



AMELIORASI IKLIM MELALUI REVEGETASI LAHAN STAR ENERGY GEOTHERMAL SALAK, SUKABUMI, JAWA BARAT

THERESA VINDRI PRAMESTI



**DEPARTEMEN KONSERVASI SUMBERDAYA HUTAN DAN EKOWISATA
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

2024

- 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 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.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Ameliorasi Iklim melalui Revegetasi Lahan Star Energy Geothermal Salak, Sukabumi, Jawa Barat” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun 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 laporan akhir ini.

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

Bogor, Juli 2024

Theresa Vindri Pramesti
E3401201030

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

THERESA VINDRI PRAMESTI. Ameliorasi Iklim melalui Revegetasi Lahan Star Energy Geothermal Salak, Sukabumi, Jawa Barat. Dibimbing oleh SITI BADRIYAH RUSHAYATI dan LILIK BUDI PRASETYO.

Program revegetasi lahan SEGS ditujukan untuk memperbaiki atau memulihkan kondisi vegetasi yang terdegradasi. Program penanaman atau pemeliharaan ini dilakukan melalui kerjasama dengan TNGHS. Penelitian ini bertujuan mengkaji ameliorasi iklim dari program revegetasi dengan indikator perubahan suhu permukaan serta kerapatan tajuk. Penelitian ini dilaksanakan pada Februari-April 2024. Alat dan bahan yang digunakan meliputi *Avenza Maps*, GPS, peta lokasi, *Microsoft Office (Word dan Excel)*, *Google Earth*, *ArcGIS 10.8*, *ERDAS Imagine 2015*, dan citra Satelit Landsat Sukabumi. Analisis data dilakukan dengan identifikasi tutupan lahan, analisis suhu permukaan, analisis FCD, dan analisis hubungan kerapatan tajuk dengan suhu permukaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat tren penurunan suhu permukaan dan peningkatan kerapatan tajuk dalam waktu 10 tahun. Selain itu, terdapat hubungan terbalik antara kerapatan tajuk dengan suhu permukaan dengan korelasi sebesar $-65,76\%$. Hal tersebut menandakan adanya keberhasilan revegetasi pada lokasi penelitian yang ditunjukkan adanya proses ameliorasi iklim dan peningkatan kanopi hutan.

Kata kunci: kerapatan kanopi hutan, korelasi, perbaikan iklim, suhu permukaan

ABSTRACT

THERESA VINDRI PRAMESTI. Climate Amelioration through Land Revegetation Star Energy Geothermal Salak, Sukabumi, West Java. Supervised by SITI BADRIYAH RUSHAYATI and LILIK BUDI PRASETYO.

The SEGS land revegetation program is aimed at improving or restoring the condition of degraded vegetation. This planting or maintenance program is carried out in collaboration with TNGHS. This research aims to examine climate amelioration from the revegetation program with indicators of changes in surface temperature and canopy density. This research was carried out in February-April 2024. The tools and materials used included *Avenza Maps*, GPS, location maps, *Microsoft Office (Word and Excel)*, *Google Earth*, *ArcGIS 10.8*, *ERDAS Imagine 2015*, and Landsat Sukabumi Satellite imagery. Data analysis was carried out by identifying land cover, surface temperature analysis, FCD analysis, and analyzing the relationship between canopy density and surface temperature. The research results show that there is a trend of decreasing surface temperature and increasing canopy density within 10 years. In addition, there is an inverse relationship between canopy density and surface temperature with a correlation of -65.76% . This indicates the success of revegetation at the research location, which is indicated by a process of climate amelioration and an increase in the forest canopy.

Keywords: climate improvement, correlation, forest canopy density, surface temperature



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 2024 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

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.



AMELIORASI IKLIM MELALUI REVEGETASI LAHAN STAR ENERGY GEOTHERMAL SALAK, SUKABUMI, JAWA BARAT

THERESA VINDRI PRAMESTI

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada
Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata

**DEPARTEMEN KONSERVASI SUMBERDAYA HUTAN DAN EKOWISATA
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

2024



@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.

Tim Penguji pada ujian Skripsi:

1. **Dr. Ir. Gunawan Santosa, M.S.**
2. **Dr. Yudi Setiawan, S.P., M.Env.Sc.**



Judul Skripsi : Ameliorasi Iklim melalui Revegetasi Lahan Star Energy
Geothermal Salak, Sukabumi, Jawa Barat
Nama : Theresa Vindri Pramesti
NIM : E3401201030

@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.

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Siti Badriyah Rushayati, M.Si
Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Lilik Budi Prasetyo, M.Sc

Diketahui oleh

Ketua Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan
dan Ekowisata:
Dr. Ir. Nyoto Santoso, M.S
196203151986031002

Tanggal Ujian:
26 Juni 2024

Tanggal Lulus: 04 JUL 2024

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak Januari 2024 sampai Juli 2024 ini adalah ameliorasi iklim, dengan judul “Ameliorasi Iklim melalui Revegetasi Lahan Star Energy Geothermal Salak, Sukabumi, Jawa Barat”.

Melalui kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada para pihak yang telah membantu penyusunan hingga penyelesaian penulisan tugas akhir ini, yaitu:

1. Dr. Ir. Siti Badriyah Rushayati, M.Si. selaku dosen pembimbing utama dan Prof. Dr. Ir. Lilik Budi Prasetyo, M.Sc. selaku dosen pembimbing anggota yang telah senantiasa membimbing dan memberi saran kepada penulis dalam penyusunan skripsi.
2. Ir. Agus Priyono, M.S. selaku moderator kolokium dan dosen uji petik, Prof. Dr. Ir. Burhanuddin Masy'ud, M.S. selaku moderator seminar hasil, Dr. Ir. Gunawan Santosa, M.S. selaku dosen penguji sidang, dan Dr. Yudi Setiawan, S.P., M.Env.Sc. selaku ketua sidang yang telah memberikan saran kepada penulis dalam penyusunan skripsi.
3. Fakultas Kehutanan dan Lingkungan Institut Pertanian Bogor, dosen beserta, staf Tata Usaha Departemen KSHE, dan Lab ALGM atas segala bantuan dalam penyusunan skripsi
4. Taman Nasional Gunung Halimun Salak atas pemberian izin dan bantuan yang diberikan dalam pengumpulan data di lapangan.
5. PT Star Energy Geothermal Salak sebagai mitra yang telah memberikan dukungan penyediaan lokasi, data penelitian, serta fasilitas penelitian.
6. Romy Prayogo Utomo (ayah), Supini (mama), Refiansyah Rozzie Alfarizky (adik), Satuki (kakek), Suprapti (nenek), Hendri Yunanto, dan Kusyanti Wijaya atas semua bantuan baik material maupun immaterial, seperti semangat, kasih sayang, dan doanya.
7. Sahabat terbaik penulis seperti Indira Ramayanda, Ardhini Muslihatun Aminah, Dewi Aurora Angelia, Dimas Dwi Putra, Rizky Maulana Jakfar, Azhiga Rizkina Siddiq, dan Ikhwan Ahmad Mujahid.
8. Teman-teman satu bimbingan yang selalu membersamai, mendukung, dan membantu selama penelitian maupun penyusunan skripsi, yaitu Sayid Hasan Alaydrus, Sitti Balqis Khadijah, dan Muhammad Ekki Rizky Indracahya.
9. Teman-teman Kos Puri Madani yang senantiasa membersamai, mendukung, dan membantu penulis baik di kos maupun di perkuliahan, yaitu Cynthia Widhia Sefi, Dwi Indah Yulianti, dan Iis Erlina.
10. Teman-teman KKNT Sukadamai yang selalu mendampingi penulis dalam penyusunan skripsi seperti Devia Agnisa Sholiha dan Nashwa Afifa.
11. Teman-teman PLKA Cikaniki yang memberikan dukungan moral kepada penulis seperti Lutfi Bukhori, Erika Angel Matozu, dan Hekmatyar Aulia Ayuba.

12. Teman-teman dekat penulis angkatan 58 yang membantu penulis seperti Nyala Nasywa Muqniza Hasibuan, Puti Tanjung Intan, Adinda Puti Shafa Sakinah, dan Salvia Yukisari.
13. Teman-teman BPH Kekeluargaan Himakova 2022/2023 yang memberikan dukungan kepada penulis seperti Dendi Muhamad Akbar, Dita Kurnia, Adysa Addurunnafis, Geugeut Astika Cedec, dan Alvhani Ruwiansyah.
14. Teman-teman KSHE angkatan 57 "Nycticebus javanicus" dan Fahutan angkatan 57 "Sylvawikrama" yang selalu kebersamai, mendukung, dan membantu selama masa perkuliahan.
15. Diri saya sendiri yang sudah berjuang dan berusaha serta mampu tetap semangat untuk memberikan yang terbaik dalam proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih untuk selalu bertahan dari awal proses hingga mendapatkan hasil akhir.

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

Bogor, Juli 2024

Theresa Vindri Pramesti



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
METODE	3
2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	3
2.2 Alat dan Bahan	3
2.3 Jenis dan Metode Pengumpulan Data	3
2.4 Analisis Data	4
III HASIL DAN PEMBAHASAN	11
3.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian	11
3.2 Perubahan Tutupan Lahan	11
3.3 Perubahan Nilai Suhu Permukaan	13
3.4 Nilai Kerapatan Tajuk	15
3.5 Hubungan Nilai Kerapatan Tajuk dengan Ameliorasi Iklim	17
IV SIMPULAN DAN SARAN	21
4.1 Simpulan	21
4.2 Saran	21
DAFTAR PUSTAKA	22
RIWAYAT HIDUP	26

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.

DAFTAR TABEL

1	Klasifikasi nilai uji korelasi Pearson	10
2	Perubahan tutupan lahan pada tahun 2013 dan 2023	13
3	Perbandingan tutupan lahan, rentang nilai kerapatan tajuk, dan rentang nilai suhu permukaan	19

DAFTAR GAMBAR

1	Peta lokasi penelitian	3
2	Peta LST 2013	12
3	Peta LST 2023	12
4	Peta Tutupan Lahan 2013	14
5	Peta Tutupan Lahan 2023	14
6	Peta FCD 2013	16
7	Peta FCD 2023	16
8	Peta penurunan suhu permukaan dalam rentang waktu 10 tahun	18
9	Hubungan suhu permukaan dengan kerapatan tajuk	19

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 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.

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim merupakan permasalahan global yang dihadapi oleh seluruh manusia di bumi. Hal tersebut dikarenakan perubahan iklim membawa dampak negatif bagi kehidupan di bumi (Rakuasa 2022). Beberapa contoh aktivitas manusia yang dapat menyebabkan perubahan iklim adalah deforestasi lahan, aktivitas pertambangan, dan pola pertanian yang tidak berkelanjutan (Hehanussa *et al.* 2023). Aktivitas-aktivitas tersebut memengaruhi peningkatan suhu permukaan. Adanya peningkatan suhu permukaan memengaruhi perubahan pola cuaca serta menyebabkan perubahan iklim ekstrim seperti gelombang panas (*heat waves*), kekeringan, banjir, dan badai yang lebih sering dan intens (Li *et al.* 2023).

Suhu permukaan merupakan suatu terluar suatu objek yang dipengaruhi oleh lapisan teratas dari sebuah lahan. Suhu permukaan dari lahan bervegetasi dengan lahan terbangun tentu berbeda. Apabila terdapat tutupan lahan yang berubah dari lahan bervegetasi pohon menjadi lahan terbangun atau terbuka maka akan menyebabkan kenaikan suhu permukaan. Kenaikan suhu permukaan tersebut dipengaruhi oleh tidak adanya transpirasi pada vegetasi yang memengaruhi suhu permukaan pada lahan bervegetasi serta dipengaruhi oleh sifat emisivitas atau pancaran dari objek yang ada di permukaan lahan tersebut (Mulyadi 2016). Sebaliknya, apabila terjadi perubahan lahan dari lahan terbangun menjadi lahan bervegetasi maka akan menyebabkan penurunan suhu permukaan.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.48/Menhut-II/2013 tentang Pedoman Reklamasi Hutan pada Areal Bencana Alam, lahan revegetasi merupakan lahan yang digunakan untuk memperbaiki dan memulihkan vegetasi yang rusak melalui kegiatan penanaman dan pemeliharaan. Hal tersebut mendukung adanya peran ameliorasi iklim pada lahan revegetasi. Ameliorasi iklim merupakan salah satu bentuk manfaat yang diberikan oleh lingkungan khususnya tumbuhan dalam memperbaiki kondisi iklim (Hakim *et al.* 2017). Terdapat dua indikator yang digunakan dalam menganalisis adanya peranan lahan revegetasi dalam ameliorasi iklim tersebut yaitu indikator suhu permukaan dan indikator tutupan tajuk yang berada di lahan revegetasi.

PT Star Energy Geothermal Salak merupakan perusahaan yang bergerak dalam pemanfaatan panas bumi sebagai sumber energi pembangkit listrik. Hal tersebut menyebabkan adanya perubahan tutupan lahan dari yang bervegetasi menjadi lahan terbangun. Star Energy Geothermal Salak menerapkan konsep *sustainability* sehingga perusahaan tersebut menerapkan prinsip keberlanjutan. Prinsip keberlanjutan tersebut ditunjukkan dengan komitmen Star Energy Geothermal Salak dalam memerhatikan lingkungan yang ada di sekitarnya. Hal tersebut dikarenakan wilayah Star Energy Geothermal yang berada di dalam Taman Nasional Gunung Halimun Salak. Selain itu, dengan adanya Departemen Environment (SHE) yang melakukan kegiatan untuk *monitoring* kualitas lingkungan yang ada juga menjadi sebuah bentuk penerapan prinsip *sustainability* tersebut. Salah satu bentuk nyata dari adanya prinsip tersebut adalah kegiatan revegetasi. Oleh karena itu, diperlukan adanya penelitian mengenai ameliorasi iklim melalui lahan revegetasi PT Star Energy Geothermal Salak.

1.2 Rumusan Masalah

PT Star Energy Geothermal Salak termasuk daerah yang memiliki lahan revegetasi yang berbeda-beda dengan tutupan lahan yang berbeda pula. Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana menilai keberhasilan revegetasi dengan mengkaji ameliorasi iklim dan perubahan tutupan tajuk pada tahun 2013 dan 2023 di PT Star Energy Geothermal Salak.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengkaji kemampuan ameliorasi iklim di lahan revegetasi PT Star Energy Geothermal Salak pada tahun 2013 dan 2023 dengan indikator suhu permukaan (*Land Surface Temperature/LST*).
2. Mengkaji kaitan antara FCD (*Forest Canopy Density*) dengan kemampuan ameliorasi iklim di lahan revegetasi PT Star Energy Geothermal Salak pada tahun 2013 dan 2023.

1.4 Manfaat

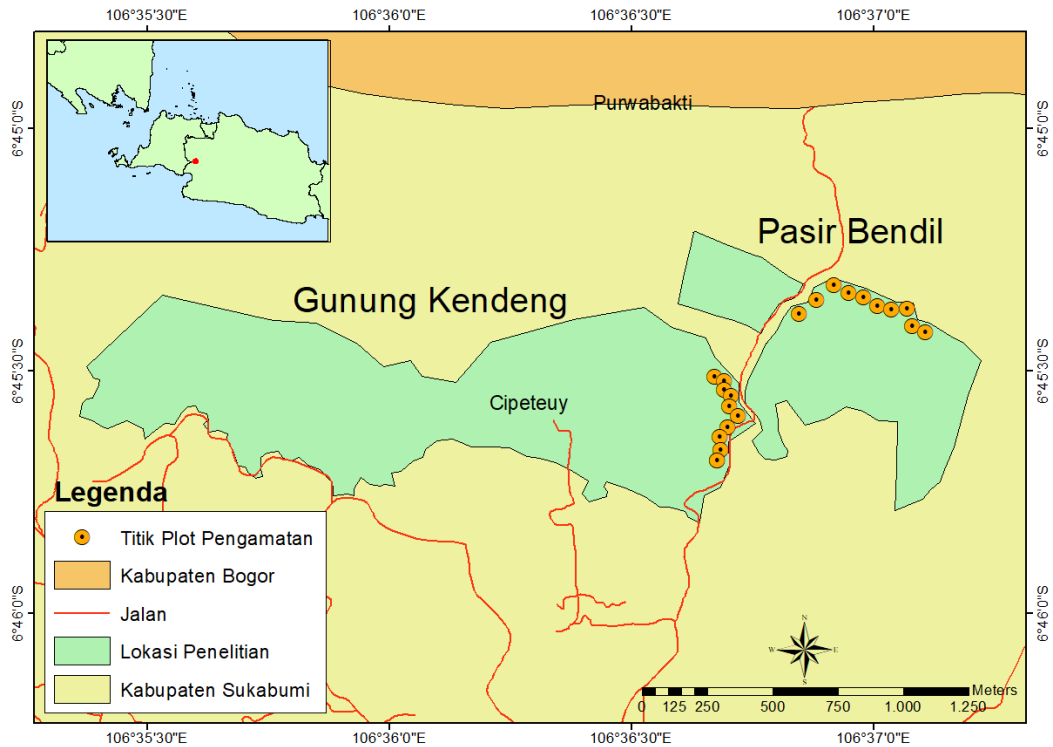
Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi perusahaan: memberikan informasi mengenai dampak atau pengaruh kegiatan revegetasi yang dilakukan oleh PT Star Energy Geothermal Salak bagi kondisi iklim sekitarnya.
2. Bagi masyarakat: memberikan informasi mengenai gambaran umum ameliorasi iklim melalui lahan revegetasi PT Star Energy Geothermal Salak.

II METODOLOGI

2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT Star Energy Geothermal Salak (Gambar 1). Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari-April 2024. Lokasi penelitian terletak pada $106^{\circ}35'30''$ BT hingga $106^{\circ}37'0''$ BT dan $6^{\circ}45'0''$ LS hingga $6^{\circ}46'0''$ LS.



Gambar 1 Peta lokasi penelitian

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Avenza Maps*, GPS, peta lokasi, dan perangkat komputer yang dilengkapi dengan beberapa *software* yaitu *Microsoft Office (Word dan Excel)*, *ArcGIS 10.8*, *Google Earth*, dan *ERDAS Imagine 2015*. Bahan yang digunakan meliputi citra satelit Landsat Sukabumi pada tahun 2013 dan tahun 2023.

2.3 Jenis dan Metode Pengumpulan Data

Data primer yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi peta citra Landsat tahun 2013 dan tahun 2023, selanjutnya peta sebaran suhu permukaan pada tahun 2013 dan tahun 2023, serta peta tutupan tajuk pada tahun 2013 dan tahun 2023. Data sekunder berupa informasi-informasi tambahan diperlukan untuk mendukung penelitian ini yang bersumber dari hasil studi literatur dan dokumen RPE TNGHS.

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.

Pengambilan data citra dilakukan dengan mengunduh peta citra landsat Sukabumi melalui *website* earthexplorer.usgs.gov. Citra tersebut diuji akurasi terlebih dahulu dengan menggunakan *software* ArcGis 10.8. Peta sebaran suhu permukaan didapatkan setelah melakukan pengolahan data dengan fitur *raster calculator* pada ArcGIS 10.8.

2.4 Analisis Data

Analisis data diawali dengan melakukan pengolahan citra tahun 2013 dan tahun 2023 dengan *software* ArcGis 10.8. Klasifikasi jenis penutupan lahan serta estimasi sebaran suhu permukaan pada tahun 2013 dan tahun 2023 digunakan untuk menentukan hubungan antara tutupan lahan dengan tren suhu permukaan di lahan revegetasi PT Star Energy Geothermal Salak.

2.4.1 Identifikasi Tutupan Lahan

Peta tutupan lahan digunakan sebagai salah satu acuan dalam menentukan perbandingan suhu permukaan. Pengklasifikasian tutupan lahan dilakukan dengan metode *unsupervised classification* menggunakan fitur *iso cluster unsupervised classification* pada ArcGIS 10.8. Pengambilan titik *ground check point* di lokasi penelitian telah dilakukan sebelumnya sebagai acuan. *Software Google Earth* digunakan untuk membantu identifikasi dan juga sebagai acuan tambahan. Klasifikasi tutupan lahan meliputi lahan revegetasi, lahan terbangun, dan lahan pertanian.

2.4.2 Suhu Permukaan

a. Koreksi radiometrik *Top of Atmosphere* (TOA)

Estimasi suhu permukaan dihitung menggunakan ArcGIS 10.8 untuk mengubah nilai *pixel* yang awalnya dalam bentuk *Digital Number* (DN) menjadi nilai radian. Koreksi radiometrik adalah langkah awal dalam pemrosesan citra satelit yang digunakan untuk proses koreksi yang melibatkan penyesuaian untuk meningkatkan kontras setiap *pixel*, sehingga data yang direkam sesuai dengan kondisi lapangan (Sinaga *et al.* 2018). Proses ini bertujuan untuk menghilangkan gangguan yang disebabkan oleh kesalahan sistem optik pada sensor, atmosfer, dan sudut elevasi matahari (Rizki *et al.* 2017). Koreksi radiometrik pada band 10 dan band 11 citra Landsat 8 dilakukan dengan menggunakan fitur *raster calculator* pada ArcGIS 10.8. mengacu pada metode yang dijelaskan oleh Sagita *et al.* (2022) pada persamaan 1:

$$L\lambda = MLQcal + AL \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- Lλ = *Radiance spectral* TOA (watts/m² Srad μm)
- ML = (Radiance_mult_band x), x= band 10 dan band 11 (landsat 8)
- AL = (Radiance_add_band x), x = band 10 dan band 11 (landsat 8)
- Qcal = *Quantized and calibrated standard product pixel values* (Digital Number)

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.

b. *Temperature brightness* (T_b)

Temperature brightness atau *brightness temperature* adalah radiasi gelombang mikro yang dipancarkan dari lapisan atas atmosfer bumi (Rajeshwari dan Mani 2014). Perhitungan *temperature brightness* melibatkan nilai radiasi spektral yang diperoleh dari *digital number*. *Temperature brightness* digunakan untuk menentukan suhu permukaan (Desi 2011). Nilai radiasi ini kemudian diubah dari temperatur skala Kelvin menjadi temperatur skala Celcius. Perhitungan *temperature brightness* menggunakan band 10 dan band 11 citra Landsat 8 yang diolah melalui fitur *raster calculator* pada ArcGIS 10.8 dan hasil keduanya dirata-rata menggunakan rumus *mean*. Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan konversi radiasi spektral menjadi temperatur ditunjukkan pada persamaan 2 yang mengacu pada persamaan USGS (2016):

$$T_b = \left(\frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \right) - 273,15 \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

T_b = Suhu radian (°C)

K₁ = Konstanta kalibrasi (band 10 dan band 11 landsat 8)

K₂ = Konstanta kalibrasi (band 10 dan band 11 landsat 8)

L_λ = *Radiance spectral TOA* (watts/m² Srad μm)

c. *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI)

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) adalah nilai kehijauan vegetasi yang dihasilkan dari analisis digital data kecerahan kanal sensor satelit, seperti pada penelitian ini menggunakan data Landsat 8 OLI/TIRS Level 1 dengan band 4 (RED) dan band 5 (NIR). Kedua band tersebut digunakan untuk menghitung nilai NDVI. Perhitungan NDVI menggunakan fitur *raster calculator* pada ArcGIS 10.8 dan didasarkan pada persamaan yang disajikan oleh Wardana *et al.* (2014) pada persamaan 3:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*

NIR = *Near Infrared Radiation* (band 5 landsat 8)

RED = Radiasi cahaya merah dari pixel (band 4 landsat 8)

d. *Land Surface Emissivity*

Perhitungan LSE membutuhkan *P_v* yang merupakan proporsi vegetasi dari suatu citra (Rouse *et al.* 1974). Perhitungan *P_v* diperoleh dengan menggunakan fitur *raster calculator* pada ArcGIS 10.8. Perhitungan *P_v* mengacu pada persamaan USGS yang ditunjukkan pada persamaan 4 (2016):

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.

$$Pv = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:
Pv = proportion of vegetation
 NDVI = Normalized Difference Vegetation Index
 NDVI_{min} = value terendah Normalized Difference Vegetation Index
 NDVI_{max} = value tertinggi Normalized Difference Vegetation Index

Emisivitas permukaan tanah (LSE) perlu dihitung untuk dapat memprediksi suhu permukaan tanah (LST). LSE adalah faktor yang mempengaruhi cahaya *blackbody* dalam memancarkan radiasi serta menentukan efisiensi transmisi energi panas ke atmosfer (Avdan dan Jovanovska 2016). LSE berfungsi untuk mengukur kemampuan dalam mengubah energi termal atau panas menjadi energi radiasi. Perhitungan LSE dilakukan menggunakan fitur *raster calculator* pada ArcGIS 10.8 dengan acuan rumus yang melibatkan emisivitas tanah dan vegetasi yang sesuai dengan pernyataan Sobrino *et al.* (2004) menggunakan nilai *m* = 0.004 dan *n* = 0.986 seperti pada persamaan 5:

$$\varepsilon = m Pv + n \dots\dots\dots (5)$$

$$\varepsilon = 0,004 Pv + 0,986 \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:
 ε = emisivitas permukaan tanah
 Pv = proportion of vegetation

e. *Land Surface Temperature (LST)*

Temperatur permukaan dapat dihitung menggunakan band *thermal* pada citra Landsat 8 OLI/TIRS Level 1 dengan mengonversi DN (*digital number*) menjadi *radiance*, lalu mengubahnya menjadi nilai suhu kecerahan untuk mendapatkan temperatur permukaan. Estimasi suhu permukaan melibatkan penentuan *radiance* spektral dan temperatur kecerahan. Perhitungan LST pada band 10 dan band 11 dilakukan menggunakan fitur *raster calculator* pada ArcGIS 10.8 lalu hasil keduanya dirata-rata menggunakan rumus *mean*. Perhitungan LST mengacu pada persamaan yang disajikan oleh Baihaqi *et al.* (2020) digunakan untuk menganalisis temperatur permukaan sebagai berikut:

$$LST = \frac{Tb}{\left[1 + \left(\frac{\lambda \cdot Tb}{c2} \right) \times \ln \varepsilon \right]} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:
 LST = Land Surface Temperature (suhu permukaan)
 Tb = brightness temperature
 λ = wavelength of emitted radiance
 c2 = $h \times \frac{c}{s} = 1,4388 \times 10^{-2} \text{ mK} = 14388 \text{ } \mu\text{mK}$
 ε = emisivitas

2.4.3 Analisis Suhu Permukaan dan Perubahannya

Perbandingan suhu permukaan pada lahan revegetasi PT Star Energy Geothermal Salak pada tahun 2013 dan tahun 2023 diketahui melalui perubahan distribusi suhu permukaan kawasan tersebut. Analisis tersebut diawali dengan pengurangan peta LST tahun 2013 dengan peta LST 2023 menggunakan ArcGIS 10.8. Hasil tersebut selanjutnya akan menjadi bahan klasifikasi perubahan suhu permukaan. Perubahan distribusi suhu permukaan selanjutnya dianalisis menggunakan fitur *model maker* pada ERDAS Imagine 2015.

Suhu permukaan diklasifikasikan menjadi 3 kelas dan untuk mengetahui adanya perbaikan iklim maka diklasifikasikan menjadi 3 kelas, yaitu kelas pertama apabila hasil pengurangan sama dengan nol yang menandakan tidak ada perubahan suhu permukaan, kelas kedua apabila hasil pengurangan lebih dari sama dengan nol yang menandakan adanya penurunan suhu permukaan, dan terakhir kelas ketiga apabila hasil dalam rentang bilangan negatif hingga kurang dari nol yang menandakan adanya kenaikan suhu permukaan. Hasil analisis tersebut ditampilkan dalam bentuk peta sebaran kenaikan dan digunakan untuk mengidentifikasi titik penyebab adanya perubahan suhu permukaan.

2.4.4 Analisis Kerapatan Vegetasi (*Forest Canopy Density* / FCD)

Forest Canopy Density (FCD) merupakan sebuah metode untuk menganalisis kerapatan vegetasi berdasarkan data citra dari penginderaan jarak jauh, selain itu FCD juga dapat digunakan untuk menilai kondisi ekologi sebuah hutan. FCD dapat memberikan indikasi adanya tingkat degradasi hutan serta memberikan informasi perlunya rehabilitasi pada hutan. Parameter FCD menggunakan kerapatan kanopi hutan untuk menggambarkan kondisi hutan serta menilai kerapatan vegetasinya (Rikimaru *et al.* 2002). Rentang nilai klasifikasi FCD adalah 0-100% yang menunjukkan persentase kerapatan kanopi vegetasi pada hutan. Kanopi yang rapat menandakan kondisi hutan yang baik, sementara kondisi kanopi yang jarang hingga tidak ada menunjukkan sebaliknya (Wijaya *et al.* 2018).

Menurut Rikimaru *et al.* (2002), model analisis FCD melibatkan pemodelan biofisik dan analisis data dari empat indeks, termasuk *Advanced Vegetation Index* (AVI), *Bare Soil Index* (BSI), *Shadow Index* (SI), dan *Thermal Index* (TI). *Advanced Vegetation Index* (AVI) merupakan indeks vegetasi lanjutan yang lebih sensitif terhadap kerapatan/kepadatan hutan dan kelas vegetasi fisiognomi. Kelebihan AVI yaitu dapat menonjolkan nilai klorofil –a yang tidak dapat disoroti perbedaannya yang halus dalam kerapatan kanopi yang diolah menggunakan NDVI, walaupun pada NDVI dapat ditingkatkan dengan menggunakan level daya dari respons infra merah (Sukmono *et al.* 2020). AVI dapat dihitung menggunakan fitur *raster calculator* pada ArcGIS 10.8 dengan persamaan 7 yang mengacu pada persamaan Rikimaru *et al.* (2002):

$$AVI = \sqrt[3]{(Band\ 5 + 1) * (256 - Band\ 4) * (Band\ 5 - Band\ 4)} \dots \dots \dots (7)$$

Bare Soil Index (BI) merupakan indeks yang digunakan untuk membedakan kondisi vegetasi yang berbeda seperti vegetasi yang tidak memiliki kanopi, vegetasi dengan kanopi yang tipis, vegetasi dengan kanopi yang padat, dan sebagainya (Sukmono *et al.* 2020). BI dapat dihitung menggunakan fitur *raster calculator* pada ArcGIS 10.8 dengan persamaan yang mengacu pada persamaan Rikimaru *et al.* (2002) dan ditunjukkan pada persamaan 8:

$$BI = \left(\frac{Band\ 6 + Band\ 4}{Band\ 6 + Band\ 4 + (Band\ 5 + Band\ 2)} - \frac{(Band\ 5 + Band\ 2)}{(Band\ 6 + Band\ 4) + (Band\ 5 + Band\ 2)} \right) * 100 + 100 \dots\dots\dots (8)$$

Keunggulan dari model FCD adalah penggunaan *Shadow Index* (SI), yang mampu menggambarkan kerapatan secara vertikal dan menggambarkan komposisi struktural dari vegetasi yang berbeda dalam tegakan hutan (Sukmono *et al.* 2020). Perhitungan SI diolah melalui fitur *raster calculator* pada ArcGIS 10.8. Persamaan untuk menghitung SI ditunjukkan pada persamaan 9 yang mengacu pada persamaan Rikimaru *et al.* (2002):

$$SI = \sqrt[3]{(256 - Band\ 2) * (256 - Band\ 3) * (256 - Band\ 4)} \dots\dots\dots (9)$$

Thermal Index (TI) dikembangkan dengan menggunakan band *infrared thermal* pada citra Landsat TM. Beberapa kasus tertentu dapat mengabaikan penggunaan *thermal index*. Hal tersebut dikarenakan penyesuaian kondisi jenis tanah dari daerah kajian. Indeks tersebut memiliki fungsi untuk membedakan antara tanah hitam terbuka dengan bayangan dari tegakan vegetasi (Rikimaru *et al.* 2002). Menurut Sitorus *et al.* (2019), perhitungan TI dilakukan melalui 2 tahap, yaitu mengubah kanal *thermal* menjadi radian dan melakukan perhitungan TI melalui fitur *raster calculator* pada ArcGIS 10.8 dengan persamaan 10:

$$TI = K2 / \ln\left(\frac{K1}{L\lambda + 1}\right) \dots\dots\dots (10)$$

- Keterangan:
- T = Suhu radian dalam satuan Kelvin (K)
 - K1 = Konstanta kalibrasi (band 10 landsat 8)
 - K2 = Konstanta kalibrasi (band 10 landsat 8)
 - Lλ = *Radiance spectral TOA* (watts/m2 Srad μm)

Pengolahan selanjutnya yaitu data AVI dan BI diproses menggunakan *Principle Component Analysis* (PCA) menggunakan ArcGIS 10.8. Hasil analisis PCA tersebut digunakan untuk menghasilkan *Vegetation Density* (VD). Nilai VD kemudian dinormalisasikan menggunakan rumus seperti Sitorus *et al.* (2019) agar menghasilkan nilai dalam rentang 0-100 yang ditunjukkan pada persamaan 11:

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.

$$\text{Normalisasi VD} = \frac{(B1 - \min) \times (\max' - \min')}{(\max - \min)} \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan:

VD = *Vegetation Density*
 B1 = Nilai digital untuk citra hasil *cross index* AVI dan BI (citra hasil PCA)
 max = Nilai maksimum pada citra
 min = Nilai minimum pada citra
 max' = Nilai maksimum normalisasi
 min' = Nilai minimum normalisasi

Data yang dibutuhkan selanjutnya yaitu *Scaled Shadow Index* (SSI) yang dihasilkan melalui fitur PCA pada ArcGIS 10.8 menggunakan data SI dan TI. Nilai SSI menjadi faktor utama yang mempengaruhi nilai kerapatan kanopi hutan. Apabila besaran nilai VD tinggi namun besaran nilai SSI rendah, maka nilai FCD akan bernilai rendah (Sukarna 2008). Nilai SSI kemudian dinormalisasikan menggunakan rumus seperti Sitorus *et al.* (2019) agar menghasilkan nilai dalam rentang 0-100 yang ditunjukkan pada persamaan 12:

$$\text{Normalisasi SSI} = \frac{(B1 - \min) \times (\max' - \min')}{(\max - \min)} \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan:

SSI = *Scaled Shadow Index*
 B1 = Nilai digital untuk citra hasil *cross index* SSI dan TI (citra hasil PCA)
 max = Nilai maksimum pada citra
 min = Nilai minimum pada citra
 max' = Nilai maksimum normalisasi
 min' = Nilai minimum normalisasi

Nilai VD dan SSI yang sudah dinormalisasi maka digunakan sebagai data utama dan diolah untuk menghasilkan FCD. Nilai FCD dihitung menggunakan fitur *raster calculator* pada ArcGIS 10.8 dan mengacu pada persamaan Rikimaru *et al.* (2002) yang ditunjukkan dalam persamaan 13:

$$\text{FCD} = \sqrt{(\text{VD} * \text{SSI} + 1)} - 1 \dots\dots\dots(13)$$

Keterangan:

FCD = *Forest Canopy Density*
 VD = *Vegetation Density*
 SSI = *Scaled Shadow Index*

Model FCD berkorelasi dengan kerapatan vegetasi di lapangan. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai FCD yang lebih tinggi maka kerapatan tegakan di wilayah tersebut juga akan lebih tinggi. Pengolahan data selanjutnya yaitu adanya klasifikasi kelas kerapatan berdasarkan nilai FCD, dengan tiga kelas kerapatan yang digunakan: jarang (10 - <40%), sedang (40 - <70%), dan rapat (70-100%), sesuai dengan SNI 7645:2010 tentang Klasifikasi Penutup Lahan (BSN 2010).

2.4.5 Analisis Hubungan Kerapatan Tajuk dengan Suhu Permukaan

Perbandingan nilai kerapatan tajuk di lahan revegetasi PT Star Energy Geothermal Salak pada tahun 2013 dan tahun 2023 dapat diketahui melalui peta kerapatan tajuk kawasan tersebut. Analisis selanjutnya yang perlu dilakukan adalah membuat *random points* menggunakan fitur *create random points* pada ArcGIS 10.8. *Random points* dibuat sebanyak 100 titik pada peta FCD 2023 dan LST tahun 2023 yang menyebar di seluruh wilayah. Hasil *random points* tersebut lalu di-*extract value* pada peta FCD 2023 dan LST 2023 sehingga dapat diketahui besaran nilai kerapatan tajuk dan suhu permukaan. Nilai-nilai tersebut akan menjadi bahan untuk membuat permodelan hubungan kerapatan tajuk dengan suhu permukaan. Permodelan tersebut akan ditunjukkan melalui persamaan regresi linear sederhana.

Regresi linear sederhana merupakan metode statistik yang digunakan untuk mengukur adanya suatu hubungan sebab-akibat antara variabel penyebab dengan variabel akibat. Variabel penyebab dapat dilambangkan sebagai variabel X (variabel independen) sedangkan variabel akibat dapat dilambangkan dengan variabel Y (variabel dependen). Metode regresi linear sederhana bertujuan untuk memperkirakan besar nilai yang akan muncul berdasarkan data yang sudah ada (Santoso 2018). Formula yang digunakan dalam analisis regresi linear ini mengacu pada Mattjik dan Sumertajaya (2013) yang ditunjukkan pada persamaan 14:

$$Y = a + bX \dots\dots\dots (14)$$

Keterangan:
Y = variabel dependen (suhu permukaan)
X = variabel independen (kerapatan tajuk)

Data yang dianalisis yaitu nilai kerapatan tajuk dan suhu permukaan di lahan revegetasi Gunung Kendeng dan Pasir Bendil pada tahun 2013 dan tahun 2023. Data kerapatan tajuk digunakan sebagai variabel penyebab (variabel X) sedangkan suhu permukaan digunakan sebagai variabel akibat (variabel Y). Data tersebut juga dianalisis menggunakan uji korelasi Pearson untuk mengetahui besaran kaitan atau hubungan antara besar nilai kerapatan tajuk dengan nilai suhu permukaan. Korelasi Pearson merupakan uji korelasi yang dilakukan untuk mengukur hubungan antara dua variabel yang diuji (Zhang *et al.* 2020). Nugroho (2005) mengklasifikasikan nilai uji korelasi Pearson menjadi 6 kelas yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Klasifikasi nilai uji korelasi Pearson

No.	Interval Koefisien	Keeratan Korelasi
1.	0,00-0,20	Sangat Lemah
2.	0,21-0,40	Lemah
3.	0,41-0,70	Moderate/Sedang
4.	0,71-0,90	Kuat
5.	0,91-0,99	Sangat Kuat
6.	1	Korelasi Sempurna

III HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian

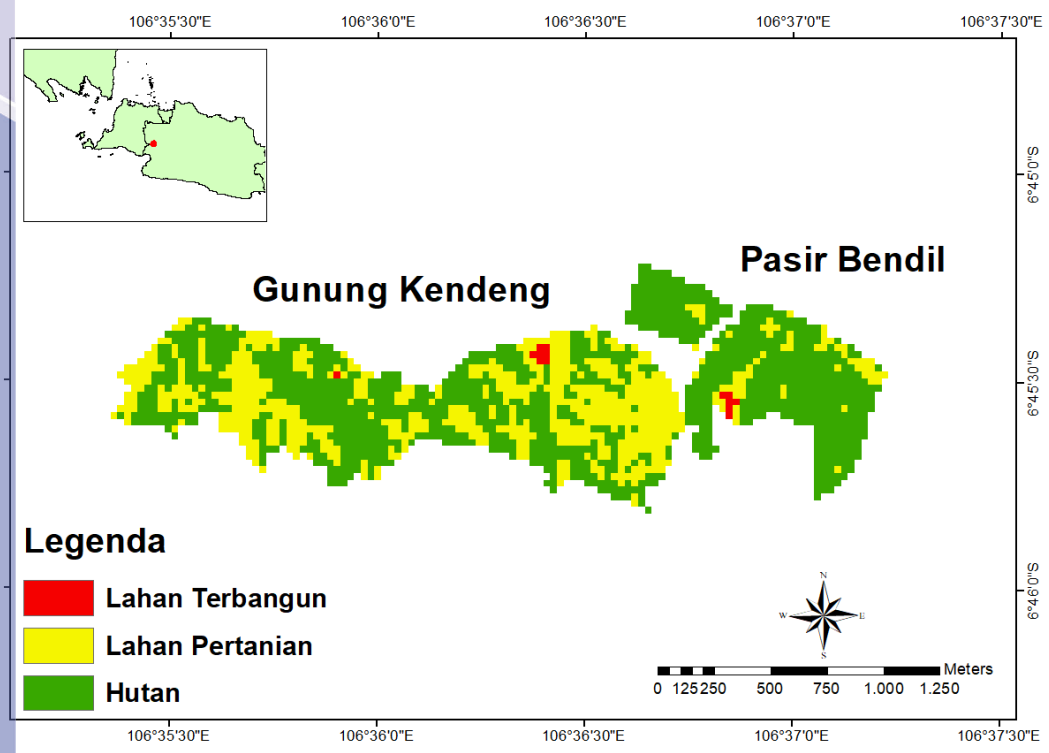
Star Energy Geothermal Salak terletak di Kecamatan Kabandungan, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Wilayah kerja Star Energy Geothermal Salak terletak di dalam kawasan Taman Nasional Gunung Halimun Salak meliputi lahan revegetasi yang ditanami oleh Star Energy Geothermal Salak. Terdapat dua lahan revegetasi Star Energy Geothermal yang menjadi lokasi penelitian yaitu lahan revegetasi Gunung Kendeng dan Pasir Bendil yang berada di zona rehabilitasi TNGHS. Luas lahan revegetasi Gunung Kendeng adalah 120 ha, sedangkan untuk lokasi Pasir Bendil seluas 50 ha. Penanaman pada lahan Pasir Bendil dilakukan pada tahun 2012 sedangkan penanaman pada lahan Gunung Kendeng dilakukan pada tahun 2019. Akan tetapi, penanaman tersebut tidak dilakukan secara serentak pada tahun tersebut. Terdapat beberapa penanaman yang dilakukan dalam rangka menyulam titik-titik lokasi yang kosong sehingga pada kedua lahan tersebut umur vegetasinya berbeda-beda. Kedua lahan tersebut memiliki tinggi berkisar 900 hingga 1.100 mdpl. Penanaman pada lahan revegetasi Pasir Bendil lebih rapat dibandingkan lahan revegetasi Gunung Kendeng, akan tetapi kedua lahan tersebut sama-sama didominasi oleh pepohonan. Jenis pohon yang berada pada kedua lahan revegetasi tersebut terdiri atas lima jenis yaitu mahoni daun kecil (*Swietenia macrophylla*), rasamala (*Altingia excelsa*), saninten (*Castanopsis javanica*), damar (*Agathis loranthifolia*), dan huru (*Litsea cordata*).

3.2 Perubahan Tutupan Lahan

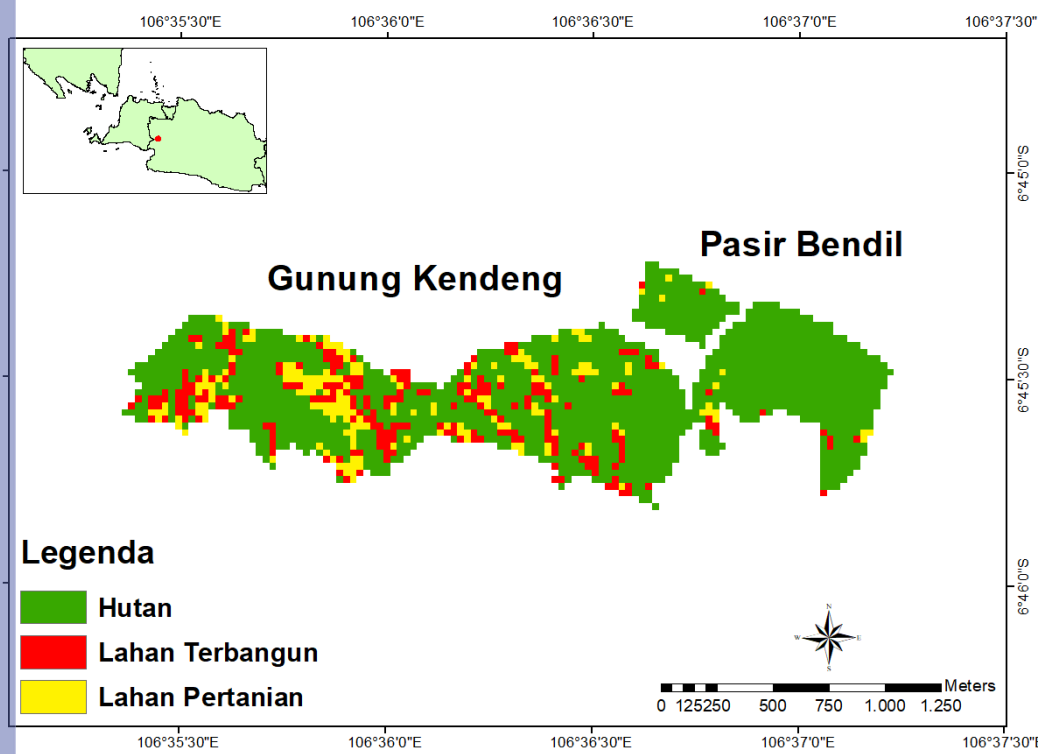
Kondisi tutupan lahan pada tahun 2013 dengan tahun 2023 memiliki perbedaan yang cukup banyak. Hal tersebut ditunjukkan pada beberapa *pixel* pada peta tutupan lahan yang awalnya berupa lahan pertanian mulai berubah menjadi hutan, selain itu juga terdapat beberapa penambahan lahan terbangun yang ada di wilayah Gunung Kendeng. Perbedaan kondisi tersebut tentunya memiliki dampak bagi adanya perubahan suhu permukaan. Penambahan jumlah lahan terbangun dapat dikarenakan oleh adanya peningkatan jumlah penduduk, selain itu dengan adanya penambahan jumlah lahan terbangun menyebabkan wilayah tersebut memiliki suhu yang meningkat (Rachdian *et al.* 2016). Sedangkan pada wilayah lahan pertanian yang berubah menjadi hutan karena penanaman menyebabkan penurunan suhu permukaan dikarenakan adanya vegetasi. Peta tutupan lahan pada tahun 2013 dan 2023 ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3.

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.



Gambar 2 Peta Tutupan Lahan 2013



Gambar 3 Peta Tutupan Lahan 2023

Tutupan lahan pada tahun 2013 dan tahun 2023 mengalami perubahan yang cukup drastis. Perubahan tutupan lahan tersebut di tunjukkan pada Tabel 2.

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.

Tabel 2 Perubahan tutupan lahan pada tahun 2013 dan 2023

No.	Tutupan Lahan	Luasan pada Tahun 2013 (ha)	Luasan pada Tahun 2023 (ha)
1.	Hutan	109,92	136,35
2.	Lahan Pertanian	61,41	15,90
3.	Lahan Terbangun	1,17	20,24

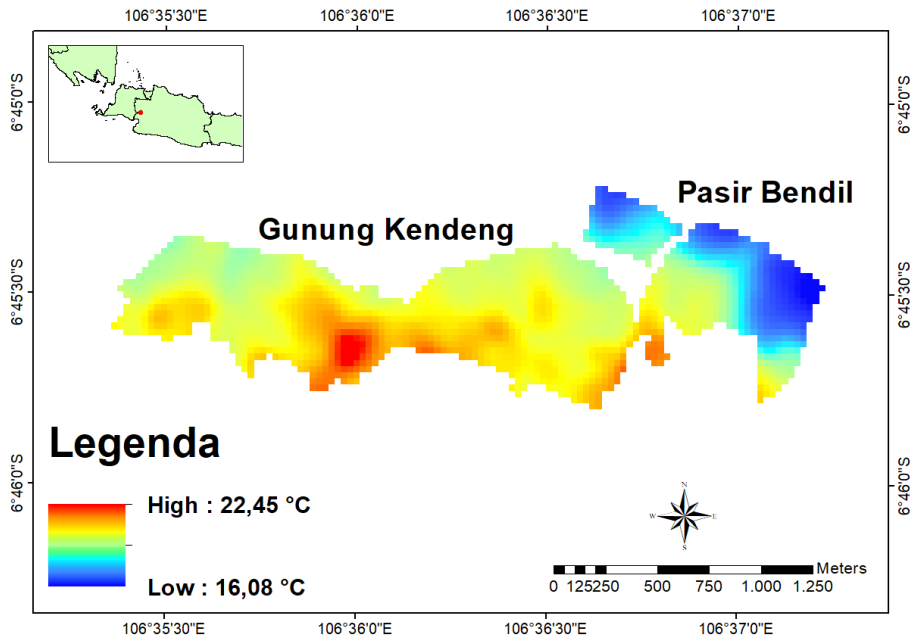
Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 2, dapat diketahui bahwa terdapat perubahan tutupan lahan dalam kurun waktu 10 tahun terakhir pada lokasi Gunung Kendeng dan Pasir Bendil seperti penambahan luasan hutan dan lahan terbangun, sedangkan pada lahan pertanian mengalami pengurangan luasan. Hal tersebut tentunya akan memengaruhi besaran nilai suhu permukaan pada kedua lokasi penelitian.

3.3 Perubahan Nilai Suhu Permukaan

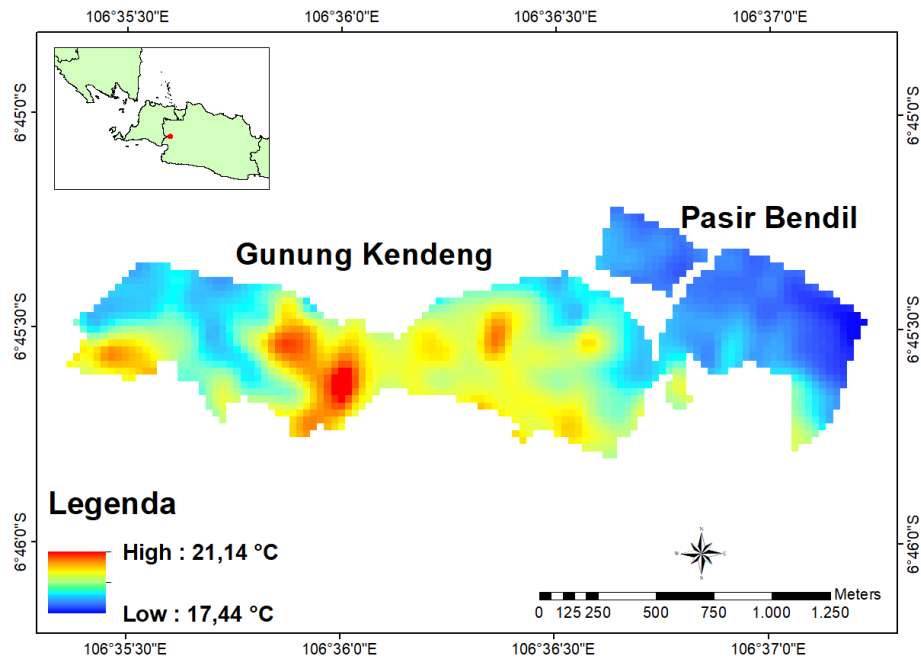
Suhu permukaan merupakan suhu terluar dari suatu objek. Suhu permukaan pada lahan terbuka berarti suhu teratas pada lapisan permukaan tanah, sedangkan suhu permukaan pada vegetasi berarti suhu pada kanopi vegetasi tersebut (Wiweka 2014). Perubahan suhu permukaan pada suatu kawasan dapat disebabkan oleh perubahan tutupan lahan di wilayah tersebut atau karena adanya peningkatan suhu secara global. Selain itu, menurut pernyataan Sutanto (1987), juga disebutkan bahwa perubahan suhu pada sebuah objek dipengaruhi oleh sifat termalnya, meliputi konduktivitas termal, kapasitas termal, kebauran termal, dan ketahanan termal. Pamungkas (2020) juga menyebutkan bahwa terdapat faktor lain yang memengaruhi perubahan suhu permukaan termasuk sudut datang matahari, tinggi rendahnya permukaan angin, arus laut, lamanya penyinaran, dan keberadaan awan. Perbedaan tutupan lahan seperti lahan bervegetasi dan lahan pertanian atau terbangun akan mengakibatkan perbedaan suhu permukaan pula pada ketiga lahan tersebut. Suhu permukaan berkorelasi terbalik dengan jumlah vegetasi yang terdapat pada suatu lahan. Lahan bervegetasi memiliki jumlah vegetasi yang tinggi sehingga suhu permukaannya akan rendah sedangkan pada lahan pertanian atau terbangun memiliki jumlah vegetasi terutama pohon yang rendah dan mengindikasikan suhu permukaan yang tinggi (Jenerette *et al.* 2016).

Pendugaan suhu permukaan dapat dilakukan dengan teknik penginderaan jarak jauh melalui citra satelit. Hal tersebut dikarenakan, citra menampilkan suhu terluar objek bukan suhu dari keseluruhan objek (Fawzi dan Iswari 2019). Pemilihan data citra satelit juga mempertimbangkan rentang waktu pada musim kemarau bukan pada musim hujan dengan memerhatikan keawanan yang ditampilkan pada citra. Puncak kemarau pada tahun 2013 terjadi pada bulan September sedangkan puncak kemarau pada tahun 2023 terjadi pada bulan Juli hingga Agustus. Kedua bulan tersebut dipilih sebagai rentang waktu paling tepat dalam pendugaan suhu permukaan. Perbedaan waktu tersebut dipengaruhi oleh adanya perubahan iklim serta fenomena El Nino dan La Nina yang dapat menyebabkan musim kemarau lebih panjang ataupun sebaliknya (Nurdiati *et al.* 2024).

Terdapat perbedaan rentang suhu permukaan pada lahan revegetasi di Gunung Kendeng dan Pasir Bendil pada tahun 2013 dan tahun 2023. Rentang suhu permukaan kedua lokasi tersebut pada tahun 2013 16,08 °C hingga 22,45 °C sedangkan pada tahun 2023 sebesar 17,44 °C hingga 21,14 °C. Selain itu, dapat diketahui pula bahwa pada beberapa wilayah lahan revegetasi Gunung Kendeng dan Pasir Bendil yang semula memiliki suhu permukaan tinggi (ditunjukkan dengan wilayah berwarna merah dan kuning) pada peta LST tahun 2013 mengalami penurunan suhu permukaan (ditunjukkan dengan wilayah yang berwarna biru) pada peta LST tahun 2023. Hal tersebut ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4 Peta LST 2013



Gambar 5 Peta LST 2023

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.

Daerah dengan suhu permukaan rendah didominasi oleh vegetasi pada tingkat pertumbuhan pohon sementara daerah dengan suhu permukaan tinggi didominasi oleh lahan pertanian maupun terbangun milik warga. Wilayah hutan lebih mendominasi dibandingkan lahan pertanian atau terbangun yang ada di wilayah Gunung Kendeng dan Pasir Bendil. Perbedaan tutupan lahan tersebut memiliki dampak yang berpengaruh pada distribusi suhu permukaan. Pohon pada lahan Gunung Kendeng termasuk ke dalam kelompok muda sedangkan pohon pada Pasir Bendil termasuk dalam kelompok dewasa. Pohon dalam masa pertumbuhan (*net growth*) akan menyerap karbon lebih banyak dibandingkan vegetasi yang sudah dewasa atau klimaks akan tetapi pohon yang sudah dewasa dapat menyimpan karbon lebih banyak (Akbar *et al.* 2019). Pohon dapat dikategorikan dalam kelompok dewasa ketika berumur 6-7 tahun dan vegetasi dengan umur di bawah tersebut tergolong dalam kategori muda (Purnamasari 2004). Oleh karena itu, walaupun pada wilayah Pasir Bendil memiliki suhu permukaan rendah yang lebih luas akan tetapi pada wilayah Gunung Kendeng mengalami penurunan suhu permukaan lebih banyak yang ditandai dengan adanya wilayah berwarna hijau yang mulai tampak. Selain itu berdasarkan pernyataan Myint *et al.* (2013) terdapat penjelasan bahwa pepohonan dengan akar yang lebih dalam akan memiliki akses lebih banyak terhadap sumber air sehingga dapat meningkatkan kapasitas pendinginan lingkungan sekitar. Oleh karena itu, beberapa faktor tersebut menyebabkan adanya perbedaan suhu permukaan pada kedua lahan di tahun yang sama maupun perbedaan suhu permukaan pada kedua lahan dalam rentang waktu yang berbeda.

3.4 Nilai Kerapatan Tajuk

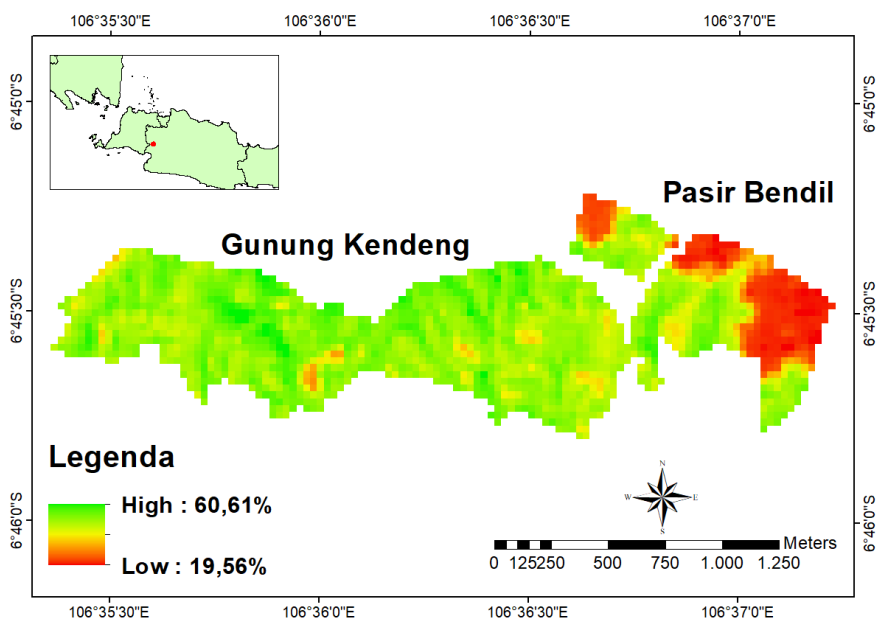
Rehabilitasi lahan dapat dilakukan melalui metode revegetasi dengan cara memulihkan lahan yang rusak akibat aktivitas manusia. Revegetasi bertujuan untuk meningkatkan keragaman serta memperbaiki kondisi lahan yang terdegradasi sehingga dapat memperbaiki kondisi ekologi dan hidrologi lokasi yang rusak tersebut melalui penanaman vegetasi. Suatu lahan dapat dikatakan menyerupai hutan apabila memiliki nilai tutupan tajuk yang tinggi (Asner *et al.* 2015). Tutupan tajuk merupakan proporsi lantai hutan dengan mencakup vertikal proyeksi mahkota pohon. Tutupan tajuk dapat digunakan sebagai penentuan utama makrohabitat serta memengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup tumbuhan karena menentukan sifat vegetasi (Jennings *et al.* 1999). Tutupan tajuk pada lahan terbuka dengan tutupan tajuk pada lahan bervegetasi berbeda. Tutupan tajuk tersebut berhubungan dengan kerapatan vegetasi pada suatu lahan. Semakin besar persentase tutupan tajuk maka mengindikasikan semakin rapatnya vegetasi yang ada (Triatmojo *et al.* 2022). Kerapatan tutupan tajuk juga memengaruhi intensitas sinar matahari sehingga apabila semakin rapat suatu vegetasi dengan tajuk yang rimbun maka akan dapat menurunkan suhu iklim mikro. Hal tersebut juga akan dapat meningkatkan kenyamanan termal di sekitar vegetasi tersebut (Putra *et al.* 2021).

Terdapat beberapa cara untuk mengetahui nilai tutupan tajuk, seperti analisis vegetasi juga dapat melalui metode penginderaan jarak jauh. Apabila menggunakan metode penginderaan jarak jauh maka perlu melakukan metode *Forest Canopy Density* (FCD) untuk dapat mengetahui besaran kerapatan tutupan tajuk. Nilai FCD memiliki korelasi linear dengan kerapatan tegakan, apabila nilai FCD tinggi maka dapat disimpulkan pula bahwa kerapatan tutupan tajuknya juga tinggi (Nugroho

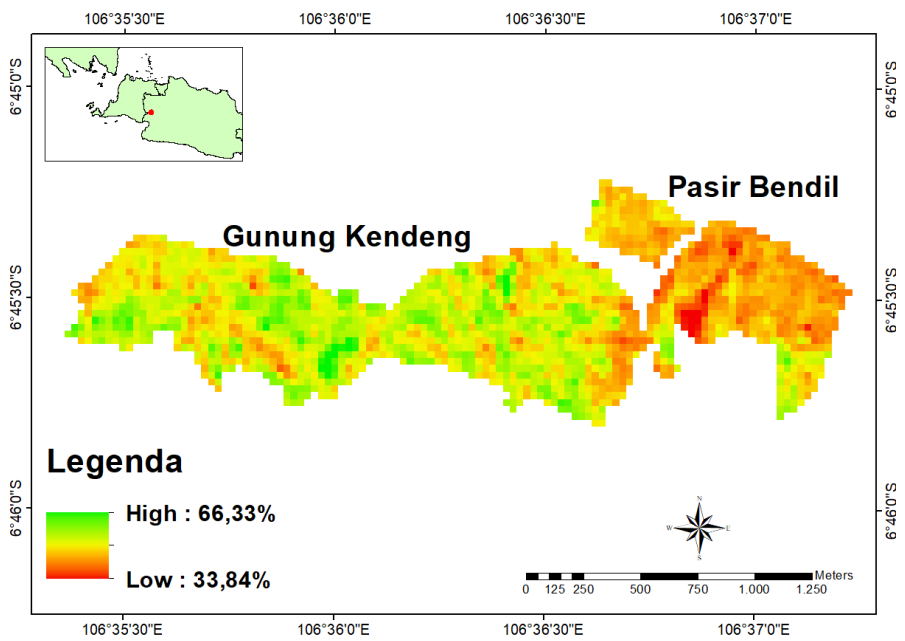


2011). Rikimaru *et al.* (2002) menyebutkan bahwa metode FCD dilakukan dengan mengolah data citra dan menghasilkan parameter penting dalam karakterisasi kondisi hutan karena dengan mengetahui nilai FCD dapat menggambarkan tingkat degradasi hutan serta menjadi dasar untuk penentuan rehabilitasi ataupun revegetasi yang diperlukan pada periode penanaman selanjutnya.

Hasil nilai perhitungan FCD akan berkisar pada 0-100% dan dapat diklasifikasikan sesuai standar yang ada. Apabila nilai FCD suatu lahan mendekati 100% maka mencerminkan persentase kerapatan tutupan tajuk pada suatu lahan yang tinggi. Hasil perhitungan FCD tahun 2013 dan tahun 2023 di wilayah Gunung Kendeng dan Pasir Bendil ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6 Peta FCD 2013



Gambar 7 Peta FCD 2023

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.

Perpustakaan IPB University

Besaran nilai FCD pada kedua lahan di tahun 2013 bernilai 19,56%-60,61% sedangkan besaran nilai FCD kedua lahan di tahun 2023 memiliki rentang nilai sebesar 33,84%-66,33%. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa nilai FCD pada kedua lahan tidak terlalu tinggi yang menandakan bahwa kerapatan tutupan tajuk pada kedua lahan tersebut tidak terlalu rapat pula. Apabila dikategorikan dalam klasifikasi BSN (2010), nilai FCD kedua lahan tergolong dalam kelas sedang. Hal tersebut sesuai dengan Rencana Pemulihan Ekosistem (RPE) Taman Nasional Gunung Halimun Salak (TNGHS) Periode Tahun 2020-2024 yang menyebutkan bahwa program pemulihan ekosistem melalui rehabilitasi di wilayah TNGHS bertujuan untuk menjaga keanekaragaman hayati yang ada, sehingga program tersebut lebih fokus pada pengkayaan keanekaragaman vegetasi bukan perbanyakkan vegetasi (TNGHS 2020). Akan tetapi, dapat diketahui pula bahwa terdapat penambahan nilai FCD pada kedua lahan. Penambahan tersebut dapat dikarenakan adanya pertumbuhan vegetasi sehingga tutupan tajuknya semakin rapat dan menyebabkan besaran nilai FCD meningkat. Vegetasi yang dewasa akan memiliki tutupan tajuk yang lebih tinggi dan lebih mampu menahan radiasi matahari yang menunjukkan bahwa vegetasi dewasa memiliki tutupan tajuk yang lebih rapat (Tang dan Dubayah 2017).

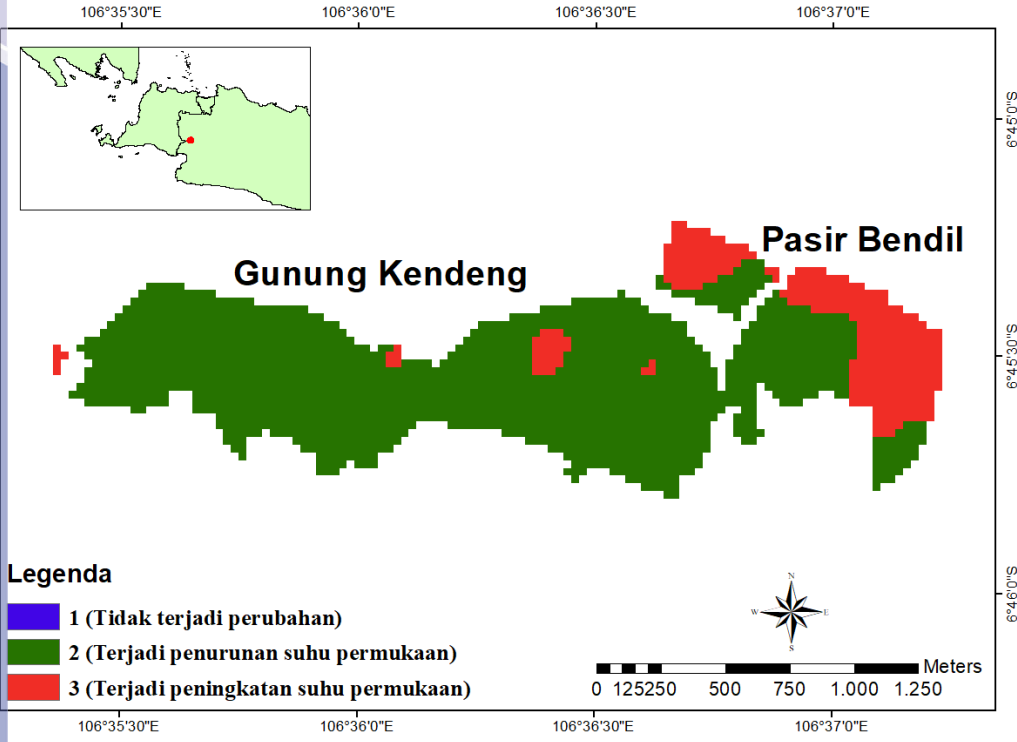
Karakteristik seperti tinggi, lebar tajuk, dan kerindangan pohon diyakini dapat memengaruhi iklim mikro. Dedaunan pohon dapat memengaruhi iklim mikro dengan kemampuan intersepsi, refleksi, absorpsi, transmisi radiasi matahari, serta transpirasi untuk meningkatkan kelembaban. Pohon yang memiliki tajuk lebar dan rapat dianggap efektif dalam menahan radiasi balik matahari dan mengatur kelembapan udara, sehingga dapat memengaruhi suhu permukaan di sekitarnya (Rahmawati *et al.* 2018). Jenis-jenis pohon dengan karakteristik tajuk melebar dan rapat dapat memberikan efek optimal dalam menahan radiasi matahari sehingga dapat mengontrol suhu beserta kelembapan di sekitarnya melalui proses transpirasi (Irham *et al.* 2017; Sapariyanto *et al.* 2016).

3.5 Hubungan Nilai Kerapatan Tajuk dengan Ameliorasi Iklim

Iklim mikro merupakan kondisi iklim yang berada di area atau wilayah yang kecil, seperti pada suatu lahan bervegetasi atau lahan terbangun (Ebrahimabadi *et al.* 2015). Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi iklim mikro seperti topografi, tutupan tanah, vegetasi, dan aktivitas manusia. Kondisi iklim mikro pada satu lahan dengan lahan lainnya memiliki variasi suhu, kelembaban, dan kondisi cuaca yang berbeda dari lingkungan sekitarnya. Selain itu iklim mikro juga dipengaruhi oleh kecepatan angin, kelembaban, irigasi, faktor iklim, dan lain-lain (Ebrahimabadi *et al.* 2015).

Salah satu indikator yang dapat mengindikasikan adanya perbedaan iklim mikro satu wilayah dengan wilayah lainnya adalah besaran nilai suhu permukaan. Suhu permukaan dapat memengaruhi suhu udara dan dapat memengaruhi iklim mikro (Zahrotunisa *et al.* 2020). Suhu permukaan pada lahan yang berbeda akan berbeda pula nilainya. Suhu permukaan pada lahan bervegetasi akan bernilai rendah dibandingkan jenis lahan lainnya. Selain itu, apabila terdapat penurunan suhu permukaan pada lahan bervegetasi akan mengindikasikan bahwa terdapat kemampuan vegetasi dapat menurunkan suhu permukaan pada suatu wilayah. Kemampuan vegetasi dalam menurunkan suhu permukaan pada lahan revegetasi di Gunung Kendeng dan Pasir Bendil ditunjukkan pada Gambar 8.





Gambar 8 Peta penurunan suhu permukaan dalam rentang waktu 10 tahun

Berdasarkan hasil tersebut lahan yang berwarna hijau dan ditandai dengan kode 2 menunjukkan bahwa hasil pengurangan suhu permukaan tahun 2013 dengan tahun 2023 menghasilkan nilai positif sehingga menunjukkan bahwa terdapat penurunan suhu permukaan pada wilayah tersebut. Sedangkan, lahan berwarna merah dan ditandai dengan kode 3 menunjukkan bahwa hasil pengurangan suhu permukaan menghasilkan nilai minus yang menunjukkan bahwa tidak ada penurunan suhu permukaan sehingga mengindikasikan kurangnya keberhasilan revegetasi yang ada pada lahan Gunung Kendeng dan Pasir Bendil. Hasil pada Gambar 8 menunjukkan bahwa lebih banyak luasan lahan yang mengalami penurunan suhu permukaan, sehingga menggambarkan adanya ameliorasi iklim melalui revegetasi pada kedua lahan tersebut.

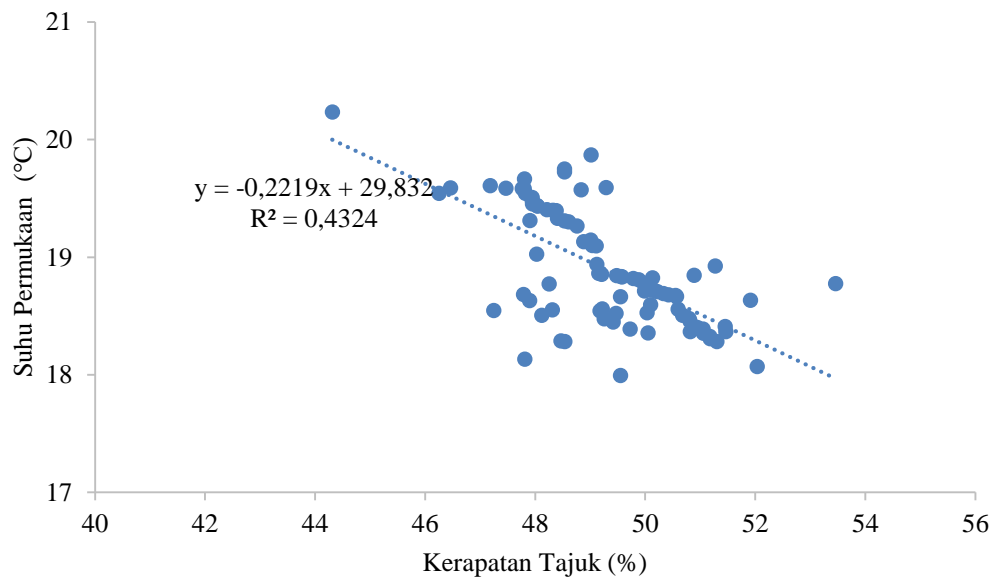
Lahan berkode 3 (berwarna merah) tidak mengalami penurunan suhu permukaan dikarenakan adanya fenomena pemanasan global yang terjadi dalam kurun waktu 10 tahun terakhir yang menyebabkan adanya kenaikan suhu permukaan (Rahmadania 2022). Akan tetapi walaupun wilayah Pasir Bendil tidak mengalami penurunan suhu permukaan, namun pada wilayah tersebut memiliki suhu yang rendah yaitu dalam rentang 17-18 °C dengan perbedaan 1-2 °C dibandingkan pada tahun 2013. Perbandingan antara tutupan lahan, nilai rata-rata kerapatan tajuk, dan nilai rata-rata suhu permukaan ditunjukkan pada Tabel 3.

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.

Tabel 3 Perbandingan tutupan lahan, rentang nilai kerapatan tajuk, dan rentang nilai suhu permukaan

No.	Tutupan Lahan	Rentang nilai kerapatan tajuk (%)	Rentang nilai suhu permukaan (°C)
1.	Hutan	41 - > 66	17 - < 19
2.	Lahan Pertanian	33 - 45	20 - >21
3.	Lahan Terbangun	46 – 51	19 - <20

Selain itu, terdapat pendugaan korelasi antara suhu permukaan dengan kerapatan tajuk yang ditunjukkan melalui persamaan regresi. Hasil persamaan regresi tersebut ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Hubungan suhu permukaan dengan kerapatan tajuk

Gambar 9 menunjukkan bahwa nilai regresi antara suhu permukaan dengan kerapatan tajuk yaitu $Suhu\ Permukaan = 29,832 - 0,2219 * Kerapatan\ Tajuk$ dengan koefisien determinasi (R^2) = 0,4324 yang menandakan bahwa kerapatan tajuk memengaruhi data suhu permukaan sebesar 43,24% dan terdapat 56,76% faktor lainnya yang berpengaruh terhadap besaran nilai suhu permukaan. Selain itu, hasil uji korelasi Pearson menunjukkan nilai negatif sebesar -65,76% yang menandakan bahwa terdapat korelasi terbalik antara besaran kerapatan tajuk dengan suhu permukaan. Nilai uji korelasi tersebut juga menandakan bahwa terdapat keeratan korelasi yang sedang antara kerapatan tajuk dengan suhu permukaan berdasarkan klasifikasi Nugroho (2005). Oleh karena itu, pada penelitian ini menunjukkan keeratan korelasi yang *moderate*/sedang.

Hasil persamaan pada Gambar 9 juga selaras dengan penelitian Fauziah *et al.* (2019), bahwa terdapat hubungan yang berbanding terbalik antara kerapatan tajuk dengan suhu. Apabila kerapatan tajuk bernilai tinggi maka akan menyebabkan suhu permukaan bernilai rendah dan sebaliknya apabila kerapatan tajuk bernilai rendah maka akan menyebabkan suhu permukaan bernilai tinggi. Pernyataan tersebut sesuai dengan pendapat Indrawati *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa kerapatan

vegetasi memiliki peranan penting dalam menurunkan atau menaikkan suhu permukaan, serta kerapatan vegetasi memiliki hubungan terbalik (bersifat negatif) terhadap suhu permukaan. Oleh karena itu, kerapatan penanaman vegetasi memengaruhi penurunan suhu permukaan serta memengaruhi ameliorasi iklim mikro pada lahan-lahan tersebut. Selain itu, hal tersebut juga menunjukkan bahwa lahan revegetasi pada kedua lokasi berdampak dalam penurunan suhu permukaan dengan rentang waktu sepuluh tahun terakhir yang mengindikasikan adanya perbaikan iklim (ameliorasi iklim) pada kedua lokasi serta mengindikasikan adanya keberhasilan revegetasi atau penanaman pada kedua lokasi yang dilakukan oleh Star Energy Geothermal Salak dengan bekerjasama dengan TNGHS.

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.

IV SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Hasil analisis menunjukkan bahwa lahan revegetasi PT Star Energy Geothermal Salak di Gunung Kendeng dan Pasir Bendil mengalami perubahan suhu permukaan (LST) serta mengalami peningkatan kerapatan tajuk. Hal tersebut menunjukkan adanya kemampuan ameliorasi iklim pada kedua lahan revegetasi tersebut dari tahun 2013 ke 2023. Selain itu, terdapat korelasi positif antara kerapatan tajuk hutan (FCD) dengan kemampuan ameliorasi iklim dan memiliki korelasi negatif dengan suhu permukaan.

Lahan revegetasi dengan FCD yang lebih tinggi cenderung memiliki suhu permukaan yang lebih rendah dan sebaliknya. Hubungan antara suhu permukaan dengan kerapatan tajuk ditunjukkan pada persamaan Suhu Permukaan = $29,832 - 0,2219 * \text{Kerapatan Tajuk}$ dengan koefisien determinasi (R^2) = 0,4324. Selain itu, keeratan korelasi antara kerapatan tajuk dengan suhu permukaan sebesar -65,76% yang menandakan adanya korelasi negatif (hubungan berbanding terbalik).

4.2 Saran

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk menghitung nilai kerapatan tajuk beserta suhu permukaan di lahan revegetasi Star Energy Geothermal Salak lainnya ataupun penelitian terbaru pada lahan yang sama khususnya pada daerah dengan tutupan lahan yang berbeda sehingga dapat dianalisis perbedaannya dan dapat menghasilkan nilai yang lebih mewakili pada seluruh lahan revegetasi yang ada.
2. Perlu dilakukan pemilihan jenis vegetasi yang dapat menurunkan suhu permukaan dengan kriteria memiliki kerapatan tajuk yang tinggi seperti jenis mahoni daun kecil, saninten, dan rasamala yang disesuaikan kembali dengan kesepakatan yang ada antara pihak SEGS dan TNGHS.

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.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar C, Arsepta Y, Dewiyanti I, Bahri S. 2019. Dugaan serapan karbon pada vegetasi mangrove, di kawasan mangrove Desa Beureuneut, Kecamatan Seulimum, Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal La'Ot Ilmu Kelautan*. 1(2):63-70.
- Asner GP, Martin RE, Anderson CB, Knapp DE. 2015. Quantifying forest canopy traits: imaging spectroscopy versus field survey. *Remote Sensing of Environment*. 158:15-27.
- Avdan U, Jovanovska G. 2016. Algorithm for automated mapping of land surface temperature using landsat 8 satellite data. *Journal of Sensors*. 2016:1-8
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2010. SNI 7645 tentang Klasifikasi tutupan lahan. Jakarta: BSN.
- Baihaqi HF, Prasetyo Y, Bashit N. 2020. Analisis perkembangan Kawasan Industri Kendal terhadap perubahan suhu permukaan (studi kasus: Kawasan Industri Kendal, Kabupaten Kendal). *Jurnal Geodesi Undip*. 9(1):176-186.
- Desi. 2011. Aplikasi penginderaan jauh untuk menduga suhu permukaan dan udara di lahan gambut dan mineral dengan menggunakan metode neraca energi [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Ebrahimabadi S, Nilsson KL, Johansson C. 2015. The problems of addressing microclimate factors in urban planning of the subarctic regions. *Environment and Planning B: Planning and Design*. 42(3):415-430.
- Fauziah AC, Rushayati SB, Gunawan H. 2019. Kondisi iklim mikro di Taman Keanekaragaman Hayati Mekarsari Kabupaten Sukabumi Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 16(1):1-12.
- Fawzi NI, Iswari MY. 2019. Hubungan kategori tutupan lahan dan suhu permukaan menggunakan Landsat 8. *Jurnal Spasial*. 6(1):27-35
- Hakim L, Putra PT, Zahratu AL. 2017. Efektivitas jalur hijau dalam mengurangi polusi udara oleh kendaraan bermotor. *Jurnal Arsitektur NALARs*. 16(1):91-100.
- Hehanussa FS, Sumunar DRS, Rakuasa H. 2023. Pemanfaatan Google Earth Engine untuk identifikasi perubahan suhu permukaan daratan Kabupaten Buru Selatan berbasis *cloud computing*. *Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu*. 1(1):37-45.
- Indrawati DM, Suharyadi, Widayani P. 2020. Analisis pengaruh kerapatan vegetasi terhadap suhu permukaan dan keterkaitannya dengan fenomena UHI. *Media Komunikasi Geografi*. 21(1):99-109.
- Irham A, Elvitriana, Yulianti CS, Nizar M. 2017. Analisis ketersediaan ruang terbuka hijau berdasarkan kebutuhan oksigen di Kota Banda Aceh. *Serambi Engineering*. 2(4):188-196.
- Jennings SB, Browns NB, Sheil D. 1999. Assessing forest canopies and understory illumination: canopy closure, canopy cover, and other measures. *Forestry*. 72(1):59-73.
- Jenerette GD, Miller G, Buyantuev A, Pataki DE, Gillespie TW, Pincetl S. 2013. Urban vegetation and income segregation in drylands: a synthesis of seven metropolitan regions in the southwestern United States. *Environmental Research Letters*. 8(4):1-9.

- Li Z, Wu H, Duan S, Zhao W, Ren H, Liu X, Leng P, Tang R, Ye X, Zhu J, *et al.* 2023. Satellite Remote Sensing of Global Land Surface Temperature: Definition, Methods, Products, and Applications. *Reviews of Geophysics*. 61(1):1-77.
- Mattjik A, Sumertajaya I. 2013. *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab*. Bogor: IPB Press.
- Mulyadi. 2016. Pola perubahan suhu permukaan akibat perubahan penutupan dan penggunaan lahan di Provinsi Riau [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Myint SW, Wentz EA, Brazel AJ, Quattrochi DA. 2013. The impact of distinct anthropogenic and vegetation features on urban warming. *Landscape Ecology*. 28:959-978.
- Nugroho BA. 2005. *Strategi Jitu Memilih Metode Statistik Penelitian dengan SPSS*. Yogyakarta: CV Andi Offset.
- Nugroho S. 2011. Metode deteksi degradasi hutan menggunakan citra satelit landsat di hutan lahan kering TNGHS [disertasi] Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Nurdiati S, Bukhari F, Sopaheluwakan A, Septiawan P, Hutapea V. 2024. Enso and IOD impact analysis of extreme climate condition in Papua, Indonesia. *Geographia Technica*. 19(1):1-18.
- Pamungkas BA. 2020. Perubahan penggunaan lahan dan kaitannya dengan *urban heat island* (studi kasus Kota Semarang, Jawa Tengah) [thesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- [Permen] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 48 Tahun 2013 Tentang Pedoman Reklamasi Hutan pada Areal Bencana Alam. 2013.
- Purnamasari DR. 2004. Karakteristik hutan kota tipe permukiman dan perannya dalam pelestarian burung (studi kasus di kawasan permukiman kota mandiri Bumi Serpong Damai, Tangerang) [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Putra BU, Krisnandika AAK, Dharmadiatmika IMA. 2021. Pengaruh kombinasi kerapatan kanopi pohon terhadap kenyamanan termal di Lapangan Puputan Margarana, Denpasar. *Jurnal Lanskap Indonesia*. 14(1):16-21.
- Rachdian A, Prasetyo LB, Rushayati SB. 2016. Identifikasi perubahan jasa lingkungan dengan menggunakan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis di Bogor. *Media Konservasi*. 21(1):48-57.
- Rakuasa H. 2022. Analisis spasial temporal suhu permukaan daratan/ *Land Surface Temperature (LST)* Kota Ambon berbasis *cloud computing: Google Earth Engine*. *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*. 27(3):194-205.
- Rajeshwari A, Mani ND. 2014. Estimation of land surface temperature of dindigul district using Landsat 8 data. *International Journal of Research in Engineering and Technology*. 3(5):122-126.
- Rahmadania N. 2022. Pemanasan global penyebab efek rumah kaca dan penanggulangannya. *Jurnal Ilmu Teknik*. 2(3):1-13.
- Rahmawati SN, Darusman D, Hermawan R. 2018. Nilai ekonomi hutan kota di Jakarta (studi kasus Hutan Kota Srengseng, Jakarta Barat). *Media Konservasi*. 23(3):262-273.
- Rikimaru A, Roy PS, Miyatake S. 2002. Tropical forest cover density mapping. *Tropical Ecology*. 43(1):39-47.
- Rizki F, Situmorang ADL, Wau N, Lubis MZ, Anurogo W. 2017. Mapping of vegetation and mangrove distribution level in Batam Island using SPOT-5



satellite imagery. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*. 2(4):264-267.

- Rouse JW, Haas RH, Schell JA, Deering DW, Harlan JC. 1974. *Monitoring the vernal advancements and retrogradation*. Texas (US): Texas A&M University.
- Sagita AR, Margaliu ASC, Rizal F, Mazzaluna HP. 2022. Analisis korelasi suhu permukaan, NDVI, elevasi dan pola perubahan suhu daerah panas bumi Rendingan-Ulubelu-Waypanas, Tanggamus menggunakan citra Landsat 8 OLI/TIRS. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*. 3(1):43-51.
- Santoso S. 2018. *Menguasai SPSS Versi 25*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Sapariyanto S, Budi SB, Riniarti M. 2016. Kajian iklim mikro di bawah tegakan ruang terbuka hijau Universitas Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 4(3):114-123.
- Sinaga SH, Suprayogi A, Haniah. 2018. Analisis ketersediaan ruang terbuka hijau dengan metode *normalized difference vegetation index* dan *soil adjusted 34 vegetation index* menggunakan citra satelit Sentinel-2a (studi kasus: Kabupaten Demak). *Jurnal Geodesi Undip*. 7(1):202-211.
- Sitorus WM, Sukmono A, Bashit N. 2019. Identifikasi perubahan kerapatan hutan dengan metode *forest canopy density* menggunakan citra landsat 8 tahun 2013, 2015 dan 2018 (studi kasus: Taman Nasional Gunung Merbabu, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*. 8(1):338-347.
- Sobrino JA, Jiménez-Muñoz JC, Paolini L. 2004. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environ*. 90(4):434-440.
- Sukarna RM. 2008. Aplikasi model *forest canopy density* citra landsat 7 ETM untuk menentukan indeks luas tajuk (*crown area index*) dan kerapatan tegakan (*stand density*) hutan rawa gambut di DAS Sebangau Provinsi Kalimantan Tengah. *Majalah Geografi Indonesia*. 22(1):1-21.
- Sukmono A, Pratama ASP, Sabri LM. 2020. Analisa perubahan kerapatan vegetasi pada das blorong menggunakan metode *forest canopy density* (FCD) dari citra landsat 8. *Jurnal Geodesi dan Geomatika*. 3(1): 92-97.
- Sutanto. 1987. *Penginderaan Jauh Jilid 2*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Tang H, Dubayah R. 2017. Light-driven growth in Amazon evergreen forests explained by seasonal variations of vertical canopy structure. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 114(10):2640-2644.
- Triatmojo MR, Pamoengkas P, Darwo. 2022. Pengaruh tutupan tajuk terhadap pertumbuhan *Dryobalanops lanceolata* Burck pada umur 5 tahun di KHDTK Haurbentes, Jasinga. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 19(1):47-57.
- [TNGHS] Taman Nasional Gunung Halimun Salak. 2020. Rencana Pemulihan Ekosistem Taman Nasional Gunung Halimun Salak Periode 2020-2024. Sukabumi: TNGHS.
- USGS. 2016. *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook*. South Dakota (US): U.S. Geological Survey.
- Wardana H, Sukojo BM, Wahyu U. 2014. Analisis indeks vegetasi NDVI dan MCARI untuk penentuan tutupan lahan sawah (studi kasus: Kabupaten Karawang). *GEOID*. 9(2):180-185.
- Wijaya MS, Aryaguna PA, Rudiastuti AW, Rahmayani W, Widiastuti R, Hartini S. 2018. Penentuan prioritas pembaharuan Peta Mangrove Indonesia

menggunakan model *forest canopy density* (studi kasus: Delta Mahakam Kalimantan Timur). *Majalah Ilmiah Globe*. 20(2):99-106.

Wiweka. 2014. Pola suhu permukaan dan udara menggunakan citra satelit landsat multitemporal. *Ecolab*. 8(1):1-52.

Zahrotunisa S, Jatmiko RH, Widyatmanti W. 2020. Analisis pengaruh suhu permukaan lahan terhadap elemen iklim mikro di Surakarta menggunakan citra penginderaan jauh multitemporal. *Majalah Ilmiah Globe*. 22(1):31-40.

Zhang Y, Li Y, Song J, Chen X, Lu Y, Wang W. (2020). Pearson correlation coefficient of current derivative based pilot protection scheme for long-distance LCC-HVDC transmission lines. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*. 116:105526.

@Hak cipta milik IPB University

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.