



PROYEKSI PRODUKTIVITAS KELAPA SAWIT DI SUMATRA UTARA MENGUNAKAN SKENARIO PERUBAHAN IKLIM CMIP6

RIANTA FAUSTINA SITANGGANG



**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Proyeksi Produktivitas Kelapa Sawit di Sumatra Utara Menggunakan Skenario Perubahan Iklim CMIP6” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2026

Rianta Faustina Sitanggang
G2401221060



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ABSTRAK

RIANTA FAUSTINA SITANGGANG. Proyeksi Produktivitas Kelapa Sawit di Sumatra Utara Menggunakan Skenario Perubahan Iklim CMIP6. Dibimbing oleh TANIA JUNE.

Produktivitas kelapa sawit di Sumatra Utara semakin terancam oleh perubahan iklim, namun proyeksi kuantitatif yang menghubungkan variabel iklim dengan produktivitas kelapa sawit di masa depan masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variabel iklim terhadap produktivitas kelapa sawit dan memproyeksikan perubahannya pada skenario emisi SSP2–4.5 dan SSP5–8.5 menggunakan keluaran model iklim MIROC6 yang dikoreksi dengan metode Delta, dan regresi linear berganda dengan lag dua tahun. Model persamaan suhu udara, radiasi matahari, dan neraca air terbukti memengaruhi produktivitas secara signifikan ($Adjusted R^2 = 0,539$, $p = 0,0001$). Rata-rata produktivitas diproyeksikan meningkat dari 3,416 ton/ha (historis) menjadi 3,745 ton/ha pada SSP2–4.5 dan 3,858 ton/ha pada SSP5–8.5 (2025–2054). Proyeksi yang diperpanjang hingga 2100 dengan ambang batas biologis suhu 28°C menunjukkan tren produktivitas berbalik menurun setelah tahun 2079, dengan rata-rata sebesar 3,06 ton/ha (2079–2100), lebih rendah dari rata-rata proyeksi periode 2025–2054, seiring dengan suhu yang diproyeksikan mencapai 28,53°C pada tahun 2100. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun pemanasan jangka pendek berdampak positif, akumulasi tahun-tahun dengan stres panas dalam jangka panjang meningkatkan risiko keberlanjutan perkebunan kelapa sawit, sehingga diperlukan strategi adaptasi Pertanian Cerdas Iklim yang mencakup penggunaan varietas adaptif, pengelolaan air, kesesuaian lahan, dan praktik perkebunan yang berkelanjutan.

Kata kunci: neraca air, perubahan iklim, produktivitas kelapa sawit, skenario SSP, Sumatra Utara

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ABSTRACT

RIANTA FAUSTINA SITANGGANG. Projection of Oil Palm Productivity in North Sumatra Using CMIP6 Climate Change Scenarios. Supervised by TANIA JUNE.

Oil palm productivity in North Sumatra is increasingly threatened by climate change, yet quantitative projections linking climate variables to future oil palm productivity remain limited. This study analyzes the influence of climate variables on oil palm productivity and projects future changes under SSP2–4.5 and SSP5–8.5 emission scenarios using MIROC6 climate model outputs corrected via the Delta method and multiple linear regression with a 2-year time lag. Results demonstrate that temperature, solar radiation, and water balance model significantly influence productivity (Adjusted $R^2 = 0.539$, $p = 0.0001$). Average productivity is projected to increase from 3.416 ton/ha (historical) to 3.745 ton/ha under SSP2–4.5 and 3.858 ton/ha under SSP5–8.5 (2025–2054). Extended projections to 2100 with a biological threshold of 28°C reveal a productivity reversal after 2079, with average declining to 3.06 ton/ha (2079–2100), as temperature is projected to reach 28.53°C by 2100. These findings indicate that while short-term warming initially benefits productivity, long-term accumulation of heat stress years poses a significant sustainability risk. Consequently, adaptation strategies such as Climate Smart Agriculture, including climate-adapted varieties, enhanced water management, land suitability assessments, and sustainable plantation practices are essential for maintaining oil palm productivity in North Sumatra.

Keywords: climate change, North Sumatra, oil palm productivity, SSP scenarios, water balance.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PROYEKSI PRODUKTIVITAS KELAPA SAWIT DI SUMATRA UTARA MENGUNAKAN SKENARIO PERUBAHAN IKLIM CMIP6

RIANTA FAUSTINA SITANGGANG

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada
Program Studi Meteorologi Terapan

**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
Prof. Dr. Ir. Hariyadi, MS
2 Givo Alsepan, S.Si., M.Sc., Ph.D.



Judul Skripsi : Proyeksi Produktivitas Kelapa Sawit di Sumatra Utara
Menggunakan Skenario Perubahan Iklim CMIP6
Nama : Rianta Faustina Sitanggang
NIM : G2401221060

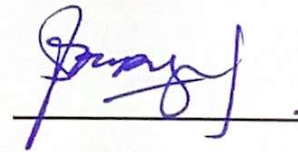
Disetujui oleh

Pembimbing:
Prof. Dr. Ir. Tania June, M.Sc



Diketahui oleh

Ketua Departemen Geofisika dan Meteorologi:
Dr. Ana Turyanti, S.Si., M.T.
NIP 19710707199803 2 002



Tanggal Ujian:
5 Juni 2026

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan kasih karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian yang dilaksanakan sejak bulan November 2025 sampai bulan Mei 2026 ini berjudul “Proyeksi Produktivitas Kelapa Sawit di Sumatra Utara Menggunakan Skenario Perubahan Iklim CMIP6” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Meteorologi Terapan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa keberhasilan penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, arahan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Tania June, M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik dan dosen pembimbing tugas akhir yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, masukan, dan arahan dengan sabar selama perkuliahan dan dalam penyusunan skripsi ini hingga akhir.
2. Dr. Ir. Impron M.Sc. selaku dosen moderator seminar hasil atas saran dan evaluasi dalam penyelesaian tugas akhir.
3. Prof. Dr. Ir. Hariyadi, MS dan Pak Givo Alsepan, S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku dosen penguji pada ujian sidang skripsi atas segala saran dan masukan dalam penyelesaian tugas akhir.
4. Ketua Departemen Geofisika dan Meteorologi beserta seluruh staf pengajar dan tenaga kependidikan yang telah memberikan ilmu pengetahuan, wawasan, serta memfasilitasi kebutuhan akademik dan administrasi penulis selama menempuh studi.
5. Kedua orang tua tercinta, Bapak Gabriel Parsaoran Sitanggang dan Ibu Rostika S Siburian serta Saudara/i saya, Gresia Sitanggang, Polinaris Pordi Sitanggang, dan Jonsius Septuadi Sitanggang yang tiada henti memberikan doa, kasih sayang, serta dukungan kepada penulis.
6. Rekan sejawat bimbingan (Agi, Ami, Ferdian, Deska, Yashinta, dan Saul) yang saling menyemangati dan menjadi tempat bertukar pikiran di tengah proses pengerjaan tugas akhir.
7. Sahabat, teman-teman terkasih, serta seluruh rekan Civita59ahar atas kebersamaan, dukungan, serta kehadiran yang sangat berharga dan tak tergantikan selama masa perkuliahan.
8. Teman-teman ABUY, yaitu Dhita, Angelina, Evelyn, Rani, Santa, Nova, dan Ani yang selalu menemani dan menguatkan selama proses perkuliahan dan tugas akhir.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juni 2026

Rianta Faustina Sitanggang



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xvii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Perubahan Iklim	3
2.2 Tanaman Kelapa Sawit	3
2.3 Hubungan Variabel Iklim dengan Produktivitas Kelapa Sawit	4
2.4 <i>Coupled Model Intercomparison Project phase 6 (CMIP6)</i>	5
2.5 <i>Model for Interdisciplinary Research on Climate 6 (MIROC6)</i>	6
2.6 Kondisi Iklim Ekstrem dengan Berubahnya Iklim	6
2.7 Adaptasi terhadap Perubahan Iklim di Indonesia	7
III METODE	9
3.1 Waktu dan Tempat	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Prosedur Kerja	10
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Karakteristik Iklim Wilayah di Provinsi Sumatra Utara	15
4.2 Hasil koreksi bias variabel iklim proyeksi SSP245 dan SSP585	19
4.3 Estimasi produktivitas kelapa sawit berdasarkan model empirik	22
4.4 Adaptasi petani dan pemangku kebijakan terhadap perubahan iklim	32
V SIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Simpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	39
RIWAYAT HIDUP	45



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

DAFTAR TABEL

1	Sumber dan jenis data penelitian yang digunakan	9
2	Informasi statistik hasil koreksi data iklim secara historis dan proyeksi di Provinsi Sumatera Utara	21
3	Hasil uji statistik pada tiga model regresi linear berganda	23
4	Koefisien regresi linier berganda model suhu, radiasi, dan neraca air	24
5	Informasi statistik data produktivitas observasi dan proyeksi	28
6	Informasi statistik data produktivitas observasi dan proyeksi SSP585	29
7	Varietas kelapa sawit yang cocok digunakan untuk adaptasi terhadap suhu tinggi	32
8	Varietas kelapa sawit yang cocok digunakan untuk adaptasi terhadap genangan dan surplus air	34

DAFTAR GAMBAR

1	Peta sebaran perkebunan kelapa sawit di Sumatera Utara	9
2	Prosedur penelitian	10
3	Grafik curah hujan historis menggunakan data CHIRPS secara (a) tahun dan (b) bulan periode tahun 1985–2024	15
4	Grafik tahunan suhu udara historis menggunakan data ERA5 periode tahun 1985–2024	16
5	Grafik tahunan radiasi matahari historis menggunakan data ERA5 periode tahun 1985–2024	16
6	Grafik tahunan evapotranspirasi historis periode tahun 1985–2024	17
7	Grafik tahunan neraca air (CH-ET) historis periode tahun 1985–2024	18
8	Grafik koreksi bias dan proyeksi (a) suhu udara dan (b) curah hujan menggunakan SSP245 dan SSP585	19
9	Grafik koreksi bias dan proyeksi (a) radiasi (b) evapotranspirasi tahunan menggunakan SSP245 dan SSP585	20
10	Grafik koreksi bias dan proyeksi neraca air (CH-ET) tahunan menggunakan SSP245 dan SSP585	21
11	Grafik produktivitas kelapa sawit	25
12	Proyeksi produktivitas kelapa sawit pada skenario SSP245 dan SSP585	26
13	Proyeksi produktivitas dengan identifikasi tahun ekstrem 2025–2054	28
14	Proyeksi produktivitas kelapa sawit 2025–2100 menggunakan SSP585	29
15	Proyeksi produktivitas dengan identifikasi tahun ekstrem 2055–2100 (SSP585)	31



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.