

**PEMANFAATAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH TERHADAP
ESTIMASI PRODUKTIVITAS TANAMAN KARET DI PT PERKEBUNAN
NUSANTARA I REGIONAL 7 KEBUN KEDATON**

(Skripsi)

Oleh

**NINA SYAFITRI
NPM 2015071034**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**PEMANFAATAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH TERHADAP
ESTIMASI PRODUKTIVITAS TANAMAN KARET DI PT PERKEBUNAN
NUSANTARA I REGIONAL 7 KEBUN KEDATON**

Oleh

NINA SYAFITRI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PEMANFAATAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH TERHADAP ESTIMASI PRODUKTIVITAS TANAMAN KARET DI PT PERKEBUNAN NUSANTARA I REGIONAL 7 KEBUN KEDATON

Oleh

NINA SYAFITRI

Indonesia merupakan penghasil karet terbesar kedua di dunia dengan luas areal perkebunan mencapai 3,6 juta hektar dan menyumbang sekitar 25% dari kebutuhan karet global. Salah satu perkebunan penting di Indonesia adalah PT Perkebunan Nusantara I Regional 7 Kebun Kedaton yang memiliki kapasitas produksi 10 ton/hari. Namun, produktivitas perkebunan ini mengalami penurunan pada tahun 2021 akibat berkurangnya getah karet yang dipengaruhi oleh usia tanaman dan kondisi lahan. Saat ini, perhitungan produktivitas masih dilakukan secara manual. Salah satu teknologi yang dapat memantau produktivitas karet adalah penginderaan jauh. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui estimasi produktivitas dan membandingkan hasil pengolahan algoritma indeks vegetasi EVI dan ARVI.

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu citra Sentinel-2A tahun 2023, batas blok lahan, data umur tanaman, dan data produksi tahun 2023. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu algoritma indeks vegetasi EVI dan ARVI. Perhitungan estimasi produktivitas tanaman karet menggunakan regresi linear berganda antara indeks vegetasi, umur tanaman, dan data produktivitas menggunakan teori pendugaan *Ordinary Least Square* (OLS).

Hasil penelitian menunjukkan estimasi produktivitas algoritma EVI sebesar 1.758,7 Kg/Ha/Bulan dengan simpangan sebesar 7,6 Kg/Ha/Bulan dan ARVI sebesar 1.762,1 Kg/Ha/Bulan dengan simpangan sebesar 4,2 Kg/Ha/Bulan, sedangkan produktivitas sebenarnya 1.766,3 Kg/Ha/Bulan. Nilai RMSE pemodelan estimasi produktivitas tanaman karet algoritma EVI yaitu 1,121 sedangkan ARVI yaitu 0,619. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma ARVI memiliki estimasi produktivitas yang paling mendekati produktivitas sebenarnya dengan simpangan terkecil sebesar 4,2 Kg/Ha/Bulan dan nilai RMSE terendah yaitu 0,619.

Kata Kunci: Estimasi Produktivitas, Indeks Vegetasi, Tanaman Karet.

ABSTRACT

UTILIZATION OF REMOTE SENSING TECHNOLOGY FOR ESTIMATING RUBBER PLANT PRODUCTIVITY AT PT PERKEBUNAN NUSANTARA I REGIONAL VII KEBUN KEDATON

By

NINA SYAFITRI

Indonesia is the second-largest rubber producer in the world, with a plantation area of 3.6 million hectares, contributing around 25% to global rubber demand. One of the key plantations in Indonesia is PT Perkebunan Nusantara I Regional 7, Kebun Kedaton, which has a production capacity of 10 tons/day. However, the plantation's productivity declined in 2021 due to reduced latex yield, influenced by the age of the plants and land conditions. Currently, productivity calculations are still performed manually. One technology capable of monitoring rubber productivity is remote sensing. This research aims to estimate productivity and compare the results of processing vegetation index algorithms: EVI and ARVI. The data used in this study include Sentinel-2A imagery for 2023, land block boundaries, plant age data, and 2023 production data. The methods used in this study involve the EVI and ARVI vegetation index algorithms. Rubber plant productivity estimation is calculated using multiple linear regression between vegetation indices, plant age, and productivity data, utilizing the Ordinary Least Square (OLS) estimation theory. The research results indicate that the estimated productivity of the EVI algorithm is 1,758.7 Kg/Ha/Month with a deviation of 7.6 Kg/Ha/Month, and the ARVI algorithm is 1,762.1 Kg/Ha/Month with a deviation of 4.2 Kg/Ha/Month, while the actual productivity is 1,766.3 Kg/Ha/Month. The RMSE value of the rubber plant productivity estimation model using the EVI algorithm is 1.121, while the ARVI algorithm has an RMSE value of 0.619. The results show that the ARVI algorithm provides the productivity estimation closest to the actual productivity, with the smallest deviation of 4.2 Kg/Ha/Month and the lowest RMSE value of 0.619.

Key words: Productivity Estimation, Vegetation Index, Rubber Plants.

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi

: PEMANFAATAN TEKNOLOGI
PENGINDERAAN JAUH TERHADAP
ESTIMASI PRODUKTIVITAS TANAMAN
KARET DI PT PERKEBUNAN NUSANTARA
I REGIONAL 7 KEBUN KEDATON

Nama

: Nina Syafitri

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2015071034

Program Studi

: S1 Teknik Geodesi

Jurusan

: Teknik Geodesi dan Geomatika

Fakultas

: Teknik



Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.
NIP 19720302 200604 1 002

Rahma Anisa, S.T., M.Eng.
NIP 19930716 202012 2 032

2. Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

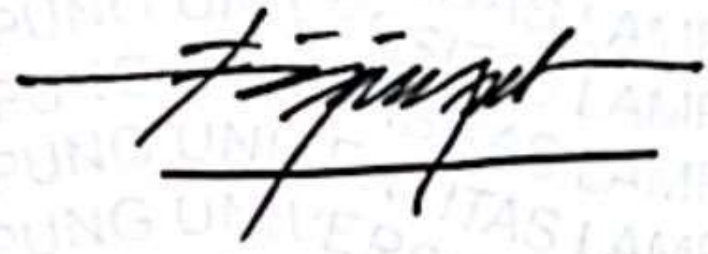
Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.

NIP 19641012 199203 1 002

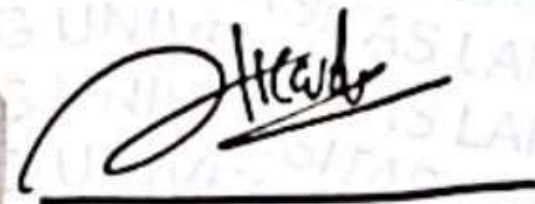
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

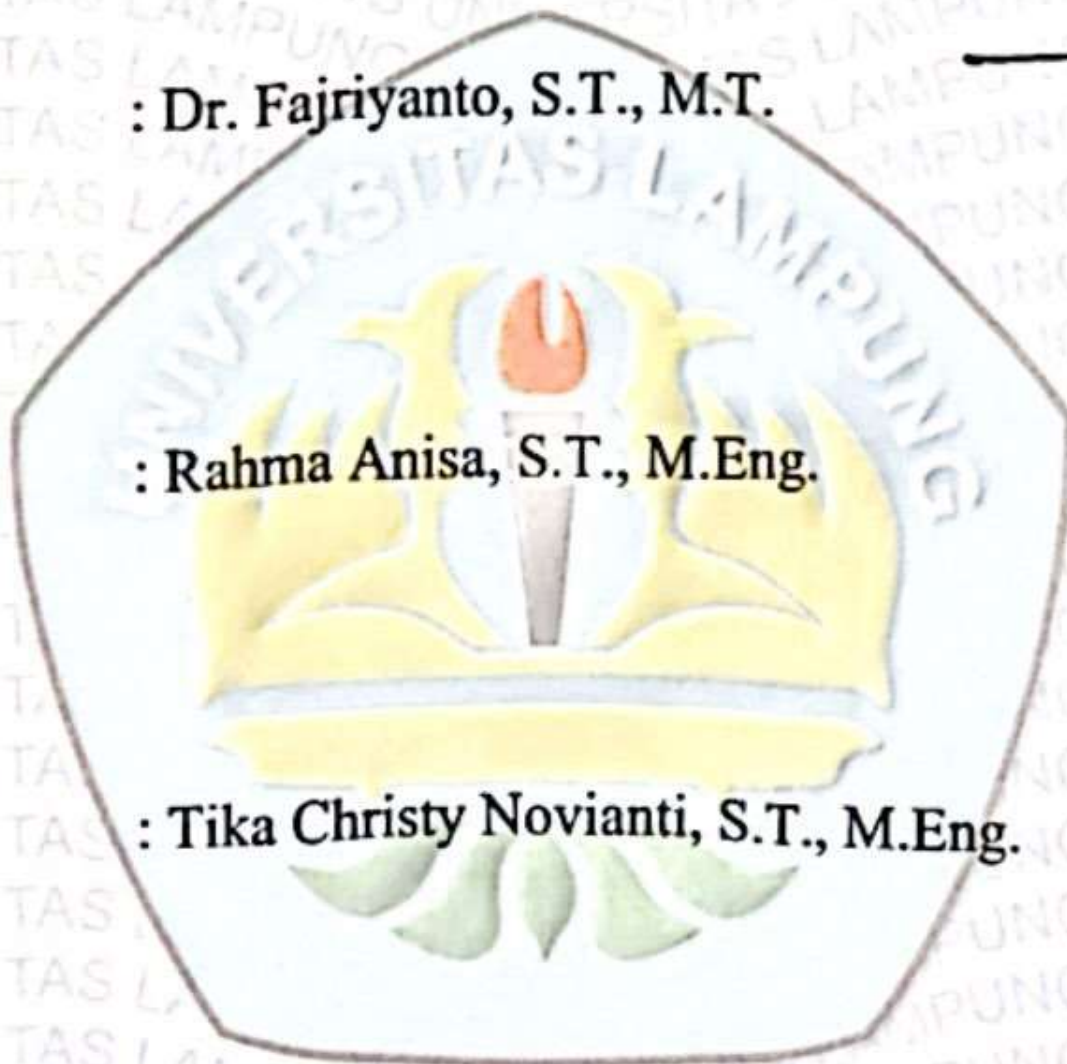
Ketua : Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.



Sekretaris : Rahma Anisa, S.T., M.Eng.



Anggota : Tika Christy Novianti, S.T., M.Eng.



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc

NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 14 Januari 2025

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Dengan ini saya, Nina Syafitri dengan NPM 201507134 menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh Terhadap Estimasi Produktivitas Tanaman Karet di PT Perkebunan Nusantara I Regional 7 Kebun Kedaton” adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Dosen Pembimbing I yaitu Dr. Fajriyanto, S.T., M.T. dan Dosen Pembimbing II yaitu Rahma Anisa, S.T., M.Eng. berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Skripsi ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil masukan dari beberapa sumber lain (buku, jurnal, dan lainnya) yang telah dipublikasikan atau bukan hasil plagiat dari karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 14 Januari 2025



Nina Syafitri
2015071034

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Nina Syafitri yang lahir di Kabupaten Lampung Selatan pada 08 Desember 2002. Penulis merupakan anak tunggal dari pasangan Bapak M. Yamin dan Ibu Watinem.

Jenjang akademis penulis dimulai dengan menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar pada tahun 2014 di SD Negeri 3 Serdang. Kemudian tahun 2017 penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Tanjung Bintang dan tahun 2020 berhasil menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMAN 1 Tanjung Bintang. Pada tahun 2020 penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Jurusan S1 Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif pada kegiatan organisasi kemahasiswaan baik internal ataupun eksternal kampus. Organisasi yang pernah diikuti penulis di antaranya pada tahun 2020 penulis menjadi bagian dari Fossi-FT Unila sebagai Anggota Muda Fossi-FT divisi BUM (Biro Usaha Mandiri) periode 2020/2021.

Penulis aktif menjadi anggota Departemen Kesekretariat di Himpunan Mahasiswa Geodesi (HIMAGES) tahun 2022. Selain itu, penulis menjadi anggota UKM-U Saintek Universitas Lampung periode 2022/2023 sebagai anggota divisi

Kesekretariatan dan Rumah Tangga. Pada bulan Juli tahun 2023, penulis mengikuti kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Binakarya Putra, Kecamatan Rumbia, Kabupaten Lampung Tengah. Penulis pada bulan Agustus hingga November tahun 2023 melaksanakan kegiatan Kerja Praktik di PT. Geojaya Teknik pada seksi operasi departemen non-konstruksi dengan judul “Kerja Praktik di PT Geojaya Teknik (Pemetaan Jaringan dan Pelanggan Pada Pekerjaan Pendataan Aset Register Unit Layanan Pelanggan Bukittinggi)”. Penulis melakukan penelitian skripsi pada bulan April tahun 2024 dengan judul **“Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh Terhadap Estimasi Produktivitas Tanaman Karet di PT Perkebunan Nusantara I Regional VII Kebun Kedaton”** dengan Dosen Pembimbing Bapak Dr. Fajriyanto, S.T., M.T. dan Ibu Rahma Anisa, S.T., M.Eng.

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya lah saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Dengan penuh rasa syukur, skripsi ini saya persembahkan kepada:

Kedua orangtuaku, Ibu Watinem dan Bapak M. Yamin yang selalu memberikan cinta, dukungan, dan doa dalam setiap langkah hidupku. Ibu dan Ayah adalah sumber kekuatan dan motivasi terbesar bagiku dalam menyelesaikan skripsi ini.

Seluruh guru dan dosen yang dengan sabar membimbing dan memberikan ilmu serta arahan berharga dalam masa pendidikan.

Sahabat yang selalu menemani dan memotivasi dalam suka dan duka di setiap prosesnya.

Teman-teman almameter Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Angkatan 2020
Universitas Lampung.

MOTTO

“Sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan.”

(Q.S Al-Insyirah:6-7)

“Mimpi-mimpi kamu, cita-cita kamu, keyakinan kamu, apa yang kamu mau kejar, biarkan ia menggantung, menggambang 5 centimeter di depan kening kamu. Jadi dia nggak akan pernah lepas dari mata kamu. Dan kamu bawa mimpi dan keyakinan kamu itu setiap hari, kamu lihat setiap hari, dan percaya bahwa kamu bisa.”

(Novel 5CM - Donny Dhirgantoro)

“Pada akhirnya, ini semua, hanyalah permulaan.”

(Beranjak Dewasa – Nadin Amizah)

"I feel like the possibility of all those possibilities being possible is just another possibility that can possibly happen"

(NCT - Mark Lee)

SANWACANA

Puji syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh Terhadap Estimasi Produktivitas Tanaman Karet di PT Perkebunan Nusantara I Regional 7 Kebun Kedaton**" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Penulis menyadari bahwa banyak menerima bantuan dan bimbingan selama masa studi dan penyusunan skripsi ini. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM., sebagai Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung.
3. Bapak Romi Fadly, S.T., M. Eng., sebagai Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Fajriyanto, S.T., M.T., sebagai dosen pembimbing I dalam penelitian ini, yang telah memberikan nasihat, panduan, dan masukan selama proses penyelesaian skripsi.
5. Ibu Rahma Anisa, S.T., M.Eng., sebagai dosen pembimbing II yang telah memberikan panduan, bimbingan, serta dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Ibu Tika Christy Novianti, S.T., M.Eng., sebagai dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran yang sangat berharga untuk penyempurnaan skripsi ini.
7. Bapak Eko Rahmadi, S.T, M.T. selaku dosen Pembimbing Akademik.

8. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung.
9. Staf dan Jajaran Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung.
10. Pimpinan dan staf PT Perkebunan Nusantara VII Kebun Kedaton yang telah memberikan izin dan bantuan selama penelitian berlangsung.
11. Kepada pintu surga dan cinta pertamaku, Ibu Watinem dan Bapak M. Yamin, orang tua penulis yang telah berjuang dan mendukung hingga mencapai titik ini. Terima kasih atas segala cinta, pengorbanan, serta doa-doa yang selalu menyertai setiap langkahku. Terimakasih untuk selalu ada di sisi dan menjadi alasan bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi. Ibu, Ayah, putri kecilmu sudah dewasa dan siap melanjutkan mimpi yang lebih tinggi lagi.
12. Karisma Fitriyana, teman yang menemani dalam seluruh momen penting dalam masa perkuliahan. Mungkin ucapan terimakasih saja belum cukup untuk menggambarkan rasa syukur tentang kebersamaan kita sejak maba, Kemah Kerja, KKN, hingga skripsi yang telah kita lalui bersama.
13. Bella Rahmalia dan Siti Hardiyanti Oktavia, terimakasih banyak telah menemaniku berproses sedari masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi. Terimakasih untuk semua hal yang sudah kita lalui bersama, akan selalu terkenang semua hal tentang kita.
14. Tri Yulia Ningsih, yang telah menemani penulis selama 3,5 tahun sebagai *roommate* di kota rantauan ini.
15. Penghuni rumah “Bumi Ngontrak” Karisma, Anin, Rahma, dan Rika yang telah sukarela mendengar keluh kesah, *playlist Spotify random*, hingga *love hate friendship* selama masa skripsi.
16. Kepada teman-temanku, *please don't be a stranger ya. Thank you for sharing your world with me, it's a privilege to be a part of it, for eternity.*
17. Teman-teman Teknik Geodesi dan Survey Pemetaan 2020, terima kasih atas kebersamaan dan dukungannya.
18. Kepada seluruh member Seventeen yaitu Choi Seungcheol, Yoon Jeonghan, Hong Jisoo, Wen Junhui, Kwon Soonyoung, Jeon Wonwoo, Lee Jihoon,

Lee Seokmin, Kim Mingyu, Xu Minghao, Boo Seungkwan, Choi Hansol, dan Lee Chan yang telah memberikan semangat dan motivasi melalui karya baik audio maupun visual selama masa perkuliahan.

19. Kepada seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan saran dalam penyelesaian skripsi ini.
20. Dan terakhir, kepada diri saya sendiri. Nina Syafitri. Terimakasih untuk tetap bertahan meskipun lelah dan untuk tidak menyerah ketika keadaan terasa begitu berat. Berbahagialah selalu dimanapun berada. Apapun kurang dan lebihmu mari merayakan diri sendiri.

Semoga setiap motivasi, semangat, dan pengetahuan yang terus terpatri dalam ingatan serta doa yang dipanjatkan senantiasa berbuah pahala dan ridha dari Allah SWT, menjadi amal yang diterima di sisi-Nya. Namun, “tidak ada gading yang tidak retak”, oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak demi penyempurnaan skripsi ini. Besar harapan penulis, semoga hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak.

Bandar Lampung, 14 Januari 2025

Nina Syafitri
NPM. 2015071034

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup Masalah	5
1.6 Kerangka Pemikiran.....	6
1.7 Hipotesis	7
II. LANDASAN TEORI.....	8
2.1. Penelitian Terdahulu	8
2.2 Tanaman Karet.....	11
2.3 Penginderaan Jauh	13
2.4 Citra Satelit Sentinel – 2A.....	14
2.5 <i>Enhanced Vegetation Index</i> (EVI).....	15
2.6 <i>Atmospherically Resistant Vegetation Index</i> (ARVI)	16
2.7 Metode <i>Disproportionate Stratified Random Sampling</i>	17
2.8 Uji Regresi Linear.....	18
2.10 Pemodelan Estimasi Produktivitas.....	19
2.11 <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	20
III. METODOLOGI	22
3.1 Lokasi Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan.....	23
3.3 Metode	24
3.4 Tahap Persiapan	26
3.5 Tahap Pengumpulan Data	26
3.6 Tahap Pengolahan	31
3.7 Analisis.....	35
IV. PEMBAHASAN.....	36
4.1 Pengolahan Algoritma Indeks Vegetasi.....	36
4.1.1 Pengolahan Algoritma Indeks Vegetasi EVI.....	36

4.1.2 Pengolahan Algoritma Indeks Vegetasi ARVI.....	38
4.2 Hubungan Indeks Vegetasi dan Umur Tanaman Karet.....	40
4.2.1 Hubungan EVI dan Umur Tanaman Karet.....	41
4.2.2 Hubungan ARVI dan Umur Tanaman Karet.....	42
4.2.3 Uji Multikolinearitas.....	44
4.3 Hubungan Indeks Vegetasi dan Produktivitas Tanaman.....	45
4.3.1 Hubungan EVI dan Produktivitas Tanaman.....	45
4.3.2 Hubungan ARVI dan Produktivitas Tanaman.....	46
4.4 Pemodelan Estimasi Produktivitas Tanaman Karet.....	47
4.4.1 Pemodelan Estimasi Produktivitas Tanaman Karet Menggunakan EVI	48
4.4.2 Pemodelan Estimasi Produktivitas Tanaman Karet Menggunakan ARVI	51
4.5 Estimasi Produktivitas Tanaman	53
4.5.1 Estimasi Produktivitas Tanaman Menggunakan EVI.....	54
4.5.2 Estimasi Produktivitas Tanaman Menggunakan ARVI.....	55
4.6 Uji Akurasi	57
V. KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	64

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian Terdahulu.....	8
2. Klasifikasi Umur Tanaman Karet.....	12
3. Karakteristik Citra Sentinel 2-A.....	14
4. Klasifikasi Indeks EVI	15
5. Intepretasi Nilai Koefisien Korelasi	20
6. Tahun Tanam.....	29
7. Klasifikasi Tahun Tanam	30
8. Produktivitas Tanaman.....	31
9. Sampel Penelitian	33
10. Nilai Indeks Vegetasi	34
11. Luas Klasifikasi EVI	37
12. Luas Klasifikasi ARVI	39
13. Nilai Indeks Vegetasi	41
14. Persamaan Estimasi Produktivitas Tanaman Karet	47
15. Estimasi Produktivitas Tanaman Menggunakan EVI.....	48
16. Rerata Estimasi Produktivitas Algoritma EVI	50
17. Estimasi Produktivitas Tanaman Menggunakan ARVI.....	51
18. Rerata Estimasi Produktivitas Algoritma ARVI	52
19. Persentase Estimasi Produktivitas Tanaman Karet Menggunakan EVI.....	54
20. Persentase Estimasi Produktivitas Tanaman Karet Menggunakan ARVI.....	56

21. Hasil Uji RMSE.....	57
-------------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pemikiran	6
2. Tanaman Karet	11
3. Penginderaan Jauh	13
4. Lokasi Penelitian	22
5. Diagram Alir Penelitian.....	25
6. <i>Script</i> Koreksi Citra.....	27
7. Memuat Citra.....	27
8. Menampilkan Citra.....	28
9. Peta Per Afdeling Kebun Kedaton	28
10. Citra yang Telah <i>Dicropping</i>	32
11. Titik Sampel Penelitian	34
12. Peta EVI di PTPN Kebun Kedaton	36
13. Peta ARVI di PTPN Kebun Kedaton	38
14. Korelasi EVI dan Produktivitas Tanaman.....	45
15. Korelasi ARVI dan Produktivitas Tanaman.....	46
16. Korelasi Umur Tanaman dan EVI.....	42
17. Korelasi Umur Tanaman dan ARVI.....	43
18. Uji Multikolinearitas.....	44
19. Estimasi Produktivitas Tanaman Algoritma EVI.....	54
20. Estimasi Produktivitas Tanaman Algoritma ARVI.....	55

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan penghasil karet terbesar kedua di dunia dengan luas areal perkebunan mencapai 3,6 juta hektar dan menyumbang sekitar 25–27% dari kebutuhan karet global (Rofiqoh dkk., 2019). Tanaman karet merupakan salah satu tanaman perkebunan penting di Indonesia, yang memiliki kontribusi signifikan dalam perekonomian negara (Syarifa dkk., 2023). Tanaman karet atau *Hevea brasiliensis* termasuk tanaman palem-paleman yang berasal dari negara Brazil (Pertanian Direktorat Jenderal Perkebunan, 2014). Karet dapat digunakan dalam berbagai produk mulai dari ban kendaraan hingga industri farmasi. Selain itu, karet telah menjadi sumber pendapatan negara, mata pencaharian bagi masyarakat, serta berperan dalam pelestarian lingkungan. Perkebunan karet di Indonesia kepemilikan dan pengelolaannya lebih didominasi milik rakyat dengan persentase sebesar 84,85%, lalu oleh perkebunan swasta sebesar 8,48%, dan negara menguasai 6,67% dari total luas perkebunan karet (BPS, 2023).

Perkebunan karet yang ada di Provinsi Lampung salah satunya yaitu lahan milik PT Perkebunan Nusantara VII Kebun Kedaton. Luas perkebunan ini yaitu 5.126,32 hektar dengan kapasitas produksi 10 ton/hari. Pada tahun 2020, Kebun Kedaton mendapat penghargaan sebagai pemasok dengan kualitas tenaga kerja terbaik di seluruh PTPN di Indonesia karena berhasil memproduksi RSS (*Ribbed Smoked Sheet*) dengan kapasitas melebihi target dan kualitas memenuhi standar (Sinaro, 2021). Berdasarkan informasi laporan

hasil produksi, pada Semester I tahun 2021 perkebunan ini memproduksi bahan baku karet dengan rata-rata 12,63 ton/hari. Namun menurun pada Semester II tahun 2021 menjadi 7 ton/hari karena berkurangnya getah karet. Beberapa faktor penyebab menurunnya produktivitas karet yaitu kondisi lahan dan bertambahnya usia tanaman (Sholikhah dkk., 2023). Dengan permasalahan tersebut harus dilakukan pemantauan agar produktivitas karet tetap terjaga. Saat ini perhitungan produktivitas tanaman dilakukan secara manual yang membutuhkan banyak personel dan waktu yang lama. Namun mengingat melimpahnya jumlah produksi, diperlukan teknologi yang dapat melakukan monitoring terkait estimasi produktivitas tanaman karet yang lebih cepat dan akurat. Estimasi produktivitas adalah proses untuk memperkirakan jumlah produksi hasil panen dari seluruh luas lahan yang sedang dipanen setiap bulannya (Eko Yuniarto dan Prasetyo, 2015). Estimasi produktivitas karet dilakukan untuk memberikan gambaran atau memperkirakan hasil produktivitas di masa yang akan datang. Memanfaatkan teknologi penginderaan jauh adalah salah satu metode yang efektif dan efisien untuk mengestimasi produktivitas tanaman karet (Sari dan Sukojo, 2015).

Teknologi penginderaan jauh mampu menyediakan data atau informasi mengenai sumber daya alam di daratan, menjangkau area pemantauan yang luas, serta memungkinkan penilaian produktivitas tanaman karet dengan cepat, mudah, dan efisien (Lubis dkk., 2017). Estimasi produktivitas tanaman karet dapat menggunakan data citra satelit Sentinel 2-A. Citra satelit Sentinel-2A memiliki resolusi spasial yang cukup tinggi (10 meter untuk saluran multispektral) dan meliputi spektrum yang luas dari ultraviolet hingga inframerah jauh (Haryati dkk., 2014). Metode yang dapat digunakan dalam estimasi produktivitas tanaman karet yaitu metode EVI (*Enhanced Vegetation Index*) dan ARVI (*Atmospherically Resistant Vegetation Index*). Pemodelan regresi linier berganda diterapkan pada variabel usia tanaman, produksi, dan indeks vegetasi untuk EVI dan ARVI berdasarkan teori pendugaan *Ordinary Least Square* (OLS). Umur tanaman dan nilai indeks vegetasi adalah variabel independen, sementara produktivitas merupakan variabel dependen.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi hubungan antara perubahan indeks vegetasi dengan usia dan produksi tanaman serta untuk mengevaluasi tingkat akurasi algoritma EVI dan ARVI dalam mengestimasi produktivitas tanaman karet di PT Perkebunan Nusantara Regional VII Lampung Kebun Kedaton pada bulan Oktober 2023. Selain itu, penelitian ini dapat digunakan sebagai alat bantu dalam pemantauan dan pengelolaan perkebunan karet. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan solusi efektif untuk meningkatkan produksi melalui penerapan teknologi penginderaan jauh melalui perhitungan estimasi produktivitas tanaman karet.

1.2 Rumusan Masalah

PT Perkebunan Nusantara I Regional 7 Kebun Kedaton adalah salah satu perkebunan karet besar dan penting di Indonesia. Namun, beberapa tahun terakhir, perkebunan ini menghadapi berbagai masalah yang mengakibatkan penurunan produktivitas tanaman karet. Penurunan ini diduga disebabkan oleh berbagai faktor seperti kondisi lahan dan usia tanaman yang semakin tua. Selama ini, perkebunan masih mengandalkan metode manual untuk mengestimasi produktivitas tanaman. Metode manual tidak hanya memakan waktu dan biaya yang besar, tetapi juga rentan terhadap kesalahan manusia dan kurang akurat. Akibatnya, perencanaan produksi dan strategi manajemen menjadi kurang efektif. Salah satu metode alternatif yang dapat diterapkan untuk estimasi produktivitas tanaman karet adalah pemanfaatan teknologi penginderaan jauh. Berdasarkan permasalahan tersebut muncul pertanyaan penelitian sebagai berikut.

1. Bagaimana hubungan antara algoritma indeks vegetasi EVI dan ARVI dengan umur tanaman karet di PTPN Kebun Kedaton?
2. Bagaimana hubungan antara algoritma indeks vegetasi EVI dan ARVI dengan produktivitas tanaman karet di PTPN Kebun Kedaton?
3. Bagaimana pemodelan estimasi produktivitas tanaman karet di PTPN Kebun Kedaton?

4. Apa metode indeks vegetasi terbaik yang memiliki tingkat akurasi paling tinggi dalam mengestimasi produktivitas tanaman karet?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Mengetahui hubungan antara algoritma transformasi EVI dan ARVI dengan umur tanaman karet.
2. Mengetahui hubungan antara algoritma transformasi EVI dan ARVI dengan produktivitas tanaman karet
3. Mengetahui estimasi produktivitas tanaman karet menggunakan algoritma transformasi EVI dan ARVI.
4. Membandingkan tingkat akurasi estimasi produktivitas tanaman yang dihasilkan oleh citra Sentinel-2A dengan metode EVI dan ARVI untuk mengetahui metode yang terbaik.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1.4.1 Manfaat Bagi Penulis

1. Penelitian ini akan menjadi kesempatan bagi penulis untuk meningkatkan kemampuan, pengetahuan, dan pengalaman dalam bidang penginderaan jauh.
2. Penulis dapat memiliki kesempatan untuk berkontribusi pada kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan di bidang pertanian dan perkebunan, khususnya dalam penggunaan teknologi penginderaan jauh.

1.4.2 Manfaat Bagi Instansi

1. Hasil penelitian dapat memberikan informasi terkait metode yang lebih akurat untuk mengestimasi produktivitas tanaman karet.

2. Hasil penelitian dapat menjadi acuan dalam perencanaan peremajaan tanaman dengan lebih tepat sehingga produktivitas kebun tetap optimal.
3. Teknologi penginderaan jauh dapat meningkatkan efisiensi dan efisiensi pemeliharaan tanaman dengan mengurangi waktu dan biaya survei manual.

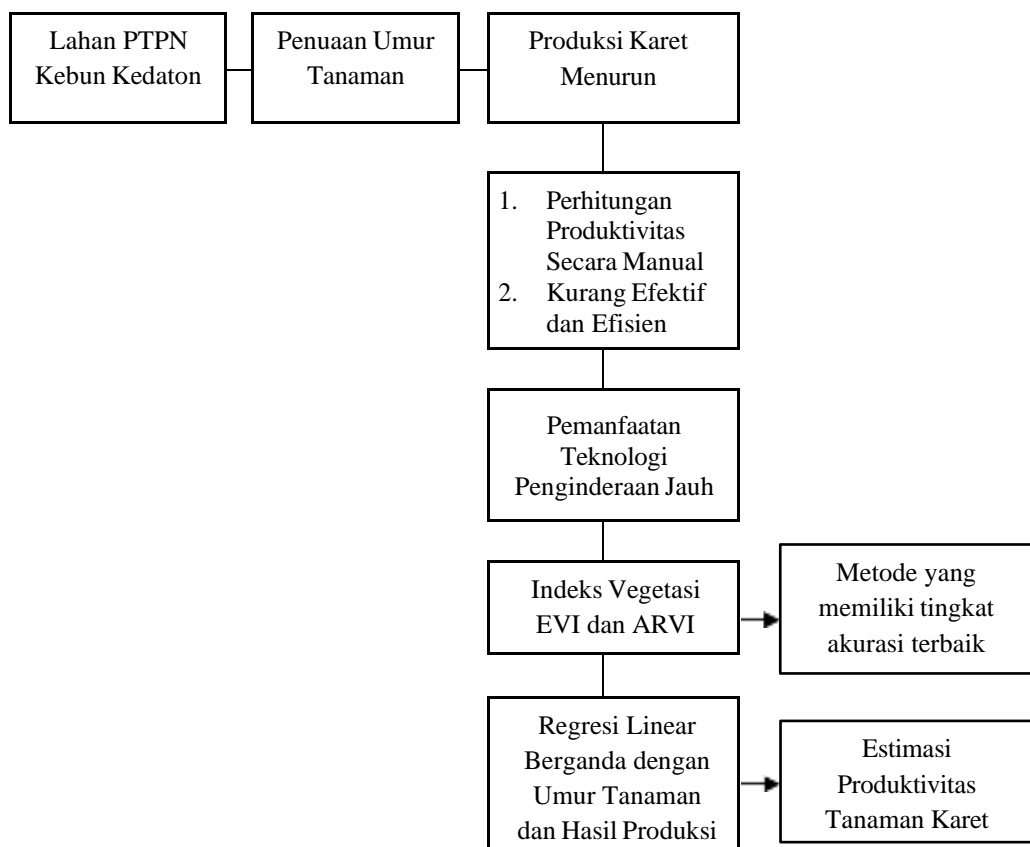
1.5 Ruang Lingkup Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Wilayah kajian berada di PT Perkebunan Nusantara Regional (PTPN) I Regional 7 Kebun Kedaton afdeling 2 dan 3 yang terdiri dari 85 blok tanaman.
2. Citra Sentinel 2-A yang digunakan adalah citra dengan akuisisi bulan Oktober tahun 2023.
3. Data parameter yang digunakan yaitu data umur tanaman tahun 2023 meliputi tahun tanam 1995, 1998, 2005, 2008, 2009, 2011, 2012, dan 2013, serta data hasil produktivitas tanaman karet tahun 2023 yang didapatkan dari PTPN Kebun Kedaton.
4. Pada penelitian ini varietas tanaman dan pengelolaan kebun (jenis pupuk, intensitas pupuk, dan manajemen perkebunan) diabaikan karena cenderung homogen.
5. Pengolahan data untuk menentukan indeks vegetasi menggunakan metode EVI dan ARVI.
6. Estimasi produktivitas dilakukan dengan regresi linear berganda antara indeks vegetasi dengan data umur tanaman dan produktivitas.
7. Pengujian tingkat akurasi menggunakan uji RMSE untuk menentukan metode yang memiliki simpangan produksi terendah.
8. Menganalisis perbandingan hasil tingkat akurasi metode yang digunakan.

1.6 Kerangka Pemikiran

Lahan PTPN Kebun Kedaton adalah salah satu lahan perkebunan produktif di Lampung. Namun seiring berjalannya waktu tanaman-tanaman yang berada di perkebunan ini semakin menua. Salah satu penyebab penurunan produktivitas tanaman karet adalah penuaan tanaman yang dapat menyebabkan penurunan pasokan karet di pasar global. Selama ini, perhitungan produktivitas tanaman karet dilakukan secara manual, yang memerlukan waktu, biaya, dan tenaga yang signifikan, sehingga kurang efektif dan efisien. Memanfaatkan teknologi penginderaan jauh adalah salah satu solusi untuk mengatasi masalah ini. Teknologi penginderaan jauh dapat digunakan untuk menduga atau mengestimasi produktivitas yang dihasilkan tanaman karet. Dalam mengestimasi produktivitas tanaman karet diolah menggunakan algoritma indeks vegetasi EVI dan ARVI dengan pemodelan berupa regresi linier berganda berdasarkan parameter umur tanaman dan data produksi lapangan. Dari kedua transformasi indeks vegetasi akan dibandingkan untuk mengetahui metode yang memiliki tingkat akurasi terbaik.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

1.7 Hipotesis

Berdasarkan permasalahan yang telah diidentifikasi, diasumsikan bahwa umur tanaman karet memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai indeks vegetasi di PTPN Kebun Kedaton. Selain itu, diduga terdapat hubungan yang signifikan antara nilai algoritma indeks vegetasi dan produktivitas tanaman karet.

Penelitian ini juga berhipotesis bahwa pemodelan estimasi produktivitas tanaman karet menggunakan regresi linear berganda dengan algoritma indeks vegetasi (EVI dan ARVI) dapat menghasilkan estimasi yang akurat. Di antara ketiga algoritma yang diuji, ARVI diperkirakan memiliki tingkat akurasi tertinggi dalam mengestimasi produktivitas tanaman karet, karena sensitivitasnya yang lebih baik terhadap pengaruh atmosfer dan variasi vegetasi dibandingkan algoritma lainnya.

II. LANDASAN TEORI

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini didasarkan pada penelitian-penelitian sebelumnya yang membantu penulis dalam memahami dan mempelajari topik yang diteliti. Berikut adalah penjelasan dari penelitian yang relevan.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

Judul Jurnal dan Penulis	Lokasi Penelitian	Metode Penelitian	Objek Penelitian	Hasil Penelitian
Estimasi Produktivitas Kelapa Sawit Menggunakan Metode NDVI (<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>) dan ARVI (<i>Atmospherically Resistant Vegetation Index</i>) dengan Citra Sentinel-A (Studi Kasus : Beberapa Wilayah di Provinsi Riau) Penulis: Vidya Velisa Taufik, Abdi Sukmono, dan Hana Sugiastu Firdaus	Beberapa Wilayah di Provinsi Riau Tahun 2021	Metode NDVI dan ARVI	Kelapa Sawit	Dengan menggunakan teknik regresi linier berganda dengan algoritma NDVI, estimasi produksi menghasilkan akurasi sebesar 76,815% dan produktivitas sebesar 215.172.733 ha/kg/bulan. Sebaliknya, penggunaan algoritma konversi ARVI menghasilkan tingkat akurasi sebesar 77,327% dan tingkat produktivitas sebesar 213.775.927 ha/kg/bulan.

Identifikasi Dan Estimasi Tingkat Produktivitas Kelapa Sawit Menggunakan Teknologi LiDAR (Studi Kasus : Air Upas, Kabupaten Ketapang)	Air Upas, Kabupaten Ketapang	Metode perhitungan secara matematis	Kelapa Sawit	Estimasi produktivitas kelapa sawit berdasarkan berat tiap kelas adalah 5.545,6 ton untuk batch S1 (sangat sesuai), 4.970,3 ton untuk kelas S2 (sesuai), dan 4.726,6 ton untuk kelas S3 (kurang sesuai).
Penulis: Tsana'a Alifia Nauthika, Andri Suprayogi, dan Bambang Sudarsono				
Analisis Tingkat Produktivitas Padi Berdasarkan Metode NDVI Dan LSWI Menggunakan Citra Landsat Tahun 2007 Dan 2009 (Studi Kasus : Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah)	Beberapa Wilayah Di Provinsi Riau	Metode Indeks Vegetasi NDVI dan ARVI	Padi	Berdasarkan hasil penelitian, produksi padi di Kabupaten Karanganyar mencapai 219.839,256 ton pada tahun 2007, sementara pada tahun 2009 mencapai 227.088,717 ton.
Penulis: Ariescha Eko Yuniarto, Yudo Prasetyo, Haniah				
Model Estimasi Produktivitas Padi Menggunakan NDVI Di Wilayah Kabupaten Demak Tahun 2021	Kabupaten Demak	Metode NDVI	Padi	Estimasi produktivitas padi tahun 2021 menunjukkan bahwa periode panen bulan Juli memiliki rata-rata produktivitas tertinggi, yaitu sebesar 418.878,31 ton dengan deviasi 1 ton/ha.
Penulis: Zulfikar Ardiansyah Fajri, Juhadi, Tjaturahono Budi Sanjoto, dan Wahid Akhsin Budi Nur Sidiq				

Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh Terhadap Estimasi Produktivitas Tanaman Karet di PT Perkebunan Nusantara VII Kebun Kedaton	PT Perkebunan Nusantara Kebun Kedaton	Metode EVI dan ARVI	Karet	-
--	---	------------------------------	-------	---

Penulis: Nina
Syafitri

Meskipun relevan, namun setiap penelitian memiliki persamaan dan perbedaan antara lain.

1. Penelitian 1

Kajian yang dilakukan Hana Sugiastu Firdaus, Abdi Sookmono dan Vidya Felisa Taufiq fokus pada tanaman kelapa sawit dengan menggunakan satelit Sentinel-2A. Penelitian ini membandingkan hasil pengolahan data dengan menggunakan algoritma transformasi NDVI dan ARVI. Sedangkan penulis melakukan penelitian terhadap tanaman karet menggunakan algoritma transformasi indeks vegetasi EVI dan ARVI.

2. Penelitian 2

Penelitian yang dilakukan oleh Tsana'a Alifia Nauthika, Andri Suprayogi, dan Bambang Sudarsono dengan objek penelitian kelapa sawit menggunakan data LiDAR metode *template matching* berdasarkan tinggi dan umur pohon. Sedangkan penulis menggunakan data citra Sentinel-2A dengan metode transformasi indeks vegetasi dengan objek tanaman karet.

3. Penelitian 3

Penelitian yang dilakukan oleh Ariescha Eko Yuniarto, Yudo Prasetyo, dan Haniah berfokus pada padi dengan menggunakan algoritma NDVI dan LSWI pada citra Landsat. Sedangkan penulis melakukan penelitian terhadap tanaman karet menggunakan citra Sentinel-2A dengan algoritma EVI dan ARVI.

4. Penelitian 4

Penelitian yang dilakukan oleh Zulfikar Ardiansyah Fajri, Juhadi, Tjaturahono Budi Sanjoto, dan Wahid Akhsin Budi Nur Sidiq dengan objek penelitian padi menggunakan algoritma NDVI secara multitemporal. Sedangkan penulis melakukan penelitian terhadap tanaman karet menggunakan algoritma transformasi indeks vegetasi EVI dan ARVI.

2.2 Tanaman Karet

Karet, juga dikenal sebagai *Hevea brasiliensis* merupakan salah satu sumber utama karet alam yang 93% produksinya dihasilkan di Asia Tenggara (Pertanian Direktorat Jenderal Perkebunan, 2014). Indonesia adalah produsen kedua karet terbesar di dunia setelah Thailand (Rofiqoh dkk., 2019). Tanaman karet memiliki kontribusi signifikan terhadap perekonomian Indonesia, terutama dalam sektor perkebunan dan industri manufaktur (Perdana, 2020). Selain itu, karet alam merupakan komoditas strategis yang menjadi bahan baku utama untuk berbagai produk seperti ban kendaraan, sarung tangan, dan berbagai alat medis, sehingga permintaannya sangat tinggi di pasar global.



Gambar 2. Tanaman Karet
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Produktivitas tanaman karet merujuk pada kemampuan tanaman karet untuk menghasilkan lateks atau getah karet dalam jumlah tertentu selama periode waktu tertentu dalam suatu lahan (Andriyanto dkk., 2020). Produktivitas tanaman karet dapat diketahui melalui kesehatan tanaman karet yang penting bagi kebijakan pengelolaan dan distribusi karet dalam suatu negara (Wibawanti, 2022). Tanaman dianggap sehat jika tidak terpengaruh oleh faktor internal atau eksternal yang dapat menyebabkan gangguan dan merugikan tanaman (Rahmawati dkk., 2019). Faktor internal dapat berupa gangguan genetik atau fisiologis yang menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Sedangkan faktor eksternal mencakup serangan hama dan penyakit, kondisi lingkungan yang tidak optimal seperti kekeringan atau kelebihan air, serta pencemaran yang dapat menurunkan kualitas dan kuantitas hasil tanaman.

Tabel 2. Klasifikasi Umur Tanaman Karet

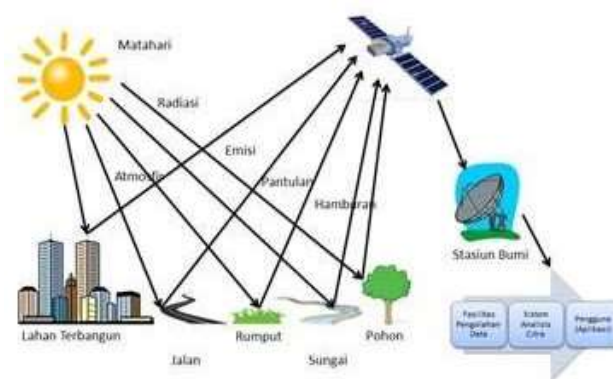
Klasifikasi	Umur Tanaman
Tanaman Belum Menghasilkan (TBM)	1-4 Tahun
Muda	5-10 Tahun
Remaja	11-15 Tahun
Dewasa	16-20 Tahun
Tua	21-24 Tahun
Renta	≥ 25 Tahun

Sumber: (Data Umur Tanaman PTPN Kebun Kedaton, 2023)

Salah satu faktor penting untuk mempermudah pemantauan perkembangan dan produktivitas karet adalah umur tanaman (Togi dan Sahuri, 2014). Umur tanaman karet memberikan gambaran yang jelas mengenai tahap pertumbuhannya dan potensi produksinya. Tanaman karet mulai disadap pada usia 5-7 tahun dan produktivitasnya cenderung meningkat hingga mencapai puncaknya pada usia sekitar 10-20 tahun. Setelah periode ini, produksi lateks akan mulai menurun seiring dengan bertambahnya usia tanaman. Penurunan ini disebabkan oleh faktor-faktor seperti kelelahan fisiologis tanaman, penurunan kualitas jaringan penghasil lateks, dan meningkatnya kerentanan terhadap penyakit.

2.3 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh adalah seni dan ilmu yang menganalisis data dari sumber tertentu tanpa berinteraksi dengan objek, wilayah, atau fenomena tersebut (Somantri, 2019). Selain itu menurut (Muhsoni, 2015), penginderaan jauh adalah metode untuk mengumpulkan dan menganalisis data dengan memanfaatkan radiasi elektromagnetik yang diserap atau dipantulkan oleh permukaan bumi. Teknik ini berfungsi untuk mendeteksi dan menganalisis karakteristik permukaan bumi dari jarak jauh, dengan pengumpulan data dilakukan baik dari luar maupun dari dalam menggunakan perangkat (sensor) dan wahana tertentu (Muhsoni, 2015).



Gambar 3. Penginderaan Jauh
Sumber: www.big.go.id

Penginderaan jauh dilakukan dengan memanfaatkan sensor yang ditempatkan pada satelit, pesawat terbang, atau *drone* yang menangkap dan merekam pantulan atau pancaran gelombang elektromagnetik dari objek di bumi. Penginderaan jauh dapat melakukan pengamatan permukaan bumi dalam skala besar, baik pada tingkat regional, nasional, maupun global. Penginderaan jauh mengurangi kebutuhan untuk survei lapangan yang memakan waktu dan biaya tinggi, terutama di wilayah yang sulit dijangkau atau berbahaya. Dengan satu kali pemotretan satelit, informasi detail tentang wilayah yang luas dapat diperoleh dengan lebih cepat dibandingkan survei manual. Data yang diperoleh dari sensor ini kemudian dianalisis untuk memahami berbagai karakteristik fisik dari objek yang diamati, seperti bentuk lahan, tutupan vegetasi, suhu, kelembapan, dan lainnya. Terdapat dua jenis sensor utama dalam penginderaan

jauh yaitu sensor aktif dan pasif. Sensor pasif bergantung pada sumber energi alami, seperti cahaya matahari, untuk mendeteksi radiasi yang dipantulkan atau dipancarkan oleh objek di permukaan bumi. Sedangkan sensor aktif memiliki kemampuan untuk menghasilkan sumber energi sendiri, biasanya berupa gelombang mikro atau laser, yang dipancarkan ke objek di bumi. Energi tersebut kemudian dipantulkan kembali ke sensor untuk diukur.

2.4 Citra Satelit Sentinel – 2A

Sentinel-2A adalah satelit optik yang diluncurkan pada tahun 2015 sebagai bagian dari program *Copernicus* milik Badan Antariksa Eropa (ESA). (Putri dkk., 2021). Satelit penginderaan jauh Sentinel-2, yang memiliki sensor pasif, dapat menghasilkan data multispektral dengan tiga belas saluran, termasuk sensor tampak, inframerah dekat, dan inframerah gelombang pendek. Resolusi spasial gambar Sentinel-2A untuk saluran inframerah dekat, biru, hijau, dan merah mencapai 10 meter. Dengan resolusi tinggi dan *swath* yang luas, satelit ini mengunjungi lokasi yang sama setiap 10 hari, menjadikannya sangat berguna untuk memantau tutupan lahan seperti tanah, air, vegetasi, jaringan air, dan area pantai (Putri dkk., 2021).

Tabel 3. Karakteristik Citra Sentinel 2-A

Sentinel-2 <i>Band</i>	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial (m)
<i>Band 1 – Coastal Aerosol</i>	0,443	60
<i>Band 2 – Blue</i>	0,490	10
<i>Band 3 – Green</i>	0,560	10
<i>Band 4 – Red</i>	0,665	10
<i>Band 5 – Vegetation Red Edge</i>	0,705	20
<i>Band 6 – Vegetation Red Edge</i>	0,740	20
<i>Band 7 – Vegetation Red Edge</i>	0,783	20
<i>Band 8 – NIR</i>	0,842	10
<i>Band 8A – Vegetation Red Edge</i>	0,865	20
<i>Band 9 – Water Vapour</i>	0,945	60
<i>Band 10 – SWIR - Cirrus</i>	1,375	60
<i>Band 11 – SWIR</i>	1,610	20
<i>Band 12 – SWIR</i>	2,190	20

Sumber: (Rahmadi dkk., 2021)

2.5 Enhanced Vegetation Index (EVI)

Enhanced Vegetation Index (EVI) adalah pengembangan dari metode NDVI yang meningkatkan sensitivitas sinyal vegetasi, khususnya di daerah dengan biomassa tinggi. EVI mampu mengurangi efek latar belakang tanah dan sinyal kanopi dengan menggunakan data dari saluran biru, yang dapat mengurangi tingkat gangguan. EVI juga dapat mengurangi dampak kondisi atmosfer terhadap indeks vegetasi (Nedhisa dan Tjahjaningrum, 2019).

Tabel 4. Klasifikasi Indeks EVI

Nilai EVI	Tingkat Kehijauan
-1 - -0,03	Tidak Ada Vegetasi/Terbuka/Air
-0,03 - 0,15	Kehijauan Sangat Rendah
0,15 - 0,25	Kehijauan Rendah
0,26 - 0,35	Kehijauan Sedang
0,35 - 1	Kehijauan Tinggi

Sumber: (Sulma dkk., 2022)

Dalam mengukur variasi struktur kanopi, EVI lebih peka terhadap faktor-faktor seperti *Leaf Area Index* (LAI), fisiogonomi tanaman, arsitektur tajuk, dan jenis tajuk dibandingkan NDVI yang biasanya hanya merespons jumlah klorofil. EVI dapat dihitung menggunakan formula berikut ini.

$$EVI = G \times \frac{(NIR-RED)}{(NIR+C1 \times RED-C2 \times BLUE+L)} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- L = Faktor kalibrasi untuk efek kanopi dan tanah yang memiliki nilai 1
- C1, C2 = Koefisien aerosol masing-masing memiliki nilai 6,0 dan 7,5
- G = Gain faktor dengan nilai 2, 5
- NIR = Nilai reflektan dari saluran *Near Infrared*
- RED = *Band Merah (Red)*
- BLUE = *Band Biru (Blue)*

EVI memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan dengan indeks vegetasi lainnya, seperti lebih sensitif terhadap variasi atmosfer, seperti partikel debu

atau uap air, yang dapat mempengaruhi akurasi indeks vegetasi. Hal ini dikarenakan penggunaan spektrum biru dan penyesuaian koreksi atmosfer dalam formula EVI, yang memberikan akurasi lebih tinggi dalam kondisi atmosfer yang dinamis. EVI menggunakan koreksi tambahan untuk mengurangi pengaruh reflektansi tanah pada area dengan vegetasi rendah atau sedang. Ini memungkinkan pengukuran yang lebih akurat tentang kondisi vegetasi, bahkan di area dengan tutupan vegetasi yang tipis

2.6 *Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI)*

ARVI adalah indeks yang digunakan untuk mengestimasi fraksi vegetasi dalam citra dengan sensitivitas rendah terhadap efek atmosfer (Velisa Taufik dkk., 2021). ARVI dirancang untuk mengurangi pengaruh atmosfer pada perhitungan, terutama dibandingkan dengan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). ARVI lebih tahan terhadap kondisi atmosfer dibandingkan NDVI karena melakukan koreksi pada *band* merah dengan memanfaatkan perbedaan radiansi antara *band* merah dan biru. Dengan memanfaatkan saluran biru untuk koreksi atmosfer pada saluran merah, pengaruh atmosfer dapat dikurangi. Indeks ARVI memberikan nilai klasifikasi antara -1 hingga +1, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan kesehatan dan kehijauan vegetasi yang lebih baik. Berikut merupakan formula ARVI.

$$ARVI = \frac{NIR - (RED - \gamma(RED - BLUE))}{NIR + (RED - \gamma(RED - BLUE))} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

NIR = Reflektansi pada pita inframerah dekat (*Near-Infrared*)

Red = Reflektansi pada pita merah (*Red*)

Blue = Reflektansi pada pita biru (*Blue*)

Nilai ARVI yang diperoleh dapat digunakan untuk menilai kondisi kesehatan vegetasi. Nilai yang lebih tinggi dari ARVI menunjukkan vegetasi yang lebih sehat dan hijau, sedangkan nilai yang lebih rendah menunjukkan vegetasi yang kurang sehat atau lahan tanpa vegetasi.

2.7 Metode *Disproportionate Stratified Random Sampling*

Metode *disproportionate stratified random sampling* adalah teknik *sampling* di mana populasi dibagi menjadi beberapa strata atau kelompok yang berbeda, dan kemudian sampel diambil dari setiap strata secara acak dengan ukuran yang tidak proporsional terhadap ukuran strata di populasi. Menurut (Sugiyono, 2011), *disproportionate stratified random sampling* digunakan apabila populasi mempunyai anggota atau unsur yang tidak homogen dan berstrata secara proposional. Sebelum menentukan sampel berdasarkan strata, diperlukan mencari jumlah sampel yang akan digunakan. Menurut Riduan dan Engkos 2011, jumlah sampel ditentukan menggunakan rumus Taro Yaname dan Slovin karena populasi sudah diketahui. Berikut merupakan formula Taro Yaname dan Slovin.

$$n = \frac{N}{N.d^2+1} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

n = Ukuran sampel yang diperlukan

N = Jumlah populasi (total populasi yang ada)

d = Tingkat kesalahan (*margin of error*)

Setelah jumlah sampel yang akan digunakan diketahui, langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah sampel berdasarkan strata menggunakan metode *disproportionate stratified random sampling*. Berikut merupakan formula metode *disproportionate stratified random sampling*.

$$n_i = \frac{N_i}{N} \cdot n \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

n_i = Jumlah sampel dari strata ke-i yang akan diambil.

N_i = Jumlah populasi dalam strata ke-i

N = Total populasi dari semua strata (keseluruhan populasi)

n = Ukuran sampel total yang telah ditentukan sebelumnya

2.8 Uji Regresi Linear

Uji regresi linear adalah metode statistik yang digunakan untuk menganalisis hubungan antara satu variabel dependen (terikat) dengan satu atau lebih variabel independen (bebas) (Qurnia Sari dkk., 2017). Tujuan dari uji ini adalah untuk menentukan seberapa besar pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen dan untuk memprediksi nilai variabel dependen berdasarkan variabel independen tersebut (Sugiyono, 2016). Uji regresi linear terdiri dari dua jenis, yaitu regresi linear sederhana dan regresi linear berganda. Regresi linear sederhana digunakan untuk menganalisis hubungan antara satu variabel independen dengan satu variabel dependen. Persamaan umum regresi linear sederhana adalah sebagai berikut:

$$Y = a + bX \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

Y : Variabel *Dependen*

X : Variabel *Independen*

a : Konstanta (*Intersep*)

b : Koefisien Regresi

Regresi linear berganda adalah salah satu metode statistik yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara satu variabel dependen (variabel terikat) dengan dua atau lebih variabel independen (variabel bebas). Persamaan umum regresi linear berganda adalah sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 \dots + \beta_nx_n + \epsilon \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

Y : Variabel *Dependen*

X₁, X₂, X_n : Variabel *Independen*

β_0 : Konstanta (*Intersep*)

$\beta_1, \beta_2, \beta_n$: Koefisien Regresi

ϵ : *Error* (gangguan)

Uji multikolinearitas adalah metode yang digunakan dalam analisis regresi untuk mengidentifikasi apakah terdapat hubungan linear yang kuat antar

variabel *independen* (bebas) dalam model (Azizah dkk., 2021). Multikolinearitas terjadi ketika dua atau lebih variabel *independen* memiliki korelasi yang tinggi satu sama lain, yang dapat menyebabkan masalah dalam penginterpretasian hasil regresi. Uji multikolinearitas dikatakan memenuhi kriteria apabila tingkat korelasi antar variabel independen dalam model berada pada batas yang wajar, sehingga tidak ada hubungan yang terlalu kuat di antara variabel independen. Kriteria ini dapat diukur menggunakan beberapa indikator, di antaranya:

1. *Variance Inflation Factor* (VIF)

Jika nilai VIF dari variabel independen berada di bawah 10, maka multikolinearitas dianggap tidak menjadi masalah yang signifikan.

2. *Tolerance*

Tolerance merupakan kebalikan dari VIF, dihitung sebagai $1/VIF$. Jika nilai *tolerance* mendekati 1, artinya tidak ada multikolinearitas. *Tolerance* yang sangat rendah, misalnya di bawah 0,1 menunjukkan multikolinearitas yang tinggi.

Jika hasil uji menunjukkan bahwa semua variabel independen memiliki nilai VIF yang rendah, *tolerance* yang tinggi, dan tidak ada koefisien korelasi yang signifikan antar variabel independen, maka dapat dikatakan bahwa model regresi bebas dari multikolinearitas yang serius.

2.10 Pemodelan Estimasi Produktivitas

Estimasi produktivitas adalah proses perhitungan atau prediksi jumlah *output* atau hasil produksi yang diharapkan dari suatu sumber daya dalam periode waktu tertentu (Kumalasari, 2019). Estimasi produktivitas dilakukan dengan tujuan untuk membantu, khususnya petani dan pengelola perkebunan dalam perencanaan dan pengambilan keputusan yang lebih baik, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, serta meminimalkan risiko (Rachmawati, 2021). Dengan menggunakan metode tradisional dan teknologi *modern* seperti penginderaan jauh, estimasi produktivitas dapat memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai potensi hasil produksi dan mendukung pengelolaan

pertanian yang lebih efisien. Produktivitas diperoleh dari perbandingan antara hasil produksi dengan luas lahan yang digunakan untuk budidaya.

Dalam pemodelan estimasi produktivitas tanaman karet dapat menggunakan metode pendugaan *Ordinary Least Square* (OLS) pada persamaan regresi linear berganda. Berikut adalah persamaan *Ordinary Least Square* (OLS):

$$\text{Produktivitas tanaman karet} = a + b_1 + b_2 \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan:

a : Konstanta

b1 : Parameter 1 (EVI/ARVI)

b2 : Parameter 2 (Umur Tanaman)

Berdasarkan perhitungan persamaan di atas akan menghasilkan nilai estimasi produktivitas tanaman karet dan koefisien korelasi yang menunjukkan tingkat keeratan hubungan antara produktivitas tanaman dengan umur tanaman dan nilai algoritma indeks vegetasi EVI dan ARVI dari hasil pengolahan citra. Berikut merupakan interval interpretasi koefisien korelasi:

Tabel 5. Intepretasi Nilai Koefisien Korelasi

Koefisien Korelasi	Tingkat Korelasi
0,00 – 0,199	Sangat Lemah
0,200 – 0,399	Lemah
0,400 – 0,599	Sedang
0,600 – 0,799	Kuat
0,800 – 1,000	Sangat Kuat

Sumber: (Sugiyono, 2010)

2.11 *Root Mean Square Error* (RMSE)

Uji akurasi adalah proses evaluasi untuk menentukan sejauh mana hasil prediksi atau estimasi dari suatu model sesuai dengan nilai yang sebenarnya (Fatmawati dkk., 2023). Tujuan dari uji akurasi adalah untuk memastikan bahwa data yang digunakan dan hasil analisisnya dapat dipercaya dan berguna untuk pengambilan keputusan yang akurat. Proses ini yaitu dengan

membandingkan antara hasil model dengan data referensi atau *ground truth* yang telah diketahui kebenarannya. Uji akurasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah RMSE (*Root Mean Square Error*). RMSE adalah ukuran statistik yang digunakan untuk mengukur seberapa besar kesalahan atau deviasi antara nilai yang diprediksi oleh model dan nilai sebenarnya.

Berikut merupakan formula yang digunakan dalam validasi produksi.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan:

n : Jumlah Data

y_i : Nilai Sebenarnya

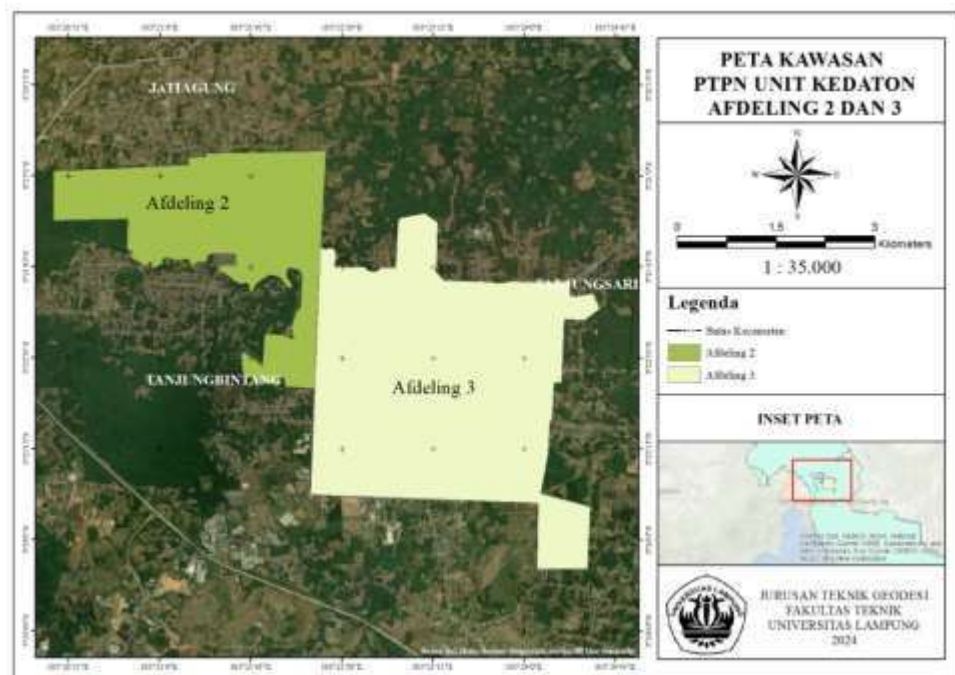
\hat{y}_i : Nilai yang Diprediksi oleh Model

RMSE tidak memiliki nilai ambang batas universal karena tergantung pada konteks data, skala, dan tujuan analisis. Nilai RMSE yang lebih kecil menunjukkan bahwa model memiliki kesalahan prediksi yang lebih rendah, sedangkan nilai RMSE yang besar menunjukkan bahwa model kurang akurat dalam memprediksi data.

III. METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT Perkebunan Nusantara Regional VII Lampung Kebun Kedaton, Way Galih, Kabupaten Lampung Selatan. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada penetapan perkebunan tersebut sebagai pabrik dengan kinerja terbaik di seluruh PTPN di Indonesia pada tahun 2020. Namun seiring bertambahnya umur tanaman, produktivitas tanaman karet mungkin akan terpengaruh. Oleh karena itu, lokasi ini dinilai ideal untuk mempelajari keakuratan estimasi produktivitas karet dengan membandingkan metode EVI dan ARVI.



Gambar 4. Lokasi Penelitian

3.2 Alat dan Bahan

Berikut adalah peralatan dan data penelitian yang disiapkan untuk penelitian ini:

3.2.1 Alat yang Digunakan

Berikut adalah perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan:

- a. Perangkat Keras
 1. Laptop Asus Vivobook 14 X441UB RAM 4 GB.
 2. *Mouse* ROBOT *wireless* M205.
- b. Perangkat Lunak
 1. ArcGIS versi 10.4 sebagai aplikasi untuk mengolah data citra.
 2. *Google Earth Pro* sebagai aplikasi untuk menandai sampel penelitian.
 3. IBM SPSS versi 2.5 sebagai aplikasi untuk membuat model estimasi dan menguji data yang telah diolah.
 4. *Microsoft Office* versi 2019 sebagai aplikasi untuk pembuatan laporan dan penyusunan data yang berbentuk numerik.

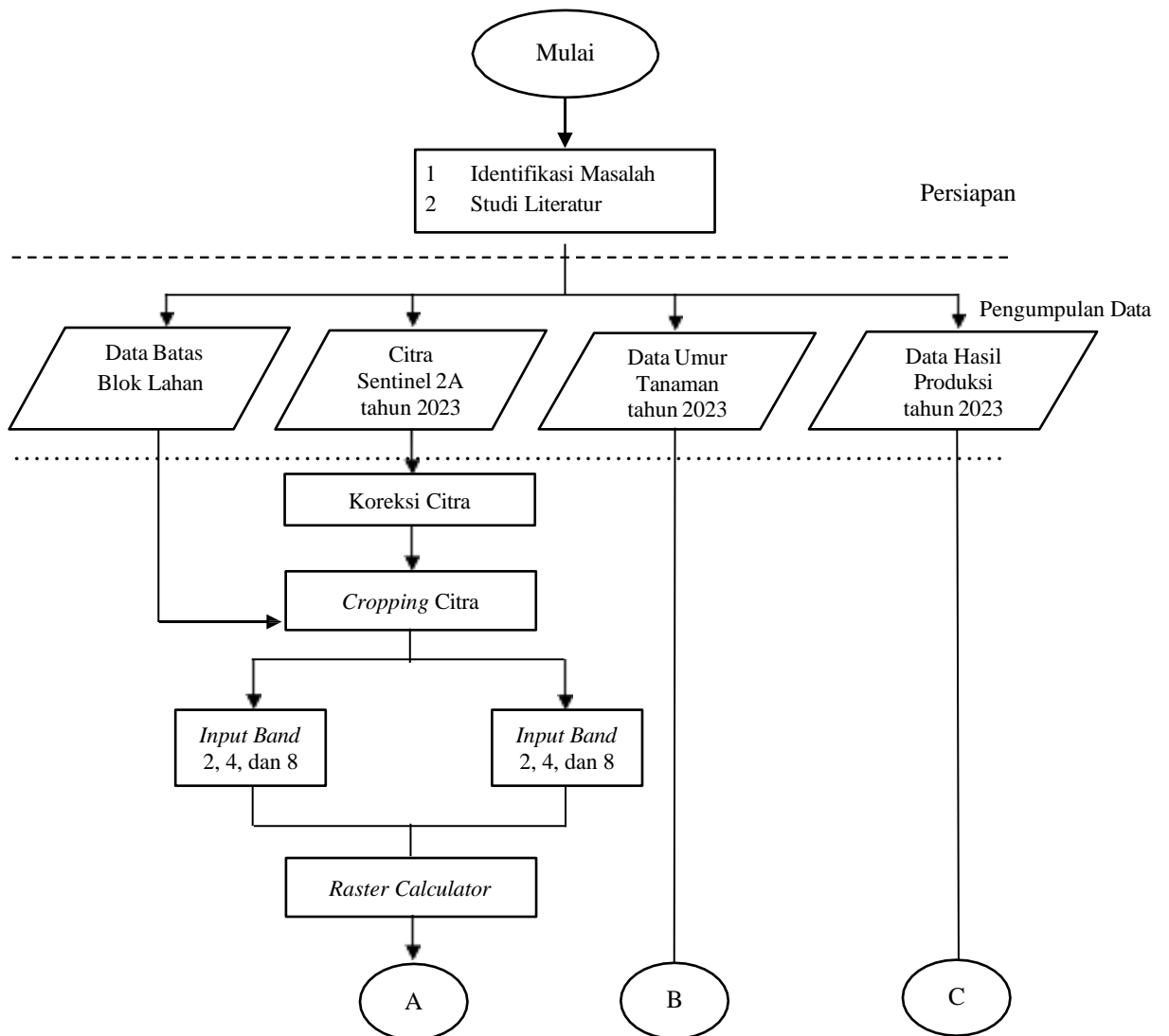
3.2.2 Bahan yang Digunakan

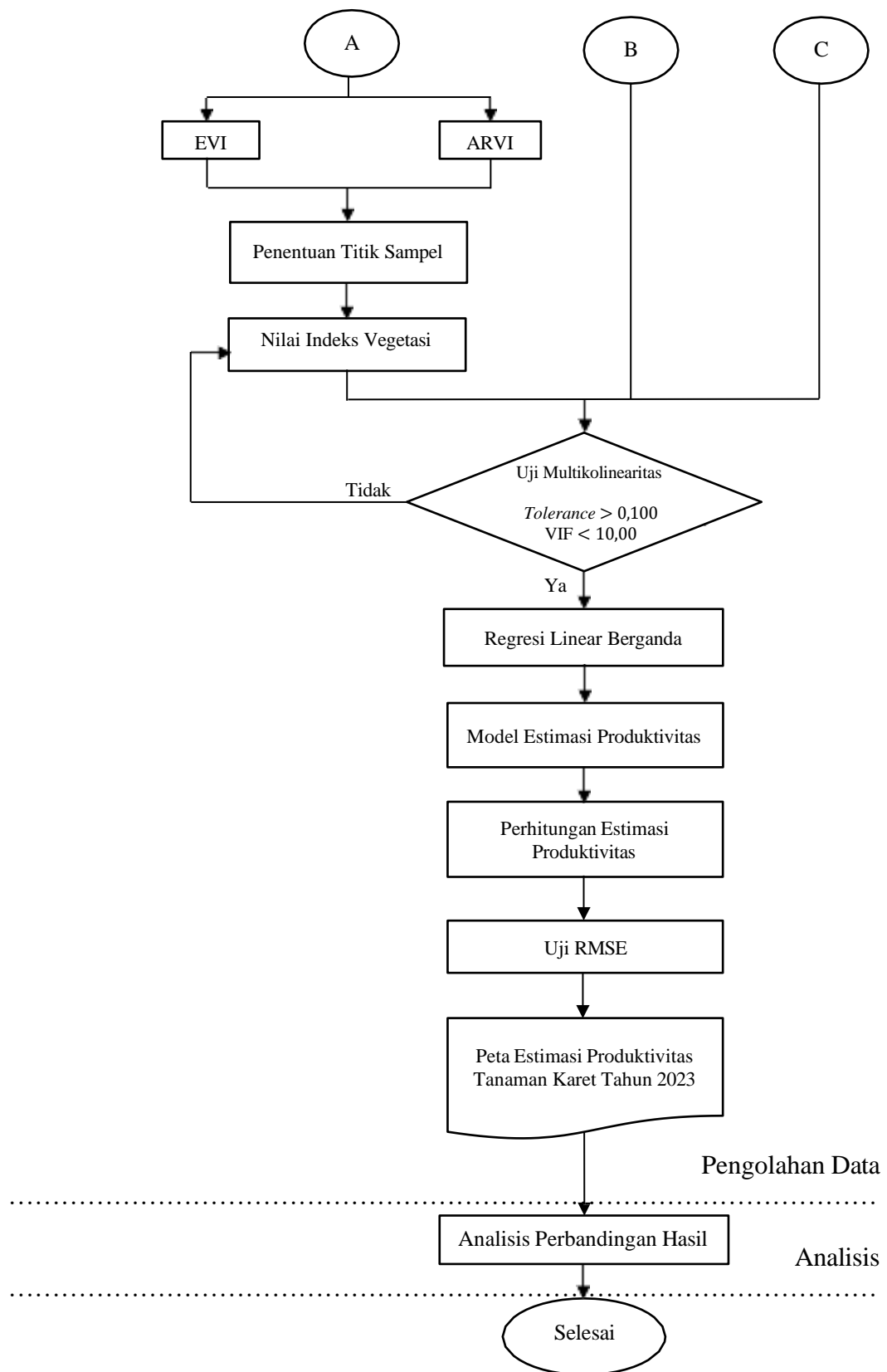
Berikut ini adalah data yang akan digunakan dalam penelitian ini:

1. Citra Sentinel 2-A tahun akuisisi 2023 yang diperoleh dari *Google Earth Engine*.
2. Data Vektor batas blok lahan Kebun Kedaton yang diperoleh dari PTPN Kebun Kedaton.
3. Data tabular hasil produksi karet tahun 2023 yang diperoleh dari PTPN Kebun Kedaton.
4. Data tabular umur tanaman karet tahun 2023 yang diperoleh dari PTPN Kebun Kedaton.

3.3 Metode

Metode penelitian ini memanfaatkan penerapan penginderaan jauh untuk mengolah data citra Sentinel-2A. Citra yang digunakan adalah dari tahun akuisisi 2023. Proses ini dilakukan dengan perangkat lunak ArcGIS dengan menerapkan metode algoritma indeks vegetasi EVI dan ARVI. Hasil dari proses ini yang kemudian dibandingkan dengan data usia dan produksi aktual sehingga menghasilkan peta estimasi produktivitas tanaman karet di PTPN Kebun Kedaton. Berikut ini merupakan diagram alir penelitian.





Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

3.4 Tahap Persiapan

Beberapa tahap persiapan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi.

a. Identifikasi Masalah

Analisis masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini dilakukan pada tahap identifikasi masalah. Pertanyaan yang diajukan mencakup hubungan antara umur tanaman karet dan perubahan indeks vegetasi EVI dan ARVI, bagaimana hubungan antara ketiga metode transformasi indeks vegetasi dengan umur dan produksi karet, serta tingkat akurasi dan hasil estimasi produktivitas karet di PTPN Kebun Kedaton pada tahun 2023.

b. Studi Literatur

Pada tahap studi pustaka, referensi yang relevan dengan penelitian dikumpulkan, meliputi informasi tentang tanaman karet, teknik pemantauan jarak jauh, transformasi indeks vegetasi, akuakultur, dan topik-topik terkait lainnya. Sumber referensi yang digunakan mencakup buku, jurnal, majalah, skripsi, dan sumber dari internet.

3.5 Tahap Pengumpulan Data

Tahapan ini berupa mengumpulkan data yang diperlukan untuk penelitian tentang estimasi produktivitas tanaman karet. Data yang dibutuhkan yaitu citra Sentinel 2-A akuisisi Bulan Oktober tahun 2023, batas blok lahan PTPN Kebun Kedaton, data umur tanaman karet, dan data hasil produksi.

a. Citra Sentinel 2-A

Citra Sentinel 2-A diperoleh dari *platform Google Earth Engine* dengan *script* yang dirancang untuk mengakses dan memproses data satelit. *Script* ini memungkinkan pengguna untuk memilih area kajian, mengatur parameter pengolahan, dan mengekstrak informasi yang relevan dari citra.

```

Imports (1 entry)
var ptpn: Polygon, 4 vertices
function maskS2clouds(image) {
  var qa = image.select('QA60');
  var cloudBitMask = 1 << 10;
  var cirrusBitMask = 1 << 11;
  var mask = qa.bitwiseAnd(cloudBitMask).eq(0)
    .and(qa.bitwiseAnd(cirrusBitMask).eq(0));
  // Terapkan koreksi atmosfer (sudah termasuk dalam produk SR)
  // Terapkan koreksi geometris dan radiometrik (secara implisit ditangani oleh GEE)
  var corrected = image.updateMask(mask).divide(10000);
  return corrected;
}

```

Gambar 6. *Script* Koreksi Citra

Gambar 6 menampilkan *script* praproses citra untuk menghilangkan pengaruh dari awan dan *cirrus* agar menghasilkan data yang lebih bersih dan akurat.

```

10
17 // Muat dan praproses koleksi gambar Reflektansi Permukaan Sentinel-2
18 var citra = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
19   .filterDate('2023-10-01', '2023-10-30')
20   .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 12))
21   .map(maskS2clouds)
22   .median()
23   .clip(ptpn);
24
25 // Parameter visualisasi
26 var visualization = {
27   min: 0.0,
28   max: 0.2,
29   bands: ['B4', 'B3', 'B2'],
30 };
31

```

Gambar 7. Memuat Citra

Script pada gambar 7 bertujuan untuk mempersiapkan dan memproses koleksi citra Sentinel-2 dengan cara yang memastikan data yang bersih. `ee.ImageCollection` digunakan untuk memuat koleksi citra dari *dataset* Sentinel-2 yang sudah dikoreksi atmosfer dan siap untuk analisis. *Filter* tanggal digunakan untuk membatasi citra yang diambil hanya pada rentang waktu tertentu, yaitu dari tanggal 1 Oktober 2023 hingga 30 Oktober 2023. Selanjutnya yaitu menghilangkan citra yang memiliki persentase piksel berawan lebih dari 12% agar hanya citra yang relatif bebas dari awan yang akan dimasukkan dalam analisis. Kemudian memotong citra median yang dihasilkan ke *Area Of Interest* (AOI) yang ditentukan oleh variabel, yaitu PTPN.

```

32 // Tampilkan citra
33 Map.centerObject(ptpn, 10);
34 Map.addLayer(citra, visualization, 'RGB');
35
36

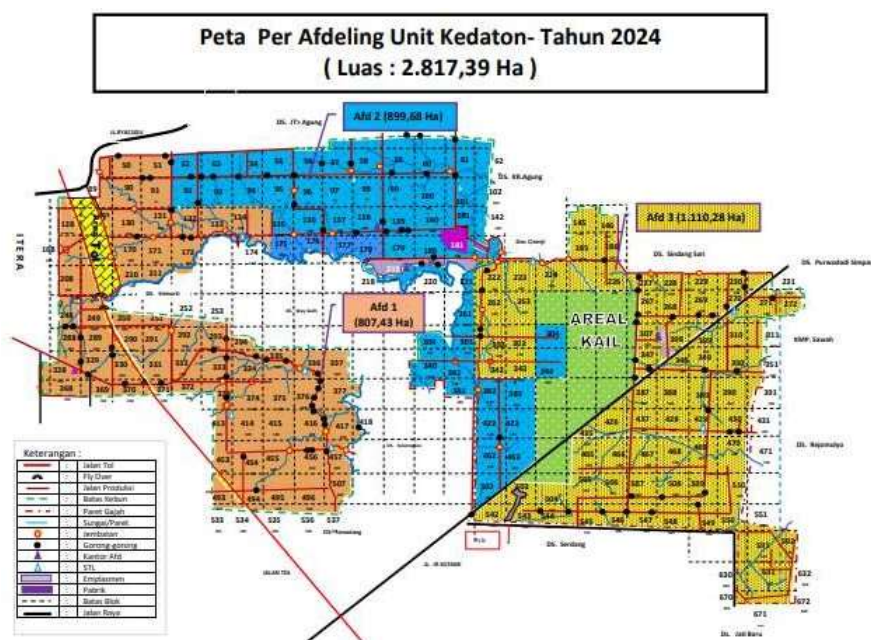
```

Gambar 8. Menampilkan Citra

Bagian *script* ini bertujuan untuk mengatur tampilan peta sehingga *Area Of Interest* (AOI) terlihat dengan jelas dan menambahkan *layer* citra yang telah diproses sehingga pengguna dapat melihat visualisasi warna alami dari citra reflektansi permukaan.

b. Data Batas Blok Lahan

Data batas blok lahan adalah informasi yang menggambarkan batas-batas geografis dari suatu lahan atau memisahkan antar blok dalam perkebunan karet.



Gambar 9. Peta Per Afdeling Kebun Kedaton

Gambar 9 adalah Peta Per Afdeling Unit Kedaton Tahun 2024 yang memetakan blok-blok perkebunan. Blok lahan yang diberi kode angka, yang mewakili area dalam Afdeling, masing-masing berwarna berbeda untuk memisahkan kategori lahan atau blok. Pada penelitian ini hanya berfokus di afdeling 2 dan 3 dengan total 135 blok.

c. Data Umur Tanaman

Data umur tanaman berisi informasi ini yang merujuk pada tahun tanam setiap blok lahan di perkebunan karet. Umur tanaman di setiap blok bervariasi tergantung kapan pohon-pohon karet di blok tersebut ditanam. Tanaman karet mulai produktif setelah usia 5-7 tahun dan produktivitas puncaknya tercapai di usia sekitar 10-25 tahun. Setelah itu, produktivitas menurun seiring bertambahnya umur.

Tabel 6. Tahun Tanam

Tahun Tanam	Jumlah Blok
1993	5
1996	5
1995	5
1997	4
1998	3
2005	10
2006	8
2007	2
2009	6
2011	27
2012	20
2013	4
Area Kail	36
Total	135

Sumber: (Pengolahan Data, 2024)

Tabel 6 menunjukkan distribusi blok tanaman karet di PTPN Kebun Kedaton berdasarkan tahun tanam di afdeling 2 dan 3. Blok-blok tanaman karet di wilayah kajian terbagi dalam 13 kelompok tahun tanam yang berbeda, mulai dari tahun 1993 hingga tahun 2013. Data umur tanaman digunakan sebagai variabel independen dalam estimasi produktivitas tanaman karet.

d. Data Hasil Produksi

Data hasil produksi tanaman karet adalah informasi yang mencatat jumlah hasil panen atau produksi karet dalam periode tertentu.

Tabel 7. Klasifikasi Tahun Tanam

Tahun Tanam	Jumlah Blok	Klasifikasi
1993	5	Non Produktif
1996	5	Non Produktif
1995	5	Produktif
1997	4	Non Produktif
1998	3	Produktif
2005	10	Produktif
2006	8	Produktif
2007	2	Produktif
2009	6	Produktif
2011	27	Produktif
2012	20	Produktif
2013	4	Produktif
Area Kail	36	Non Produktif
Total	135	

Sumber: (Pengolahan Data, 2024)

Pada afdeling 2 dan 3 lahan milik PTPN Kebun Kedaton memiliki 85 blok produktif dan 50 blok yang termasuk kategori non-produktif. Penelitian ini hanya terfokus pada blok-blok yang masih aktif menghasilkan lateks. Blok-blok non-produktif tidak menjadi bagian dari penelitian karena tanaman di area tersebut sudah tidak berproduksi atau berada di luar masa produktif. Pada afdeling 2 dan 3 lahan milik PTPN Kebun Kedaton memiliki 85 blok yang terdiri dari 9 tahun tanam.

Tabel 8. Produktivitas Tanaman

Tahun Tanam	Luas (Ha)	Produksi (Kg)	Produktivitas (Kg/Ha)
1995	41	808	19,7
1998	63	733	11,6
2005	178	3.377	18,97
2006	68	3.228	47,47
2007	64	2.758	43,1
2009	92,52	5.223	56,45
2011	411	12.627	30,7
2012	276	15.899	57,6
2013	43	1.948	45,3
Total	1.236,52	46.601	330,89

Sumber: (Pengolahan Data, 2024)

Data produktivitas tanaman karet merupakan variabel dependen yang digunakan sebagai indikator untuk menilai kinerja tanaman karet dalam menghasilkan getah (lateks) per satuan luas lahan (Kg/Ha). Dalam penelitian ini produktivitas tanaman digunakan sebagai parameter untuk mengetahui hubungan antara umur tanaman dan hasil produksi.

3.6 Tahap Pengolahan

Penelitian ini mencakup beberapa tahapan analisis. Langkah pertama adalah melakukan praklasifikasi citra yang diperoleh dari *platform* pemrosesan data geospasial *Google Earth Engine* (GEE). Beberapa proses pra-klasifikasi citra dapat yaitu sebagai berikut.

a. *Cropping* Citra

Pada fase ini dilakukan *cropping* atau pemotongan citra untuk memudahkan pengolahan data agar lebih efisien. Tahap *cropping* ini juga membantu dalam fokus pada daerah yang penting untuk penelitian dan menghindari analisis pada area yang tidak relevan.



Gambar 10. Citra yang Telah Dicropping

b. Transformasi Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi yang diterapkan dalam penelitian ini meliputi EVI dan ARVI. Kedua indeks ini dipilih karena dinilai lebih komprehensif dan akurat terhadap kondisi tanaman karet.

c. Penentuan Sampel

Metode yang digunakan untuk penentuan sampel adalah *disproportionate stratified random sampling*. Metode ini dipilih untuk menentukan sampel dari populasi yang dibagi menjadi beberapa strata dengan proporsi yang tidak seimbang atau tidak proporsional. Terdapat 46 titik sampel yang digunakan untuk mewakili umur tanaman yang berbeda dalam setiap blok di wilayah penelitian. Berikut merupakan perhitungan titik sampel menggunakan metode *disproportionate stratified random sampling*.

Tabel 9. Sampel Penelitian

Klasifikasi Umur	Tahun Tanam	Jumlah Blok	Jumlah Sampel/ Tahun Tanam
Renta (≥ 25 Tahun)	1993	5	4
	1998	3	
Dewasa (16-20 Tahun)	2005	10	11
	2006	8	
	2007	2	
	2009	6	
	2011	27	
Remaja (11-15 Tahun)	2012	20	31
	2013	4	
	Total	85	

Sumber: (PTPN Kebun Kedaton dan Pengolahan Data, 2023)

1. Mencari Jumlah Titik Sampel

$$n = \frac{N}{N \times d^2 + 1}$$

$$n = \frac{85}{85 \times 0,10^2 + 1}$$

$$n = 45,94 \text{ dibulatkan menjadi } n = 46$$

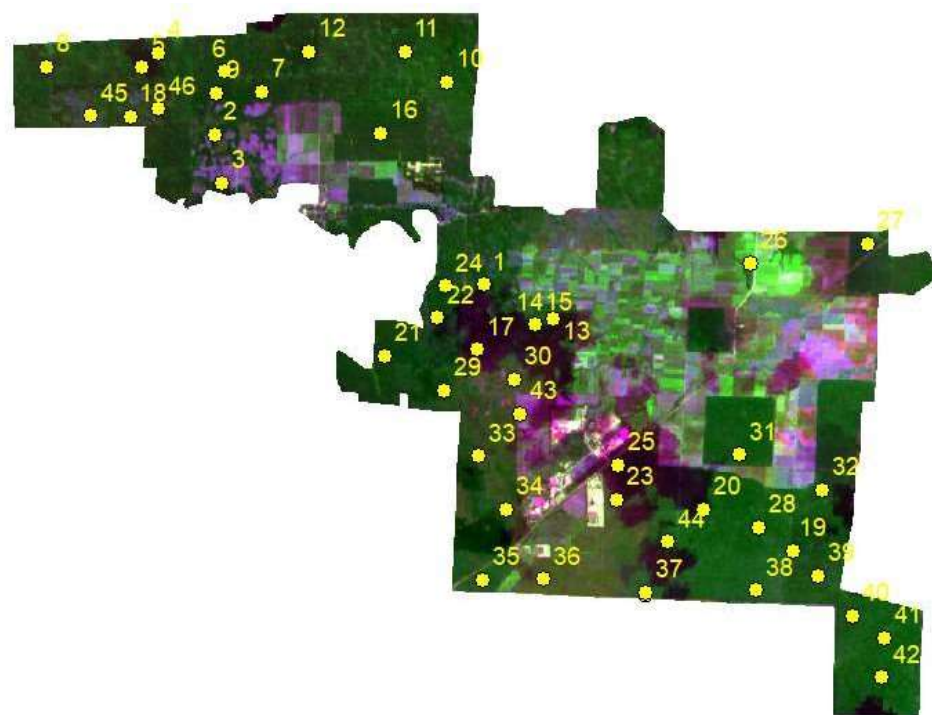
2. Mencari Jumlah Titik Sampel Per Klasifikasi Umur

$$n_{Renta} = \frac{8}{85} \times 46 = 4$$

$$n_{Dewasa} = \frac{11}{85} \times 46 = 11$$

$$n_{Remaja} = \frac{57}{85} \times 46 = 31$$

Pada klasifikasi dibutuhkan renta 4 sampel, dewasa 11 sampel, dan 31 sampel umur tanaman karet remaja. Untuk mengetahui umur tanaman karet dapat memanfaatkan data yang diperoleh dari PTPN Kebun Kedaton yang berfokus pada afdeling 2 dan 3 pada tahun 2023.



Gambar 11. Titik Sampel Penelitian

d. Nilai Indeks Vegetasi

Nilai indeks vegetasi diperoleh setelah pengolahan algoritma indeks vegetasi EVI dan ARVI. Nilai indeks vegetasi digunakan sebagai variabel independen dalam membangun pemodelan estimasi produktivitas tanaman karet.

Tabel 10. Nilai Indeks Vegetasi

Algoritma Indeks Vegetasi	Rentang Nilai	Standar Deviasi
EVI	0,016 – 0,974	0,129
ARVI	-0,046 – 0,83	0,118

Sumber: (Pengolahan Data, 2024)

e. Uji Multikolinearitas

Uji multikolinearitas digunakan untuk mengevaluasi apakah terdapat hubungan linear yang kuat antara variabel *independen* dalam model regresi. Pada penelitian ini uji multikolinearitas dilakukan pada indeks vegetasi EVI dan ARVI serta umur tanaman.

f. Model Estimasi Produktivitas

Untuk membangun pemodelan estimasi produktivitas tanaman karet menggunakan 2 faktor utama produksi yaitu indeks vegetasi dan umur tanaman. Persamaan estimasi produktivitas menggunakan regresi linier berganda dengan metode pendugaan *Ordinary Least Square* (OLS). Persamaan yang diperoleh digunakan untuk mengetahui nilai estimasi produktivitas karet dan menghasilkan koefisien korelasi (R) untuk menjelaskan keeratan hubungan antara produktivitas karet hasil lapangan dengan pengolahan data nilai EVI, ARVI, dan umur tanaman.

g. Uji RMSE

Uji RMSE dilakukan untuk menentukan transformasi indeks vegetasi yang paling efektif dalam estimasi produksi. Uji ini melibatkan perbandingan antara hasil produksi dari model dengan data produksi perkebunan saat ini, karena data produksi yang tersedia di lapangan dianggap memiliki tingkat akurasi yang tinggi. RMSE tidak memiliki nilai ambang batas universal karena tergantung pada konteks data, skala, dan tujuan analisis. Semakin kecil nilai RMSE maka semakin baik hasilnya.

3.7 Analisis

Pada tahap ini dilakukan analisis hasil transformasi indeks vegetasi dari data citra Sentinel-2A PTPN Kebun Kedaton tahun 2023, serta hasil studi korelasi dan regresi serta validasi dengan data produksi aktual. Berdasarkan analisis tersebut, informasi diperoleh mengenai hubungan antara indeks vegetasi dengan umur dan produktivitas tanaman, serta tingkat akurasi model yang digunakan dalam penelitian. Pada tahap analisis juga akan dilakukan perbandingan tingkat akurasi ketiga metode transformasi indeks vegetasi yang digunakan dengan data produksi. Dengan membandingkan hasil transformasi indeks vegetasi dengan data produksi yang terukur, maka dapat menentukan metode transformasi yang paling sesuai untuk digunakan dalam estimasi produksi tanaman karet PTPN Kebun Kedaton.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hubungan antara algoritma indeks vegetasi EVI dan ARVI dengan produktivitas tanaman karet menunjukkan tingkat korelasi yang bervariasi. Pada algoritma indeks vegetasi EVI menghasilkan nilai $R^2 = 0,1718$ dan $R = 0,4144$ dengan tren positif yang berada di tingkat korelasi sedang. Sedangkan algoritma indeks vegetasi ARVI menunjukkan nilai $R^2 = 0,5573$ dan $R = 0,7465$ yang termasuk kategori korelasi kuat dengan hubungan tren negatif.
2. Hubungan antara algoritma indeks vegetasi EVI dan ARVI dengan umur tanaman karet memiliki tingkat koefisien korelasi yang kuat. Pada algoritma indeks vegetasi EVI memiliki nilai $R^2 = 0,9032$ dan $R = 0,9503$. Berdasarkan tingkat korelasi, nilai tersebut memiliki tingkat hubungan yang sangat kuat dan berlawanan arah (negatif). Sedangkan pada algoritma indeks vegetasi ARVI memiliki nilai R^2 sebesar $0,8929$ dan $R = 0,9449$ dengan tren grafik yang menurun. Kedua algoritma indeks vegetasi memiliki hubungan korelasi yang kuat dengan umur tanaman dan berlawanan arah (negatif) yang menandakan bahwa indeks vegetasi cenderung menurun seiring bertambahnya umur tanaman.

3. Pemodelan estimasi produktivitas tanaman menggunakan algoritma indeks vegetasi EVI yaitu $Y = 21.485 - 1.703(X1) + 76.901(X2)$ menghasilkan estimasi produktivitas tanaman karet sebesar 1.758,7 Kg/Ha/Bulan, selisih dengan produktivitas lapangan sebesar 7,6 Kg/Ha/Bulan. Sementara itu, estimasi produktivitas tanaman menggunakan algoritma indeks vegetasi ARVI menghasilkan pemodelan $Y = 172.132 - 2.132(X1) - 143.663(X2)$ dengan estimasi produktivitas tanaman karet sebesar 1.762,1 Kg/Ha/Bulan, dengan selisih dengan produktivitas lapangan sebesar 4,2 Kg/Ha/Bulan.
4. Uji RMSE yang dilakukan pada hasil estimasi produktivitas tanaman dan data lapangan produktivitas tanaman karet di PTPN Kebun Kedaton menunjukkan hasil yang bervariasi. Pada algoritma EVI memiliki RMSE sebesar 1,121. Algoritma ARVI memiliki RMSE terkecil, yaitu 0,619. Sehingga metode yang memiliki tingkat akurasi paling tinggi dalam mengestimasi produktivitas tanaman karet yaitu ARVI dengan nilai RMSE terkecil.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Disarankan untuk menggunakan algoritma indeks vegetasi yang memiliki sensitivitas rendah terhadap efek atmosfer agar mendapat hasil yang lebih akurat.
2. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan perbandingan citra dengan resolusi temporal dan spasial yang berbeda agar memperoleh hasil yang lebih akurat dan detail dalam estimasi produktivitas tanaman karet.
3. Penelitian selanjutnya diharapkan menambahkan variabel, seperti curah hujan, jenis tanah, maupun variabel lain yang mempengaruhi tingkat produktivitas tanaman karet.
4. Disarankan untuk melakukan pemantauan rutin terhadap tanaman yang telah memasuki usia tua. Peremajaan tanaman di blok-blok yang produktivitasnya menurun perlu diprioritaskan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyanto, M., Wijaya, A., Junaidi, dan Rachmawan, A. 2020. Produksi Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis*) Pada Waktu Pengumpulan Lateks yang Berbeda. *Jurnal Agro Estate*, 3(1), 27–34.
- Azizah, I. N., Arum, P. R., dan Wasono, R. 2021. Model Terbaik Uji Multikolinearitas untuk Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Padi di Kabupaten Blora Tahun 2020. *Prosiding Seminar Nasional UNIMUS*, 4, 61–69.
- Aziz, M. H., Murti, S. H., dan Santosa, B. 2019. *Pemanfaatan Citra Sentinel-2A untuk Estimasi Produksi Tanaman Kopi di Sebagian Wilayah Kabupaten Temanggung*. Universitas Gadjah Mada.
- Direktorat Statistik Tanaman Pangan. 2023. *Statistik Karet Indonesia 2022* (Direktorat Statistik Tanaman Pangan, Ed.; Vol. 16). Badan Pusat Statistik.
- Eko Yuniarto, A., dan Prasetyo, Y. 2015. Analisis Tingkat Produktivitas Padi Berdasarkan Metode NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan LSWI (*Land Surface Water Index*) Menggunakan Citra Landsat Tahun 2007 Dan 2009 (Studi Kasus : Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip Agustus* (Vol. 4).
- Fatmawati, Sunartaty, R., dan Meutia, F. 2023. *Validation Of Water Content Testing Method With Analysis Of Accuracy And Precision Comparison*. *Serambi Journal of Agricultural Technology*, 5(1), 59–63. <http://ojs.serambimekkah.ac.id/index.php/sjat>
- Haryati, T. H., Mahyudin, I., Fithria, A., dan Haris, A. 2014. Pendugaan Potensi Kebun Karet Rakyat Sebagai Cadangan Karbon di Kecamatan Cempaka Kota Banjarbaru Provinsi Kalimantan Selatan. *EnviroScienteeae*, 10, 150–156.
- Kumalasari, I. 2019, Oktober 17. *Produktivitas : Cara Menghitung Produktivitas*. Drs. J. Tanzil & Associates.

- Lubis, M. Z., Gustin, O., Anurogo, W., Kausarian, H., Anggraini, K., dan Hanafi, A. 2017. Penerapan Teknologi Penginderaan Jauh di Bidang Pesisir dan Lautan. *OSEANA*, 42(3), 56–64. <https://doi.org/10.14203/oseana.2017.vol.42no.3.85>
- Manafe, G., Kaho, M. R., dan Risamasu, F. 2016. Estimasi Biomassa Permukaan Dan Stok Karbon Pada Tegakan Pohon *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* di Perairan Pesisir Oebelo Kabupaten Kupang. *Jurnal Bumi Lestari* (Vol. 16, Nomor 2).
- Muhsoni, F. F. 2015. *Penginderaan Jauh (Remote Sensing)* (1 ed.). UTM PRESS.
- Nedhisa, P. I., dan Tjahjaningrum, I. T. 2019. Estimasi Biomassa, Stok Karbon dan Sekuestrasi Karbon Mangrove pada *Rhizophora mucronata* di Wonorejo Surabaya dengan Persamaan Allometrik. 8(2), 2337–3520.
- Perdana, R. P. 2020. Kinerja Ekonomi Karet dan Strategi Pengembangan Hilirisasinya di Indonesia. *Forum penelitian Agro Ekonomi*, 37(1), 25–39. <https://doi.org/10.21082/fae.v37n1.2019.25-39>
- Pertanian Direktorat Jenderal Perkebunan. 2014. *Pedoman Budidaya Karet (Hevea brasiliensis) Yang Baik*. Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Putri, E. S., Widiyari, A., Karim, R. A., Somantri, L., dan Riki, R. 2021. Pemanfaatan Citra Sentinel-2 Untuk Analisis Kerapatan Vegetasi Di Wilayah Gunung Manglayang. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 9(2), 133–143.
- Qurnia Sari, A., Sukestiyarno, Y., dan Agoestanto, A. 2017. Batasan Prasyarat Uji Normalitas dan Uji Homogenitas pada Model Regresi Linear. *Unnes Journal of Mathematics*, 6(2), 168–177. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujm>
- Rachmawati, R. R. 2021. *Smart Farming 4.0 Untuk Mewujudkan Pertanian Indonesia Maju, Mandiri, dan Modern*. *Forum penelitian Agro Ekonomi*, 38(2), 137. <https://doi.org/10.21082/fae.v38n2.2020.137-154>
- Rahmadi, M. T., Yuniastuti, E., Hakim, M. A., dan Suciani, A. 2021. Pemetaan Distribusi Mangrove Menggunakan Citra Sentinel-2A: Studi Kasus Kota Langsa. *Jambura Geoscience Review*, 4(1), 1–10. <https://doi.org/10.34312/jgeosrev.v4i1.11380>
- Rachmawati, Nugroho, Y., dan Prihatiningtyas, E. 2019. Identifikasi Kesehatan Tanaman Jati (*Tectona grandis* Linn. f) di Kabupaten Banjar Kalimantan Selatan. *Jurnal Sylva Scientiae*, 5(02), 949–956.
- Rofiqoh, S., Kurniadi, D., dan Riansyah, A. 2019. Sistem Pakar Menggunakan Metode *Forward Chaining* Untuk Diagnosa Penyakit Tanaman Karet. *Konferensi Ilmiah Mahasiswa UNISSULA (KIMU) 2*, 390–395.

- Sari, V. D., dan Sukojo, B. M. 2015. Analisa Estimasi Produksi Padi Berdasarkan Fase Tumbuh dan Model Peramalan *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 (Studi Kasus: Kabupaten Bojonegoro). *Geoid Journal of Geodesy and Geomatics*, 10(2), 194–202.
- Sholikah, D. H., Sigit Wicaksono, K., dan Soemarno. 2023. Pendugaan Produksi Kopi Berbasis Parameter Tanaman dan Penginderaan Jauh di Kebun Kopi Rakyat Kecamatan Wajak, Kabupaten Malang. *AGROMIX*, 14(1), 114–124. <https://doi.org/10.35891/agx.v14i1.3584>
- Sinaro, S. D. 2021, November 21. *KARET : Potret Sukses Operational Excellence Pabrik Karet PTPN 7 Unit Kedaton*. AGRINA.
- Somantri, L. S. 2019. *Teknologi Penginderaan Jauh (Remote Sensing)*.
- Sugiyono. 2010. *Metode penelitian kuantitatif dan kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Sugiyono. 2011. *Metodologi penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Sugiyono. 2016. *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, R&D*. Alfabeta.
- Sulma, S., Tejo Nugroho, J., dan Vetrira, Y. 2022. Variabilitas Tingkat Kehijauan Vegetasi Berdasarkan *Enhanced Vegetation Index* Selama Kekeringan Ekstrem Tahun 2015 Di Pulau Jawa. *Majalah Ilmiah Globè*, 24(2), 61–72.
- Syarifa, L. F., Agustina, D. S., Alamsyah, A., Nugraha, I. S., dan Asywadi, H. 2023. Outlook Komoditas Karet Alam Indonesia 2023. *Jurnal Penelitian Karet*, 41(1), 47–58. <https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v41i1.841>
- Togi, S. C., dan Sahuri. 2014. Potensi Peningkatan Penyerapan Karbon Di Perkebunan Karet Sembawa, Sumatra Selatan. *Widyariset*, 17(3), 363–372.
- Velisa Taufik, V., Sukmono, A., dan Firdaus, H. S. 2021. Estimasi Produktivitas Kelapa Sawit Menggunakan Metode NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan ARVI (*Atmospherically Resistant Vegetation Index*) Dengan Citra Sentinel-2A (Studi Kasus : Beberapa Wilayah Di Provinsi Riau). *Jurnal Geodesi Undip Januari*, 10(1), 153–162.
- Wibawanti, R. A. Y. A. A. 2022. Anjuran Pemupukan Tanaman Karet Dalam Upaya Peningkatan Produksi dan Mutu Untuk Mendorong Keberhasilan Hilirisasi Karet di Indonesia. *Direktorat Jenderal Perkebunan*.