

Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh Terhadap Estimasi Produktivitas Tanaman Karet di PT Perkebunan Nusantara I Regional 7 Kebun Kedaton

Nina Syafitri¹⁾, Fajriyanto²⁾, Rahma Anisa³⁾

^{1), 2), 3)}Program Studi SI Teknik Geodesi, Universitas Lampung

Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No.1, Gedong Meneng, Bandar Lampung, Lampung

Email : [^{1\)}ninasyafitri668@gmail.com](mailto:ninasyafitri668@gmail.com), [^{2\)}fajriyanto@eng.unila.ac.id](mailto:fajriyanto@eng.unila.ac.id), [^{3\)}rahma.anisa@eng.unila.ac.id](mailto:rahma.anisa@eng.unila.ac.id)

ABSTRACT

Indonesia is the world's second largest rubber producer with a plantation area of 3.6 million hectares, contributing around 25% to global rubber demand. One of the important plantations in Indonesia is PT Perkebunan Nusantara VII Kebun Kedaton, with a production capacity of 10 tons per day. However, its productivity declined in 2021 due to reduced latex yields influenced by tree age and land conditions. Currently, productivity calculations are still done manually. Remote sensing monitoring technology is one method that can be used to monitor rubber productivity. This study aims to determine the relationship between the vegetation index algorithm and the age and productivity of rubber trees, as well as to compare the results of processing the EVI, ARVI, and IPVI algorithms in estimating productivity at PT Perkebunan Nusantara I Regional 7 Kebun Kedaton. The data used include Sentinel-2A imagery obtained in October 2023, land block boundaries, tree age data, and 2023 production data. The analysis was carried out using simple and multiple linear regression. The results showed that the productivity estimates using the EVI algorithm were 1,758.7 kg/ha/month, ARVI 1,762.1 kg/ha/month, and IPVI 1,782.2 kg/ha/month, while the productivity measured in the field was 1,766.3 kg/ha/month. The RMSE values for the rubber tree productivity estimation model were 1.121 for EVI, 0.619 for ARVI, and 2.334 for IPVI.

Keywords : Productivity Estimation, Rubber Plants, Vegetation Index

ABSTRAK

Indonesia adalah produsen karet terbesar kedua di dunia dengan luas perkebunan mencapai 3,6 juta hektar, berkontribusi sekitar 25% terhadap permintaan karet global. Salah satu perkebunan penting di Indonesia adalah PT Perkebunan Nusantara VII Kebun Kedaton, dengan kapasitas produksi 10 ton per hari. Namun, produktivitasnya menurun pada tahun 2021 karena berkurangnya hasil lateks yang dipengaruhi oleh usia pohon dan kondisi lahan. Saat ini, perhitungan produktivitas masih dilakukan secara manual. Teknologi pemantauan melalui penginderaan jauh adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk memantau produktivitas karet. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara algoritma indeks vegetasi dengan usia dan produktivitas pohon karet, serta membandingkan hasil pemrosesan algoritma EVI, ARVI, dan IPVI dalam estimasi produktivitas di PT Perkebunan Nusantara I Regional 7 Kebun Kedaton. Data yang digunakan mencakup citra Sentinel-2A yang diperoleh pada Oktober 2023, batas blok lahan, data usia pohon, dan data produksi tahun 2023. Analisis dilakukan menggunakan regresi linear sederhana dan berganda. Hasil penelitian menunjukkan estimasi produktivitas menggunakan algoritma EVI sebesar 1.758,7 Kg/Ha/Bulan, ARVI 1.762,1 Kg/Ha/Bulan, dan IPVI 1.782,2 Kg/Ha/Bulan, sementara produktivitas yang terukur di lapangan adalah 1.766,3 Kg/Ha/Bulan. Nilai RMSE untuk model estimasi produktivitas pohon karet adalah 1,121 untuk EVI, 0,619 untuk ARVI, dan 2,334 untuk IPVI.

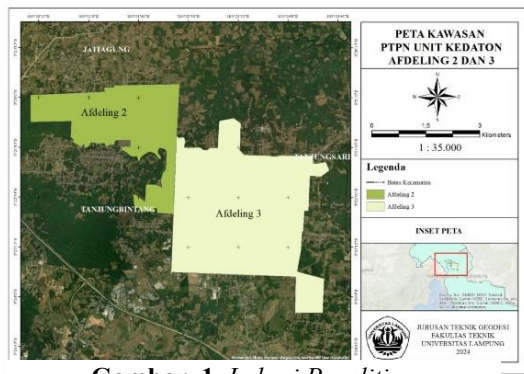
Kata Kunci : Estimasi Produktivitas, Tanaman Karet, Indeks Vegetasi

1. Pendahuluan

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 (Rofiqoh dkk., 2019). Tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) merupakan salah satu komoditas perkebunan penting yang memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian nasional, menjadi sumber pendapatan, mata pencaharian, serta berperan dalam pelestarian

lingkungan (Togi & Sahuri, 2014). Berdasarkan data Direktorat Statistik Tanaman Pangan tahun 2023, sebagian besar perkebunan karet di Indonesia dimiliki dan dikelola oleh rakyat (84,85%), diikuti oleh perkebunan swasta (8,48%) dan negara (6,67%).

Salah satu perkebunan karet di Indonesia adalah PT Perkebunan Nusantara VII Kebun Kedaton di Provinsi Lampung, dengan luas 5.126,32 hektar dan kapasitas produksi mencapai 10 ton per hari (Sinaro, 2021).



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Berdasarkan laporan hasil produksi, pada semester I tahun 2021 mencapai produksi rata-rata 12,63 ton per hari, namun menurun menjadi 7 ton per hari pada semester II tahun 2021. Penurunan ini disebabkan oleh berkurangnya getah karet akibat faktor usia tanaman dan kondisi lahan (Perdana, 2020). Saat ini, perhitungan produksi tanaman karet masih dilakukan secara manual, membutuhkan waktu dan tenaga yang cukup besar. Namun mengingat melimpahnya jumlah produksi, diperlukan teknologi yang dapat melakukan monitoring terkait estimasi produktivitas tanaman karet yang lebih cepat dan akurat.

Penggunaan teknologi penginderaan jauh menjadi salah satu solusi yang efektif dan efisien untuk mengestimasi produktivitas karet (Andriyanto dkk., 2020). Teknologi ini dapat memberikan data akurat mengenai sumber daya alam dengan jangkauan luas, serta memungkinkan pemantauan produktivitas tanaman secara cepat (Christy Novianti dkk., 2024). Citra satelit Sentinel-2A, yang memiliki resolusi spasial tinggi dan spektrum multispektral, digunakan untuk mendukung estimasi produktivitas tanaman karet. Beberapa metode indeks vegetasi, seperti EVI (*Enhanced Vegetation Index*), ARVI (*Atmospherically Resistant Vegetation Index*), dan IPVI (*Infrared Percentage Vegetation Index*), diterapkan dengan menggunakan model regresi linier berganda berdasarkan teori *Ordinary Least Square* (OLS).

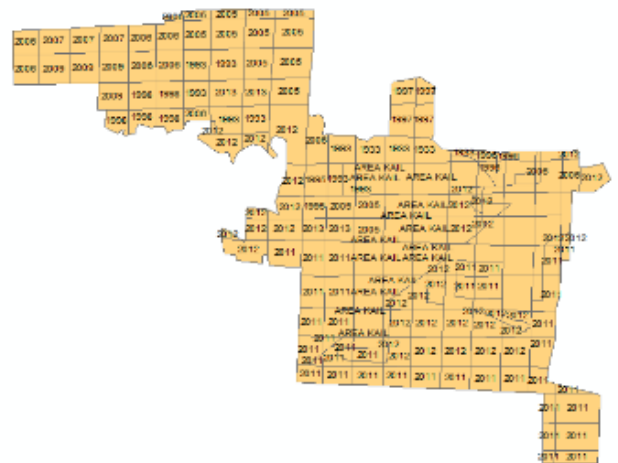
Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi hubungan antara indeks vegetasi dengan usia dan produktivitas tanaman, serta mengevaluasi tingkat akurasi algoritma EVI, ARVI, dan IPVI dalam estimasi produktivitas karet di PT Perkebunan Nusantara VII Kebun Kedaton pada Oktober 2023 di afdeling 2 dan 3. Algoritma EVI (*Enhanced Vegetation Index*) digunakan untuk memantau kondisi vegetasi dengan lebih sensitif terhadap perubahan vegetasi, terutama di area dengan tutupan vegetasi padat. ARVI (*Atmospheric Resistance Vegetation Index*) lebih efektif dalam mengurangi pengaruh distorsi atmosfer pada citra satelit, memberikan estimasi vegetasi yang lebih tepat dalam kondisi cuaca yang tidak stabil. Sementara itu, IPVI (*Infrared Percentage Vegetation Index*) mengukur persentase tutupan vegetasi berdasarkan rasio reflektansi inframerah dekat dengan total reflektansi, memberikan gambaran yang lebih akurat tentang kesehatan dan kepadatan vegetasi di lahan perkebunan. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi alat bantu dalam pemantauan dan

pengelolaan perkebunan karet, serta memberikan solusi untuk meningkatkan produktivitas melalui penerapan teknologi penginderaan jauh.

2. Pembahasan

Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan Citra Sentinel-2A perekaman Oktober 2023 yang diperoleh dari *Google Earth Engine*. Data batas administrasi blok lahan, data umur tanaman, dan data produksi tahun 2023 diperoleh dari PT Perkebunan Nusantara I Regional 7 Kebun Kedaton.



Gambar 2. Blok Tanaman Kebun Kedaton

Data batas blok lahan adalah informasi yang menggambarkan batas-batas geografis dari suatu lahan atau memisahkan antar blok dalam perkebunan karet. Terdapat 105 blok pada afdeling 2 dan 3, namun pada penelitian ini hanya digunakan 85 blok. Hal ini dikarenakan 20 blok lainnya sudah tidak produktif (tidak menghasilkan getah).

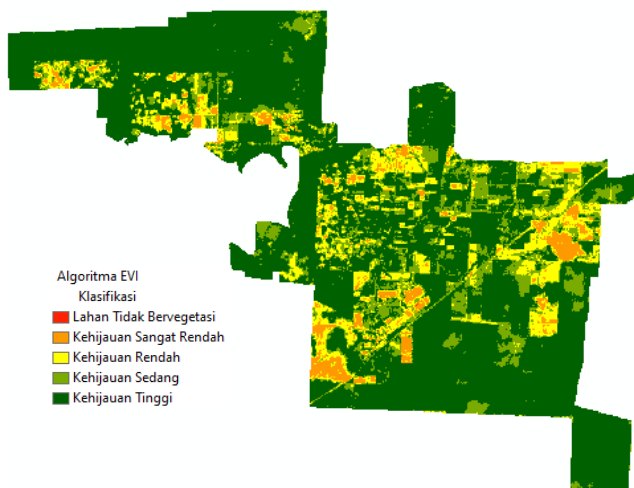
Tabel 1. Produktivitas Tanaman

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

Pada afdeling 2 dan 3 lahan milik PTPN Kebun Kedaton memiliki 85 blok yang terdiri dari 9 tahun tanam. Blok-blok tanaman karet di wilayah kajian terbagi dalam 13 kelompok tahun tanam yang berbeda, mulai dari tahun 1995 hingga tahun 2013. Data umur tanaman digunakan sebagai variabel independen, sedangkan data produktivitas sebagai variabel dependen dalam estimasi produktivitas tanaman karet.

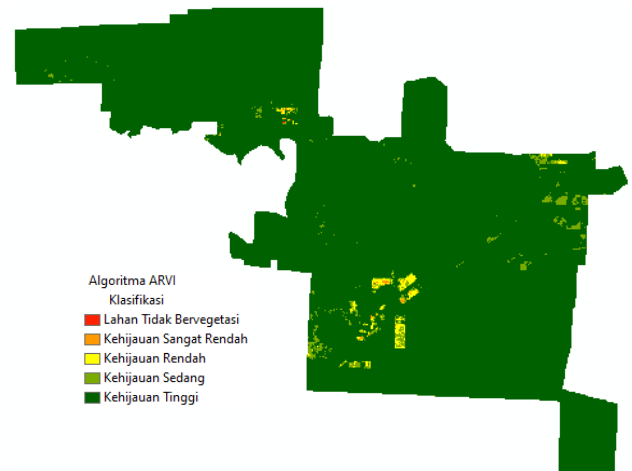
Metode yang digunakan untuk menentukan sampel penelitian yaitu metode *disproportionate stratified random sampling*. Metode ini dipilih untuk menentukan sampel dari populasi yang dibagi menjadi beberapa strata dengan proporsi yang tidak seimbang atau tidak proporsional (Qurnia Sari dkk., 2017). Terdapat 46 titik sampel yang digunakan untuk mewakili umur tanaman yang berbeda dalam setiap blok di wilayah penelitian. Pada klasifikasi umur renta dibutuhkan 4 sampel, dewasa 11 sampel, dan 31 sampel umur tanaman karet remaja.

Pengolahan Algoritma Indeks Vegetasi



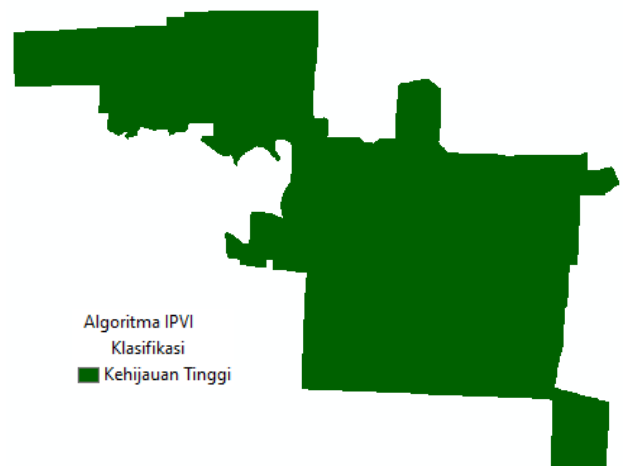
Gambar 3. Hasil Algoritma EVI

Nilai indeks vegetasi yang diperoleh dari pengolahan citra Sentinel-2A menggunakan algoritma EVI di PTPN Kebun Kedaton bulan Oktober tahun 2023 memiliki rentang nilai -0,016 hingga 0,974 dengan rata-rata 0,405 dan standar deviasi 0,129. Nilai indeks vegetasi mencerminkan tingkat kerapatan vegetasi; semakin tinggi nilai indeks vegetasi, semakin padat vegetasi di area tersebut. Sebaliknya, semakin rendah nilai indeks vegetasi, semakin jarang atau sedikit vegetasi yang terdapat di lokasi tersebut (Ariyantoni dkk., 2024).



Gambar 4. Hasil Algoritma ARVI

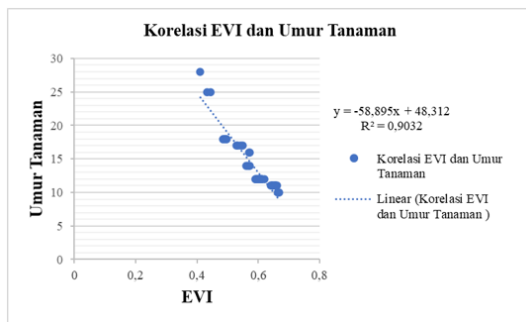
Nilai indeks vegetasi yang diperoleh dari pengolahan citra Sentinel-2A menggunakan algoritma ARVI di PTPN Kebun Kedaton bulan Oktober tahun 2023 memiliki rentang nilai yang lebih tinggi dari algoritma EVI. Rentang nilai algoritma ARVI yaitu -0,046 hingga 0,83 dengan rata-rata 0,626 dan standar deviasi 0,118. Pengolahan citra Sentinel-2A menggunakan algoritma indeks vegetasi ARVI menghasilkan rentang nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan algoritma EVI, menunjukkan bahwa ARVI mampu menangkap variasi vegetasi dengan lebih sensitif terhadap pengaruh aerosol di atmosfer.



Gambar 5. Hasil Algoritma IPVI

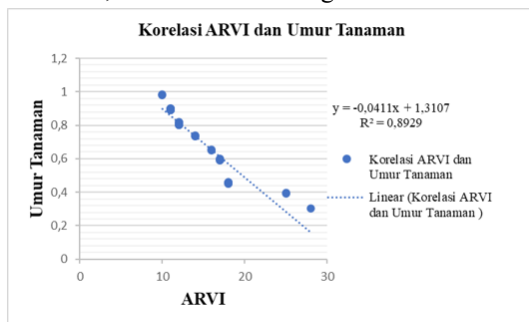
Nilai indeks vegetasi yang diperoleh dari pengolahan citra Sentinel-2A menggunakan algoritma IPVI di PTPN Kebun Kedaton bulan Oktober tahun 2023 memiliki rentang nilai yang lebih tinggi dari algoritma EVI dan ARVI. Rentang nilai algoritma ARVI yaitu 0,493 hingga 0,928 dengan rata-rata 0,801 dan standar deviasi 0,082. Tingginya nilai IPVI menunjukkan bahwa lahan di PTPN Kebun Kedaton memiliki tutupan vegetasi yang sangat baik dan homogen, dengan sedikit variasi antar area.

Hubungan Indeks Vegetasi dan Umur Tanaman Karet



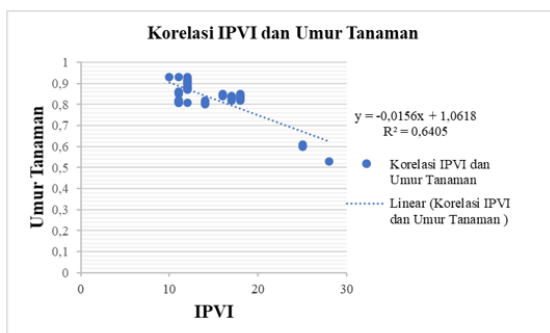
Gambar 6. Korelasi Umur Tanaman dan EVI

Grafik korelasi antara umur tanaman dan EVI dapat dilihat pada gambar 16 yang memiliki nilai R² 0,9032 dan R 0,9503. Berdasarkan tingkat korelasi, nilai tersebut memiliki tingkat hubungan yang sangat kuat dan berlawanan arah (negatif). Artinya, semakin bertambah usia tanaman, nilai EVI cenderung menurun.



Gambar 7. Korelasi Umur Tanaman dan ARVI

Grafik tingkat korelasi antara umur tanaman dan algoritma ARVI dapat dilihat pada gambar 17 memiliki nilai R² sebesar 0,8929 dan R 0,9449 dengan tren grafik yang menurun. Nilai ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara umur tanaman dan nilai ARVI. Korelasi yang kuat ini menggambarkan bahwa seiring bertambahnya umur tanaman, nilai ARVI cenderung menurun.



Gambar 8. Korelasi Umur Tanaman dan IPVI

Pada grafik tingkat korelasi antara umur tanaman dan algoritma ARVI yang ditunjukkan oleh gambar 18 memiliki nilai R² 0,6405 dan R 0,800 dengan tren grafik yang menurun. Tren penurunan ini mencerminkan

penurunan kerapatan vegetasi seiring bertambahnya umur tanaman karet.

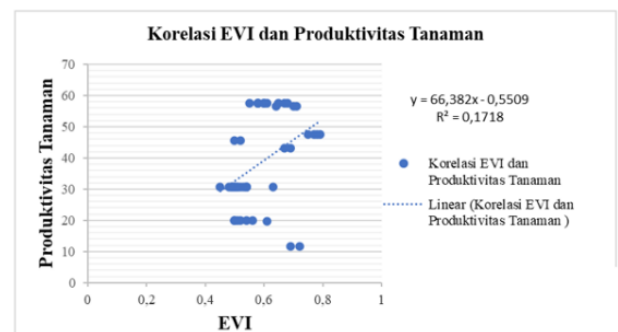
Model	Unstandardized Coefficients			Standardized Coefficients		t		Sig.		Collinearity Statistics	
	B	Std. Error		Beta						Tolerance	VIF
1	(Constant)	50.930	2.622			19.427		.000			
	evi	-6.474E-5	.000	-1.045		-9.795		.000		.188	5.307
	arvi	2.106E-6	.000	.123		1.187		.242		.201	4.983
	ipvi	-.009	.009	-.051		-1.019		.314		.867	1.153

a. Dependent Variable: u

Gambar 9. Uji Multikolinearitas

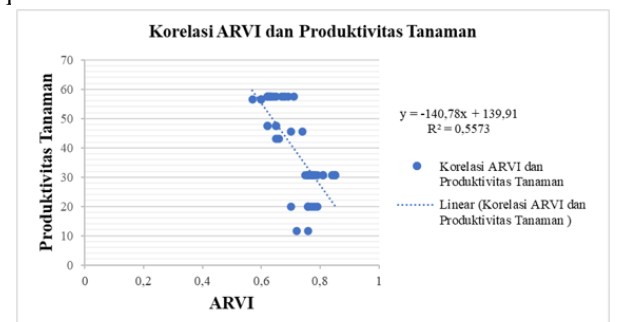
Hasil uji multikolinearitas dari ketiga algoritma juga telah memenuhi kriteria yaitu nilai tolerance > 0,100 dan VIF < 10,00 (Azizah dkk., 2021). Nilai tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat multikolinearitas di antara variabel-variabel independen. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa variabel umur tanaman dan indeks vegetasi (EVI, ARVI, dan IPVI) dapat digunakan dalam model regresi tanpa risiko multikolinearitas yang signifikan.

Hubungan Indeks Vegetasi dan Produktivitas Tanaman



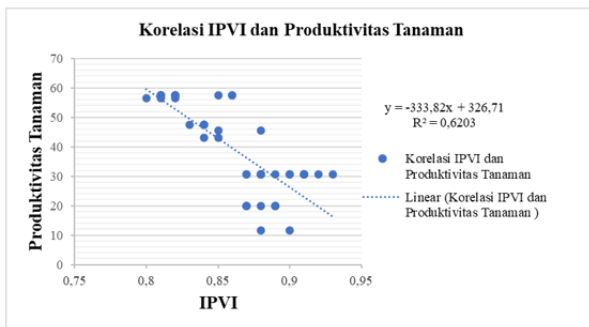
Gambar 10. Korelasi EVI dan Produktivitas Tanaman

Model regresi yang dihasilkan adalah $y = 0,0026x + 0,4873$ dengan nilai R² = 0,1718 dan R = 0,4144 berada di tingkat korelasi sedang. Pada indeks EVI, hubungan antara EVI dan produktivitas tanaman karet memiliki tren positif. Semakin tinggi nilai EVI, semakin tinggi pula produktivitas tanaman karet.



Gambar 11. Korelasi ARVI dan Produktivitas Tanaman

Grafik korelasi antara ARVI dan produktivitas menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai ARVI maka semakin rendah produktivitas tanaman karet, seperti yang ditunjukkan oleh persamaan regresi $y = -140,78x + 139,91$ dengan nilai R² = 0,5573 yang termasuk dalam kategori korelasi kuat.



Gambar 12. Korelasi IPVI dan Produktivitas Tanaman

Hal serupa juga ditemukan pada indeks IPVI, di mana tren penurunan produktivitas tanaman terlihat seiring dengan peningkatan nilai IPVI. Persamaan regresi yang dihasilkan dari hubungan IPVI dengan produktivitas adalah $y = -0,0019x + 0,935$ dengan nilai $R^2 = 0,6203$ dan $R = 0,7875$ yang menunjukkan tingkat korelasi kuat.

Estimasi Produktivitas Tanaman Karet

Tabel 2. Persamaan Estimasi Produktivitas Tanaman Karet

Algoritma Indeks Vegetasi	Persamaan	R^2	R
EVI	$Y = 13.392 - 2.963(X1) + 113.971(X2)$	0,758	0,871
ARVI	$Y = 172.132 - 2.132(X1) - 143.663(X2)$	0,902	0,950
IPVI	$Y = 354.770 - 1.690(X1) - 350.344(X2)$	0,562	0,750

Pemodelan estimasi produktivitas tanaman karet di PTPN Kebun Kedaton dihasilkan dari regresi linear berganda dengan metode pendugaan *Ordinary Least Square* (OLS). Dari total 85 blok pada afdeling 2 dan 3, digunakan 46 titik sampel yang mewakili tingkatan umur per blok di wilayah kajian. Terdapat dua variabel bebas yang merupakan 2 dari 3 faktor utama yang memengaruhi perhitungan hasil produksi, yaitu umur tanaman ($X1$) dan lingkungan yang berupa nilai indeks vegetasi ($X2$). Umur tanaman merupakan faktor biologis yang berpengaruh langsung terhadap produktivitas karet, di mana tanaman muda menghasilkan produksi yang lebih rendah, sementara tanaman yang berada dalam rentang umur produktif cenderung menghasilkan lebih banyak getah karet. Indeks vegetasi, seperti EVI, ARVI, atau IPVI, mencerminkan kondisi lingkungan dan kesehatan vegetasi, yang dapat menggambarkan faktor-faktor seperti ketersediaan air, nutrisi, dan kondisi tanah yang mendukung pertumbuhan tanaman (Syarifa dkk., 2023). Sementara itu, variabel terikat yang digunakan dalam estimasi produktivitas tanaman karet yaitu data produktivitas tanaman.

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan algoritma EVI diperoleh estimasi produktivitas tanaman karet sebesar 1.758,7 Kg/Ha/Bulan. Jumlah produktivitas tanaman karet tersebut lebih rendah dibandingkan dengan hasil produktivitas lapangan yaitu 1.766,3 Kg/Ha/Bulan. Terdapat penyimpangan data jumlah estimasi produktivitas tanaman karet sebesar 7,6 Kg/Ha/Bulan. Koefisien regresi negatif pada variabel umur tanaman (-1.703) menunjukkan bahwa seiring bertambahnya umur tanaman, produktivitas cenderung menurun setelah mencapai puncak produktivitasnya, yang sesuai dengan siklus alami tanaman karet. Faktor usia tanaman memiliki pengaruh signifikan terhadap produktivitas karet, di mana tanaman yang lebih tua memiliki kemampuan produksi yang lebih rendah dibandingkan tanaman yang berada pada usia produktif. Hasil ini sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa produktivitas tanaman karet akan menurun secara bertahap setelah melewati usia produktif optimalnya.

Hasil pengolahan data menggunakan algoritma ARVI diperoleh estimasi produktivitas tanaman karet sebesar 1.762,1 Kg/Ha/Bulan. Jumlah produktivitas tanaman karet tersebut lebih rendah dibandingkan dengan hasil produktivitas lapangan yaitu 1.766,3 Kg/Ha/Bulan. Terdapat penyimpangan data jumlah estimasi produktivitas tanaman karet sebesar 4,2 Kg/Ha/Bulan yang menunjukkan adanya selisih kecil antara hasil prediksi model dengan data lapangan. Selisih yang kecil ini mengindikasikan bahwa algoritma ARVI memiliki tingkat akurasi yang baik dalam mengestimasi produktivitas tanaman karet. Koefisien regresi yang diperoleh pada variabel indeks vegetasi dan umur tanaman menunjukkan bahwa algoritma ini mampu merepresentasikan hubungan linier antara faktor-faktor tersebut dengan produktivitas karet secara lebih stabil. Dengan demikian, ARVI dapat dijadikan salah satu metode andalan dalam pemantauan produktivitas tanaman, terutama untuk perkebunan dengan karakteristik serupa. Evaluasi lebih lanjut diperlukan untuk memastikan konsistensi model ini di berbagai kondisi lingkungan dan usia tanaman.

Berdasarkan hasil pengolahan data dari 46 sampel menggunakan algoritma IPVI, diperoleh estimasi produktivitas tanaman karet sebesar 1.782,2 Kg/Ha/Bulan, dengan simpangan 15,9 Kg/Ha/Bulan, yang lebih besar dibandingkan dengan data produktivitas lapangan. Simpangan ini menunjukkan adanya perbedaan yang lebih signifikan antara hasil estimasi model menggunakan algoritma IPVI dengan data aktual yang diperoleh dari PTPN Kebun Kedaton. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh sensitivitas algoritma IPVI terhadap kondisi lingkungan, seperti tingkat kelembapan tanah, tutupan kanopi, atau faktor atmosfer yang memengaruhi nilai indeks vegetasi. Koefisien regresi pada variabel indeks vegetasi dalam model IPVI menunjukkan pengaruh yang kurang stabil dibandingkan algoritma lainnya, sehingga hasil estimasi cenderung memiliki tingkat akurasi yang lebih rendah. Untuk meningkatkan akurasi model, diperlukan penyesuaian parameter algoritma IPVI atau integrasi dengan data pendukung

lainnya, seperti analisis spektral yang lebih mendalam atau penggunaan algoritma yang lebih kompleks. Evaluasi lanjutan terhadap efektivitas IPVI perlu dilakukan agar model estimasi dapat lebih akurat dan sesuai untuk kebutuhan pemantauan produktivitas tanaman karet.

Uji Akurasi

Uji akurasi yang dilakukan dalam estimasi produktivitas tanaman karet di PTPN Kebun Kedaton yaitu uji RMSE yang digunakan untuk mengukur seberapa besar perbedaan antara nilai yang diprediksi oleh model regresi dengan nilai aktualnya. Nilai RMSE yang lebih kecil menunjukkan bahwa model estimasi memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dalam memprediksi produksi tanaman karet. Uji RMSE tidak memiliki ketetapan nilai yang tetap karena nilai RMSE bergantung pada variasi data yang digunakan dalam model estimasi. meskipun RMSE tidak memiliki nilai yang tetap, nilai tersebut tetap penting sebagai alat ukur untuk mengevaluasi akurasi prediksi dan untuk perbandingan antara berbagai model yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3. Uji RMSE

Algoritma Indeks Vegetasi	Perhitungan RMSE
EVI	$RMSE = \sqrt{\frac{(1.766,3 - 1.758,7)^2}{46}}$ $= 1,121$
ARVI	$RMSE = \sqrt{\frac{(1.766,3 - 1.762,1)^2}{46}}$ $= 0,619$
IPVI	$RMSE = \sqrt{\frac{(1.766,3 - 1.782,2)^2}{46}}$ $= 2,334$

Berdasarkan perhitungan *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk tiga algoritma indeks vegetasi, diperoleh bahwa algoritma EVI memiliki RMSE sebesar 1,503 Kg/Ha/Bulan, yang masih tergolong rendah dan menunjukkan bahwa model ini cukup akurat dalam memprediksi produktivitas tanaman karet. Sedangkan algoritma ARVI memiliki RMSE terkecil, yaitu 0,486 yang menunjukkan bahwa model ini memberikan estimasi produktivitas tanaman karet dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi. Penyimpangan yang sangat kecil ini menandakan bahwa prediksi yang dihasilkan oleh ARVI sangat mendekati hasil produktivitas lapangan. Algoritma IPVI menunjukkan RMSE terbesar, yaitu 1,887 yang mengindikasikan bahwa model ini memiliki penyimpangan yang lebih besar dibandingkan dengan ARVI dan EVI. Nilai RMSE yang lebih tinggi menunjukkan bahwa prediksi menggunakan IPVI kurang

akurat dalam mencerminkan produktivitas aktual di lapangan. Hal ini menandakan perlunya peningkatan atau penyempurnaan model IPVI agar dapat memberikan estimasi yang lebih baik dan lebih akurat di masa mendatang. Meskipun IPVI menunjukkan hasil yang kurang akurat, algoritma ini masih dapat digunakan sebagai salah satu alternatif dalam estimasi produktivitas tanaman karet, terutama jika dikombinasikan dengan data tambahan atau metode lainnya untuk meningkatkan akurasi prediksi.

3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan indeks vegetasi (EVI, ARVI, dan IPVI) yang diperoleh dari pengolahan citra satelit Sentinel-2A dapat diandalkan dalam mengestimasi produktivitas tanaman karet di PT Perkebunan Nusantara I Regional 7 Kebun Kedaton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa umur tanaman karet memiliki hubungan negatif yang sangat kuat dengan nilai indeks vegetasi, baik pada algoritma EVI ($R^2 = 0,9032$), ARVI ($R^2 = 0,8929$), maupun IPVI ($R^2 = 0,6405$). Hal ini menggambarkan bahwa seiring bertambahnya usia tanaman, kerapatan vegetasi dan kondisi tanaman cenderung menurun, yang berimplikasi pada penurunan produktivitas. Korelasi antara indeks vegetasi dan produktivitas tanaman menunjukkan hasil yang bervariasi, dengan ARVI dan IPVI menunjukkan hubungan yang lebih kuat dibandingkan EVI, di mana ARVI menunjukkan korelasi kuat terhadap produktivitas ($R^2 = 0,5573$) dan IPVI memiliki hubungan yang juga signifikan ($R^2 = 0,6203$).

Pemodelan regresi linier berganda menunjukkan bahwa indeks vegetasi dapat dijadikan indikator yang baik untuk mengestimasi produktivitas tanaman karet. Model regresi yang dihasilkan untuk algoritma ARVI memberikan hasil estimasi yang paling akurat, dengan simpangan kecil antara estimasi dan data lapangan. Meskipun algoritma EVI dan IPVI juga memberikan estimasi yang baik, hasilnya sedikit lebih bervariasi dibandingkan dengan ARVI.

Penurunan produktivitas tanaman seiring bertambahnya umur tanaman karet sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa tanaman yang lebih tua cenderung mengalami penurunan produksi getah. Oleh karena itu, hasil penelitian ini memberikan wawasan penting dalam upaya pengelolaan perkebunan karet dengan pendekatan berbasis teknologi penginderaan jauh. Teknologi ini dapat digunakan sebagai alat bantu yang efektif dalam pemantauan dan estimasi produktivitas tanaman karet secara lebih cepat, efisien, dan akurat. Penggunaan teknologi penginderaan jauh, khususnya citra satelit Sentinel-2A, dapat menjadi solusi alternatif bagi pengelolaan perkebunan karet, dengan harapan dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam sektor perkebunan. Namun, perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut untuk memastikan konsistensi model dalam kondisi yang bervariasi di berbagai wilayah.

Daftar Pustaka

- Andriyanto, M., Wijaya, A., Junaidi, & Rachmawan, A. (2020). PRODUKSI TANAMAN KARET (*Hevea brasiliensis*) PADA WAKTU PENGUMPULAN LATEKS YANG BERBEDA. *Jurnal Agro Estate*, 3(1), 27–34.
- Ariyantoni, J., Shida Natul, A., & Ridho Sastra, A. (2024). LAND SURFACE TEMPERATURE DI KABUPATEN OGAN KOMERING ILIR SUMATERA SELATAN AKIBAT KEBAKARAN LAHAN. *JURNAL ILMIAH TEKNO GLOBAL VOLUME*, 13, 1.
- Azizah, I. N., Arum, P. R., & 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.
- Christy Novianti, T., Tridawati, A., & Sofyan Samri, A. (2024). ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN TAHUN 2013-2022 DI KOTA SEMARANG MENGGUNAKAN GOOGLE EARTH ENGINE. *JURNAL ILMIAH TEKNO GLOBAL VOLUME*, 13, 21–28.
- Direktorat Statistik Tanaman Pangan, H. dan P. (2023). *Statistik Karet Indonesia 2022* (H. dan P. Direktorat Statistik Tanaman Pangan, Ed.; Vol. 16). Badan Pusat Statistik.
- 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>
- Qurnia Sari, A., Sukestiyarno, Y., & 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>
- Rofiqoh, S., Kurniadi, D., & Riansyah, A. (2019). SISTEM PAKAR MENGGUNAKAN METODE FORWARD CHAINING UNTUK DIAGNOSA PENYAKIT TANAMAN KARET. *KONFERENSI ILMIAH MAHASISWA UNISSULA (KIMU)* 2, 390–395.
- Sinaro, S. D. (2021, November 3). *Potret Sukses Operational Excellent Pabrik Karet PTPN 7 Unit Kedaton*. AGRINA .
- Syarifa, L. F., Agustina, D. S., Alamsyah, A., Nugraha, I. S., & 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., & Sahuri. (2014). POTENSI PENINGKATAN PENYERAPAN KARBON DI PERKEBUNAN KARET SEMBAWA, SUMATRA SELATAN. *Widyariset*, 17(3), 363–372.