahwa sebagian besar provinsi memiliki nilai Kendall's tau positif, yang mengindikasikan kecenderungan peningkatan suhu maksimum tahunan selama periode 1990-2023. Namun, tren tersebut umumnya tidak signifikan secara statistik ($p > 0,05$), sehingga masih dipengaruhi oleh variabilitas iklim antar-tahun.

Sulawesi Selatan menjadi satu-satunya provinsi yang menunjukkan peningkatan suhu maksimum yang signifikan ($p < 0,05$). Sementara itu, Lampung menunjukkan arah tren negatif, namun tidak signifikan. Secara umum, perubahan suhu maksimum belum terjadi secara konsisten di seluruh wilayah penelitian.



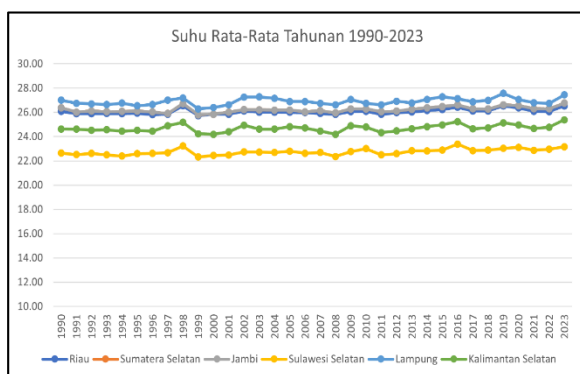
Seluruh provinsi menunjukkan pola suhu maksimum bulanan yang relatif konsisten secara musiman, dengan nilai tertinggi umumnya terjadi pada akhir musim kemarau hingga awal musim hujan (September-Oktober) dan menurun pada pertengahan tahun (Juni-Juli). Pola ini

mencerminkan pengaruh siklus musiman yang seragam di wilayah penelitian.

Meskipun pola musiman relatif stabil, periode 2011-2023 menunjukkan kecenderungan peningkatan suhu maksimum dibandingkan dua periode sebelumnya, terutama pada bulan-bulan puncak. Hal ini mengindikasikan adanya penguatan intensitas panas musiman. Temuan ini sejalan dengan arah tren tahunan yang cenderung meningkat, meskipun tidak seluruhnya signifikan secara statistik.

Secara umum, perubahan suhu maksimum lebih tampak sebagai pergeseran tingkat suhu antarperiode dan penguatan musiman dibandingkan sebagai tren linear tahunan yang konsisten. Oleh karena itu, analisis perubahan suhu maksimum perlu mempertimbangkan pendekatan musiman dan periodisasi untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif.

Suhu Rata-rata



Suhu rata-rata tahunan pada enam provinsi selama periode 1990-2023 menunjukkan fluktuasi antar-tahun dengan kecenderungan meningkat pada periode akhir pengamatan. Nilainya berada pada kisaran 22-27 °C. Secara umum, suhu rata-rata setelah tahun 2010 cenderung lebih tinggi dibandingkan periode

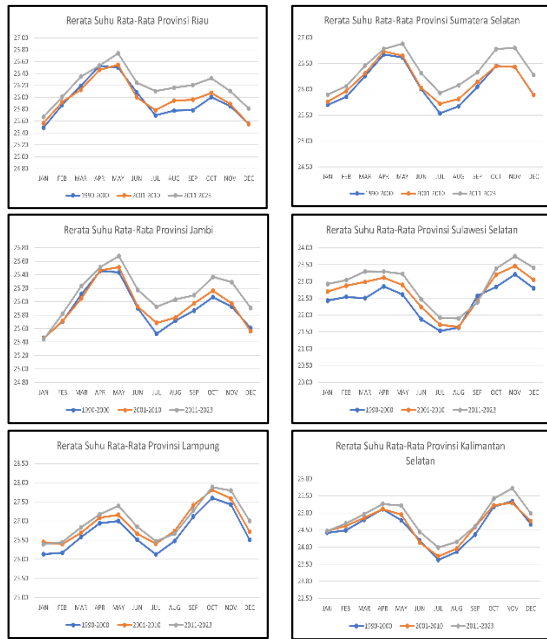
awal, yang mengindikasikan adanya peningkatan bertahap, meskipun dengan intensitas yang berbeda antarprovinsi.

Untuk menguji apakah kecenderungan tersebut signifikan secara statistik sebagai perubahan jangka panjang, dilakukan analisis lanjutan menggunakan uji Mann-Kendall terhadap data suhu rata-rata tahunan pada masing-masing provinsi selama periode penelitian.

	Provinsi	Kendall's	Prob > z	Arah tren	Keterangan
1	Riau	0.4234	0.0005	Meningkat	Signifikan
2	Sumatera Selatan	0.4383	0.0003	Meningkat	Signifikan
3	Jambi	0.3824	0.0017	Meningkat	Signifikan
4	Sulawesi Selatan	0.5121	0.0000	Meningkat	Signifikan
5	Lampung	0.2404	0.0485	Meningkat	Signifikan
6	Kalimantan Selatan	0.3023	0.0127	Meningkat	Signifikan

Hasil uji Mann-Kendall terhadap suhu rata-rata tahunan periode 1990-2023 menunjukkan bahwa seluruh provinsi memiliki nilai Kendall's tau positif, yang mengindikasikan tren peningkatan suhu rata-rata. Secara statistik, seluruh provinsi menunjukkan tren yang signifikan pada taraf kepercayaan 95% ($p < 0,05$), menandakan bahwa peningkatan suhu rata-rata terjadi secara konsisten selama periode pengamatan. Nilai Kendall's tau tertinggi terdapat di Provinsi Sulawesi Selatan (0,5121), yang menunjukkan kecenderungan peningkatan paling kuat dibandingkan provinsi lainnya.

Temuan ini mengindikasikan terjadinya pemanasan regional yang tidak hanya tercermin pada suhu ekstrem, tetapi juga pada suhu rata-rata secara keseluruhan. Peningkatan ini berpotensi meningkatkan tekanan termal serta risiko cekaman panas pada sektor pertanian.



seluruh provinsi menunjukkan pola suhu rata-rata bulanan yang relatif konsisten secara musiman, dengan puncak suhu terjadi pada akhir musim kemarau hingga awal musim hujan (September-Oktober) dan penurunan pada pertengahan tahun (Juni-Juli).

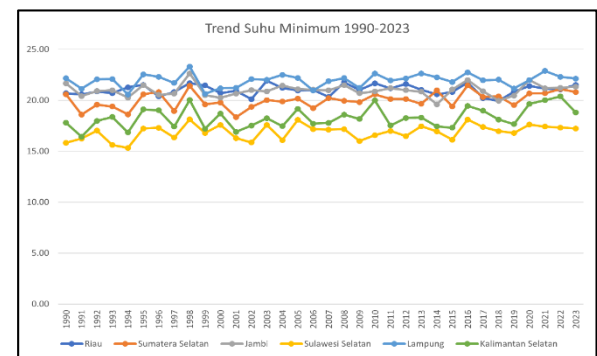
Perbandingan antarperiode menunjukkan bahwa suhu rata-rata pada periode 2011-2023 lebih tinggi dibandingkan dua periode sebelumnya pada hampir seluruh bulan. Peningkatan ini terjadi tidak hanya pada bulan-bulan puncak suhu, tetapi juga pada bulan dengan suhu relatif rendah, yang mengindikasikan pergeseran suhu secara menyeluruh sepanjang tahun.

Konsistensi kenaikan suhu bulanan ini sejalan dengan hasil uji Mann-Kendall yang menunjukkan tren peningkatan suhu rata-rata tahunan yang signifikan di seluruh provinsi. Hal tersebut menegaskan bahwa pemanasan regional berlangsung secara stabil dan sistematis selama periode 1990-2023.

Secara keseluruhan, dinamika suhu rata-

rata mencerminkan perubahan iklim yang bersifat bertahap dan berkelanjutan. Kenaikan suhu yang relatif merata sepanjang tahun berimplikasi pada meningkatnya tekanan termal jangka panjang terhadap sistem pertanian, termasuk potensi peningkatan kebutuhan air dan risiko cekaman panas pada tanaman.

Suhu Minimum



Perubahan suhu minimum tahunan pada enam provinsi selama periode 1990-2023 menunjukkan fluktuasi antar-tahun dengan kisaran sekitar 15-23 °C. Meskipun terjadi variasi tahunan, pola umum grafik mengindikasikan adanya kecenderungan perubahan suhu minimum sepanjang periode pengamatan.

Untuk memastikan apakah kecenderungan tersebut mencerminkan tren jangka panjang yang signifikan secara statistik, dilakukan analisis lanjutan menggunakan uji Mann-Kendall terhadap data suhu minimum tahunan pada masing-masing provinsi.

	Provinsi	Kendall's	Prob > z	Arah tren	Keterangan
1	Riau	0.1055	0.3897	Meningkat	Tidak Signifikan
2	Sumatera Selatan	0.3411	0.0048	Meningkat	Signifikan
3	Jambi	0.1325	0.2789	Meningkat	Tidak Signifikan
4	Sulawesi Selatan	0.2304	0.0577	Meningkat	Tidak Signifikan
5	Lampung	0.1518	0.2129	Meningkat	Tidak Signifikan
6	Kalimantan Selatan	0.2620	0.0304	Meningkat	Signifikan

Hasil uji Mann-Kendall terhadap suhu minimum tahunan periode 1990-2023 menunjukkan bahwa seluruh provinsi memiliki nilai Kendall's tau positif, yang mengindikasikan kecenderungan peningkatan suhu minimum. Namun, secara statistik sebagian besar provinsi tidak menunjukkan tren yang signifikan pada taraf kepercayaan 95% ($p < 0,05$). Provinsi Riau, Jambi, Sulawesi Selatan, dan Lampung memiliki p -value $> 0,05$, sehingga peningkatan suhu minimum di wilayah tersebut belum signifikan dan masih dipengaruhi variabilitas antar-tahun.

Sebaliknya, Provinsi Sumatera Selatan dan Kalimantan Selatan menunjukkan tren peningkatan yang signifikan dengan nilai Kendall's tau sebesar 0,3411, yang menandakan kenaikan suhu minimum terjadi lebih konsisten di kedua wilayah tersebut.



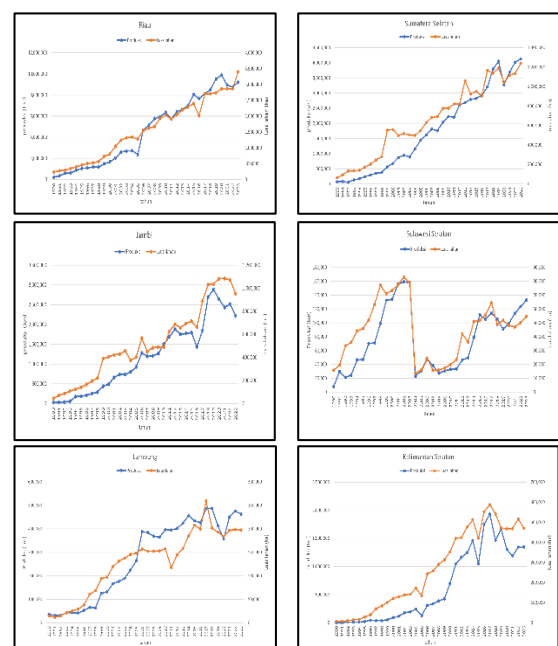
Seluruh provinsi menunjukkan pola suhu minimum bulanan yang relatif konsisten, dengan nilai lebih tinggi pada awal dan akhir tahun serta lebih rendah pada pertengahan

tahun. Perbandingan antarperiode menunjukkan bahwa suhu minimum pada 2011-2023 cenderung lebih tinggi dibandingkan periode sebelumnya, terutama pada fase terendah pertengahan tahun, yang mengindikasikan penguatan suhu malam hari.

Hasil ini sejalan dengan uji Mann-Kendall yang menunjukkan arah tren peningkatan di seluruh provinsi, meskipun tidak semuanya signifikan secara statistik. Hal ini menunjukkan bahwa kenaikan suhu minimum bersifat gradual dan belum sepenuhnya konsisten secara tahunan.

Secara keseluruhan, suhu rata-rata menjadi variabel iklim yang paling konsisten meningkat selama 1990-2023, sehingga dapat dipandang sebagai indikator utama perubahan iklim regional di wilayah penelitian.

Tren Produksi Kelapa Sawit di Enam Provinsi Lokasi Penelitian



Perkembangan produksi kelapa sawit tahunan di enam provinsi selama periode 1990-2023 menunjukkan fluktuasi antar-tahun

dengan kecenderungan meningkat dalam jangka panjang. Variasi tersebut mencerminkan pengaruh faktor iklim, non-iklim, serta dinamika pengelolaan perkebunan di masing-masing wilayah.

Untuk memastikan apakah perubahan tersebut merupakan tren jangka panjang yang signifikan secara statistik, dilakukan analisis lanjutan menggunakan uji Mann-Kendall terhadap data produksi tahunan.

	Provinsi	Kendall's	Prob > z	Arah tren	Keterangan
1	Riau	0.9465	0.0000	Meningkat	Signifikan
2	Sumatera Selatan	0.9643	0.0000	Meningkat	Signifikan
3	Jambi	0.9037	0.0000	Meningkat	Signifikan
4	Sulawesi Selatan	0.3725	0.0020	Meningkat	Signifikan
5	Lampung	0.8467	0.0000	Meningkat	Signifikan
6	Kalimantan Selatan	0.8467	0.0000	Meningkat	Signifikan

Hasil uji Mann-Kendall terhadap produksi kelapa sawit tahunan periode 1990-2023 menunjukkan bahwa seluruh provinsi memiliki nilai Kendall's tau positif, yang mengindikasikan kecenderungan peningkatan produksi di seluruh wilayah penelitian. Secara statistik, tren tersebut signifikan pada taraf kepercayaan 95% ($p < 0,05$) untuk seluruh provinsi.

Nilai Kendall's tau tertinggi tercatat di Provinsi Sumatera Selatan (0,9643), yang menunjukkan peningkatan produksi paling kuat dan konsisten, sedangkan Sulawesi Selatan memiliki nilai relatif lebih rendah (0,3725) meskipun tetap signifikan.

Secara keseluruhan, produksi kelapa sawit menunjukkan tren meningkat dalam jangka panjang meskipun disertai fluktuasi antar-tahun. Hal ini menegaskan bahwa pertumbuhan sektor kelapa sawit bersifat struktural, namun tetap dipengaruhi oleh

dinamika iklim dan pengelolaan perkebunan.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Kelapa Sawit

Uji Pemilihan Model

Uji	Pembandingan	Statistik Uji	Probabilitas	Keputusan	Model Terpilih
Chow	Pooled OLS vs FEM	F-Statistic	0,0002	Tolak H_0	Fixed Effect
Hausman	FEM vs REM	FEM vs REM	0,0004	Tolak H_0	Fixed Effect

Hasil pengujian menunjukkan bahwa Fixed Effect Model (FEM) merupakan model yang paling sesuai dibandingkan model lainnya. Hal ini ditunjukkan oleh hasil uji Chow dengan nilai probabilitas statistik sebesar 0,0002 ($< 0,05$), sehingga model FEM lebih tepat digunakan dibandingkan Ordinary Least Squares (OLS). Selanjutnya, dilakukan uji Hausman dengan nilai probabilitas sebesar 0,0004 ($< 0,05$), yang kembali menunjukkan bahwa model FEM lebih sesuai dibandingkan Random Effect Model (REM). Oleh karena itu, karena model FEM telah terpilih melalui uji Hausman, maka uji Lagrange Multiplier tidak perlu dilakukan.

Uji Asumsi Klasik

Pada FEM, estimator diperoleh melalui transformasi within untuk menghilangkan efek individual yang tidak teramati, sehingga asumsi normalitas residual bukan prasyarat utama untuk memperoleh estimator yang konsisten (Vijayamohanam, 2016). Selain itu, berdasarkan Teorema Limit Pusat, distribusi koefisien akan bersifat normal secara asimtotik pada ukuran sampel yang memadai, sehingga uji normalitas residual tidak dijadikan dasar utama evaluasi

model (Xiang et al., 2022).

Permasalahan umum seperti multikolinearitas, heteroskedastisitas, dan autokorelasi dapat terjadi dalam data panel. Dalam FEM, multikolinearitas tidak menyebabkan bias, meskipun dapat menurunkan presisi estimasi. Untuk mengatasi potensi heteroskedastisitas dan autokorelasi, penelitian ini menggunakan clustered standard errors sehingga standar error yang dihasilkan bersifat robust dan inferensi statistik tetap valid (Xiang et al., 2022).

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Kelapa Sawit

R-square Within : 0.9313		Cluster in 6 provinsi		
Variabel	Tanda Harapan	Koefisien	t-stat	Probabiliti
tasm _{max}	+	.5571494 ^{ns}	1.50	0.194
tasm _{max} ²	-	.0078262 ^{ns}	-1.43	0.212
tas	+	1.995633 ^{ns}	1.15	0.303
tas ²	-	.0387992 ^{ns}	-1.10	0.320
tasm _{in}	+	.6012716 ^{**}	2.95	0.032
tasm _{in} ²	-	.013467 ^{**}	-2.63	0.047
curah hujan (Log 1)	+	.0001131 ^{ns}	1.91	0.115
ln luas lahan	+	1.313057 ^{***}	15.28	0.000
dummy intensifikasi	+	45.53037 ^{ns}	1.37	0.228
cons	-	24.92972 ^{ns}	-1.83	0.127

Keterangan:

- ***) Signifikan pada tingkat kesalahan 1% (< 0,01)
- **) Signifikan pada tingkat kesalahan 5% (< 0,05)
- *) Signifikan pada tingkat kesalahan 10% (< 0,10)
- ns) Tidak signifikan

Hasil regresi Fixed Effect Model menunjukkan nilai within R² sebesar 0,9313, yang berarti model mampu menjelaskan 93,13% variasi produksi kelapa sawit dalam provinsi dari waktu ke waktu. Hal ini mengindikasikan daya jelaskan model yang sangat kuat.

Secara parsial, variabel suhu maksimum, suhu rata-rata, dan curah hujan tidak berpengaruh signifikan terhadap produksi. Kondisi ini menunjukkan bahwa variasi ketiga unsur iklim tersebut selama periode penelitian masih berada dalam kisaran toleransi tanaman atau telah teredam oleh sistem pengelolaan perkebunan.

Sebaliknya, suhu minimum dan suhu minimum kuadrat berpengaruh signifikan pada taraf 5%. Koefisien positif suhu minimum dan koefisien negatif kuadratnya menunjukkan hubungan nonlinier dengan adanya batas optimal. Peningkatan suhu minimum hingga titik tertentu meningkatkan produksi, namun kenaikan berlebih justru menurunkannya. Temuan ini menegaskan bahwa suhu malam hari menjadi variabel iklim paling sensitif terhadap produksi kelapa sawit.

Pada faktor non-iklim, luas lahan berpengaruh positif dan sangat signifikan pada taraf 1%, menegaskan perannya sebagai faktor produksi utama. Sementara itu, variabel dummy intensifikasi berpengaruh positif tetapi tidak signifikan, yang mengindikasikan bahwa dampak kebijakan belum konsisten di seluruh provinsi.

Secara keseluruhan, produksi kelapa sawit lebih sensitif terhadap perubahan suhu minimum dibandingkan unsur iklim lainnya, dan tetap sangat dipengaruhi oleh faktor struktural seperti luas lahan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dampak perubahan iklim terhadap produksi kelapa sawit di enam provinsi periode 1990-2023, dapat disimpulkan bahwa:

1. Tren iklim menunjukkan dinamika yang berbeda antarunsur. Suhu rata-rata menjadi variabel yang paling konsisten meningkat secara signifikan, sedangkan suhu maksimum, suhu minimum, dan curah hujan cenderung meningkat namun tidak seluruhnya signifikan, mencerminkan kuatnya variabilitas antar-tahun.
2. Produksi kelapa sawit di seluruh provinsi menunjukkan tren meningkat secara signifikan dalam jangka panjang, meskipun disertai fluktuasi tahunan.
3. Pengaruh faktor iklim dan non-iklim bersifat nonlinier. Suhu minimum merupakan satu-satunya variabel iklim yang berpengaruh signifikan dengan pola kuadratik yang menunjukkan adanya batas optimal. Sementara itu, luas lahan berpengaruh positif dan sangat signifikan terhadap produksi, sedangkan kebijakan intensifikasi belum menunjukkan pengaruh yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

101

- Aldrian, E., & Dwi Susanto, R. (2003). Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature. *International Journal of Climatology*, 23(12), 1435–1452. <https://doi.org/10.1002/joc.950>
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2024). Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2023. In *Badan Pusat Statistik* (Vol. 17). <https://www.bps.go.id/id/publication/2024/11/29/d5dcb42ab730df1be4339c34/statistik-kelapa-sawit-indonesia-2023.html>
- Bahri, U., Rianita, D., Zefron, Muharni, & Zuhdi, S. (2025). *Dampak Kebijakan Moratorium Pemberian Izin Baru Di Sektor Perkebunan Terhadap Tata Kelola Lahan Di Provinsi Riau*. 11(2), 643–653.
- Damodar N., G., & Dawn C., P. (2009). Basic Econometrics. In *Introductory Econometrics: A Practical Approach*.
- Hermantoro, H., Fadhil, D. A., & Wirianata, H. (2024). Penyimpangan Iklim ENSO dan IOD di Kalimantan Tengah Serta Kaitannya dengan Produksi Kelapa Sawit. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 12(1), 93–101. <https://doi.org/10.19028/jtep.012.1.93->
- Jufri, F., & Junaidi. (2020). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Produksi Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Di Desa Laburan Kecamatan Paser Belengkong Kabupaten Paser. *Rawa Sains : Jurnal Sains Stiper Amuntai*, 10(1), 9–17. <https://doi.org/10.36589/rs.v10i1.110>
- Khong, R. W. L., Pek, C. K., & Tan, H. B. (2023). Non-Linear Effect of Temperature on Oil Palm Yield: a Note Based on Panel Threshold Analysis. *International Journal of Business and Society*, 24(3), 1359–1368. <https://doi.org/10.33736/ijbs.6425.2023>
- Masturi Hasnawi, Hasnawi Asyrafinafilah, & Hasnawi Adib. (2021). Sinergi Dalam Pertanian Indonesia Untuk Mitigasi Dan Adaptasi Perubahan Iklim. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 1(10), 2085–2094. <https://stp-mataram.e-journal.id/JIP/article/view/424%0Ahttps://stp-mataram.e-journal.id/JIP/article/download/424/357>
- Muharomah, R., & Setiawan, B. I. (2022). Identification of Climate Trends and Patterns in South Sumatra. *Agromet*, 36(2), 79–87. <https://doi.org/10.29244/j.agromet.36.2.79-87>

Nadila, & Kurniati, E. (2025). Peran Intensifikasi dan Ektensifikasi dalam Pengembangan Komoditas Kakao di Wilayah Pesawaran dan Tanggamus. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*, 2(2), 73–85.

Paterson, R. R. M., Kumar, L., Taylor, S., & Lima, N. (2015). Future climate effects on suitability for growth of oil palms in Malaysia and Indonesia. *Scientific Reports*, 5, 1–11. <https://doi.org/10.1038/srep14457>

Ronauly, I. E. (2024). Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia yang Berkelanjutan. *Jurnal Syntax Admiration*, 5(12), 5611–5624. <https://doi.org/10.46799/jsa.v5i12.1557>

Satria, R. E., Sofyan, E. T., Sule, M. I. S., Suriadikusumah, A., & Irwandhi. (2025). Sistematis Literature Review: Strategi Peningkatan Produktivitas Kelapa Sawit Dalam Menghadapi Perubahan Iklim. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 12(1), 81–88. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2025.012.1.8>

Setiawan, O. (2012). Rainfall and Temperature Variability Analysis in Bali. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 9(1), 66–79.

Vijayamohanan, P. (2016). Panel Data

Analysis with Stata Part 1 Fixed Effects and Random Effects Models. *Munich Personal RePEc Archive*, 70986, 1–56.

Xiang, T., Malik, T. H., Hou, J. W., & Ma, J. (2022). The Impact of Climate Change on Agricultural Total Factor Productivity: A Cross-Country Panel Data Analysis, 1961–2013. *Agriculture (Switzerland)*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/agriculture12122123>