

KAJIAN ESTIMASI UMUR TEGAKAN KARET DAN HUBUNGANNYA TERHADAP PRODUKTIVITAS LATEKS MENGGUNAKAN CITRA SENTINEL-2 DAN REGRESI LINIER BERGANDA

Study of Estimating The Age of Rubber Trees and Their Relationship to Latex Productivity Using Sentinel-2 Imagery and Multiple Linear Regression

Geraldo Nazar PRAKARSA¹, Masita Dwi Mandini MANESSA^{1*}, SUPRIATNA¹,
Charlos Togi STEVANUS², Farida AYU¹

¹Departemen Geografi, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia

²Indonesian Rubber Research Institute (IRRI), Palembang, Indonesia

Email: manessa@ui.ac.id*

Diterima: 31 Juli 2023 / Disetujui: 2 April 2024

Abstract

*In 2021, South Sumatra Province emerged as the largest rubber-producing region in Indonesia, yielding 870,966 tons of rubber. The Sembawa Rubber Research Center focuses on studying rubber trees (*Hevea brasiliensis*) and faces the challenge of assessing the different age groups and conditions of the rubber trees within their research area. Accurate estimation of rubber stand age is crucial in predicting latex productivity. To address this, the researchers employed remote sensing techniques using multispectral optical images from Sentinel-2. This approach allowed for efficient data acquisition, even in remote or inaccessible areas. The study used spectral band values and vegetation indices data to map the distribution of rubber tree ages and investigate their correlation with latex productivity. The study employed a statistical model approach with multiple linear regression, incorporating various variables for a more accurate and precise prediction. The research revealed that their statistical model, using Sentinel-2 image data, outperformed previous studies, achieving better accuracy (RMSE = 4.767 years and $R^2 = 0.308$). In summary, the research successfully demonstrated the effectiveness of using Sentinel-2 remote sensing data and statistical modeling to estimate the ages of rubber trees, with potential implications for predicting latex productivity in the rubber-producing region of South Sumatra Province.*

Keywords: stand age; rubber; multiple linear regression; vegetation index

Abstrak

Provinsi Sumatera Selatan merupakan daerah produksi karet terbesar di Indonesia pada tahun 2021 yaitu sebanyak 870.966 ton. Pusat Penelitian Karet Sembawa merupakan lembaga penelitian yang dapat menghasilkan lateks yang mana tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) merupakan komoditas utama yang diteliti. Umur tegakan merupakan salah satu variabel penting karena dapat memprediksi produktivitas lateks. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memetakan distribusi umur tegakan karet menggunakan data nilai spektral band dan indeks vegetasi serta hubungannya terhadap produktivitas lateks. Penginderaan jauh menggunakan citra optik multispektral Sentinel-2 dapat digunakan untuk mengestimasi umur tegakan karena memberikan informasi dengan efisiensi waktu yang lebih baik serta kemudahan mendapatkan data pada area yang susah untuk dijangkau. Nilai spektral band yang kemudian digabungkan menjadi indeks vegetasi diasumsikan dapat mempresentasikan umur tegakan karena kerapatan atau kehijauan kanopi tegakan karet memiliki variasi nilai yang berbeda antara tegakan yang berumur muda dan tegakan yang berumur tua. Indeks vegetasi yang digunakan adalah *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Normalized Difference Yellowness Index* (NDYI), serta *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI). Pemodelan ini dapat dibentuk melalui pendekatan model statistik yang

berupa metode regresi linear berganda karena dengan menggunakan lebih banyak variabel, model yang dihasilkan akan lebih akurat dan presisi. Hasil dari pemodelan yang menggunakan pendekatan model statistik berbasis data citra Sentinel-2 memiliki tingkat akurasi lebih baik (RMSE = 4,767 tahun dan $R^2 = 0,308$) dari beberapa penelitian terdahulu.

Kata kunci: umur tegakan; karet; regresi linear berganda; indeks vegetasi

PENDAHULUAN

Karet adalah salah satu komoditi perkebunan yang penting, baik sebagai sumber penghasilan, kesempatan kerja, pendapatan devisa, mendorong pertumbuhan ekonomi di daerah-daerah baru di sekitar perkebunan karet serta menjaga kelestarian lingkungan dan sumber daya hayati. Akan tetapi, sebagai negara dengan lahan terluas dan produksi kedua terbesar di dunia, Indonesia masih menghadapi beberapa masalah, seperti rendahnya produktivitas karet. Rendahnya produktivitas karet disebabkan oleh banyaknya tanaman yang sudah tua, rusak, tidak produktif, penggunaan bibit yang bukan varietas unggul, serta kondisi kebun yang mirip dengan hutan (Suryana et al., 2005).

Umur tegakan adalah salah satu variabel penting untuk menentukan sebaran simpanan dan fluks karbon dalam ekosistem hutan serta untuk pengelolaan produksi (Koedsin & Huete, 2015). Prediksi umur tegakan karet dapat dilakukan dengan bantuan penginderaan jauh melalui beberapa pendekatan di antaranya, model statistik, klasifikasi citra, serta deteksi perubahan tutupan dan penggunaan lahan. Dalam pendekatan model statistik, analisis korelasi digunakan untuk mengembangkan model dengan menetapkan hubungan antara umur tegakan karet dengan nilai pantulan spektral dari masing-masing band dan indeks vegetasi (Azizan et al., 2021). Analisis korelasi atau hubungan berbasis statistik telah banyak digunakan untuk mengembangkan model dan menguji hubungan antara reflektansi spektral citra satelit terhadap parameter tegakan atau

biomassa (Shidiq & Ismail, 2016). Salah satu contoh dari model statistik adalah regresi linear sederhana, tujuan dari metode ini untuk adalah melihat pengaruh yang dimiliki oleh variabel independen terhadap variabel dependen, akan tetapi model yang dihasilkan akan menjadi lebih akurat apabila menggunakan regresi linear berganda atau *multiple linear regression*. Hal ini karena dalam fenomena yang terjadi sering kali dipengaruhi oleh lebih dari satu variabel. Regresi linear sederhana hanya mempertimbangkan satu variabel independen, sedangkan regresi linear berganda dapat menggunakan beberapa variabel independen. Dengan menggunakan lebih banyak variabel, model regresi linear berganda lebih mampu menjelaskan variasi dalam data, mengatasi kompleksitas fenomena yang lebih realistis, serta menghasilkan model yang lebih akurat dan presisi (Suratman et al., 2004). Dalam penelitian ini digunakan pendekatan model statistik regresi linear berganda untuk melihat hubungan antara variabel dependen (umur) dan variabel independen (nilai spektral band dan indeks vegetasi) yang akan menghasilkan model distribusi umur tegakan.

Sensor NIR dan Red merupakan sensor yang paling sering tersedia pada citra satelit dan mungkin memiliki hubungan dengan kondisi pertumbuhan suatu vegetasi/tanaman. Selain itu citra satelit juga dapat memiliki hubungan dengan karakteristik tegakan seperti umur tegakan, biomassa, diameter batang, dan volume kayu. Nilai spektral band sendiri diasumsikan dapat mempresentasikan umur tegakan, karena kerapatan atau kehijauan kanopi tegakan karet memiliki variasi berbeda antara tegakan yang berumur muda dan tegakan yang berumur tua (Suratman et al., 2004). Nilai dari spektral band ini akan digabungkan sehingga menghasilkan suatu indeks vegetasi yang dapat memberikan informasi terkait tingkat kehijauan suatu vegetasi.

Produksi lateks dari pohon karet sendiri dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya faktor genetik, faktor karakteristik lingkungan fisik, maupun karakteristik lingkungan non fisik (Daslin, 2015). Berdasarkan penelitian terdahulu diketahui faktor lingkungan fisik memiliki

dampak yang signifikan terhadap produktivitas tanaman karet. Menurut penelitian Manessa, penurunan produksi lateks signifikan dipengaruhi oleh adanya fenomena penyakit gugur daun tanaman karet (Manessa et al, 2023). Selain itu, faktor lingkungan fisik lain seperti curah hujan, elevasi dan karakteristik tanah juga mempengaruhi produktivitas tanaman karet (Hadi et al., 2007).

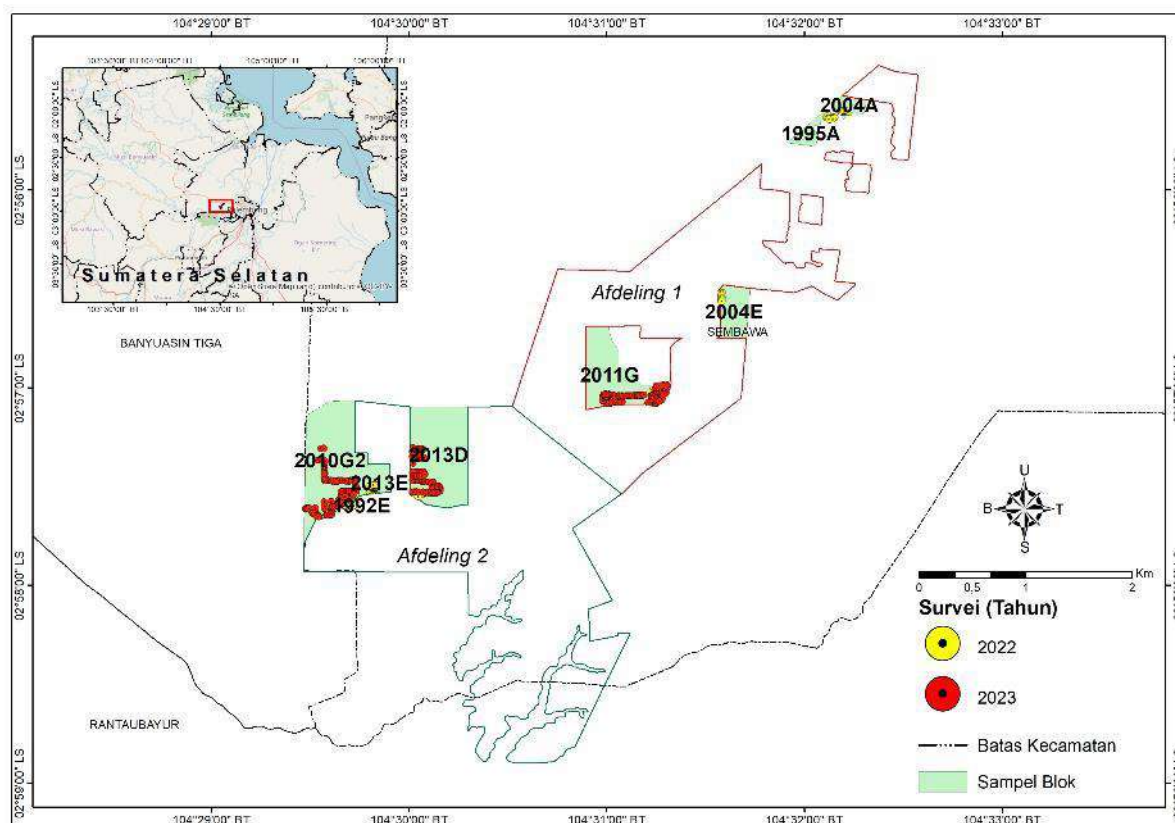
Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi distribusi umur tegakan karet menggunakan data citra satelit Sentinel-2 dan metode regresi linear berganda; menganalisis pengaruh umur tegakan karet menggunakan nilai spektral band dan indeks vegetasi serta mengkaji hubungan umur tegakan karet dengan produktivitas lateks. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan secara model statistik untuk menganalisis korelasi dengan menetapkan hubungan antara umur tegakan karet dengan pantulan spektral (band) dan menggunakan tiga (3) indeks

vegetasi yaitu, *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Normalized Difference Yellowness Index* (NDVI), dan *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) untuk membuat model estimasi distribusi umur tegakan karet.

METODE PENELITIAN

Wilayah Penelitian

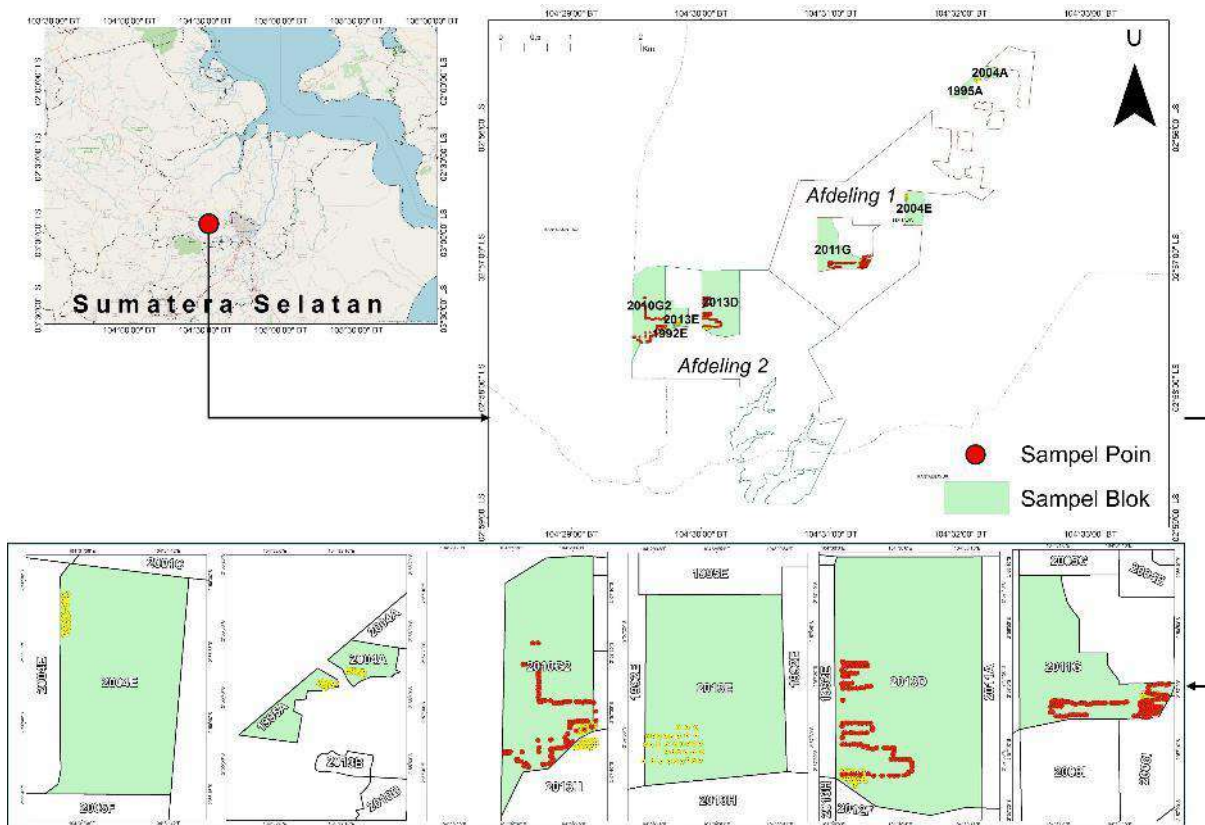
Penelitian ini berlokasi di Pusat Penelitian Karet Sembawa yang termasuk kedalam wilayah administrasi Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan, Indonesia. Pengambilan data pada penelitian ini berada pada Afdeling 1 dan Afdeling II (Gambar 1). Secara keseluruhan, Pusat Penelitian Karet Sembawa ini memiliki luasan sekitar 3.300 ha. Afdeling I memiliki luas yang lebih besar yaitu sekitar 809 hektar dengan persentase 78,2 %. Sedangkan afdeling II memiliki luasan sebesar 225 hektar dengan persentase 21,8 %.



Gambar 1. Wilayah Penelitian pada tahun 2022 dan 2023
Figure 1. Study Area on year 2022 and 2023

Pengambilan sampel pohon didasarkan pada survey lapangan yang ditemani oleh seorang ahli dari Pusat Penelitian Karet Sembawa. Pada penelitian ini, survei lapangan telah dilakukan sebanyak dua kali yaitu pada 8-11 Juni 2022 sebanyak 223 titik dan pada 7-14 Februari 2023 sebanyak 623 titik. Kedua pengambilan sampel ini diambil pada 7 blok tanaman karet menghasilkan yaitu Blok 1995A, 2004A, 2004E, 2010G2, 2011G, 2013D, dan 2013E. Selain itu, setiap blok memiliki jenis klon yang berbeda. Pemilihan blok dengan tahun tanam dan jenis klon yang berbeda bertujuan untuk merepresentasikan setiap kelompok umur tanaman dan blok lain yang memiliki karakteristik yang sama.

Pengambilan sampel titik yang diperoleh berisikan informasi mengenai kelompok umur tanaman dan fase tanaman. Metode yang digunakan untuk pengambilan sampel adalah *stratified purposive random sampling* dengan mengambil dua pohon pada satu grid citra Sentinel-2 yang berukuran 10x10 meter pada setiap satu pikselnya. Penentuan dua pohon didasarkan pada nilai tengah dari rata-rata jumlah pohon dalam satu grid yang dapat merepresentasikan pohon disekitarnya. Dimana, pada umumnya terdapat 2-3 pohon dalam satu grid. Untuk tiap unit pohon dilakukan pengukuran tinggi dan diameter pohon yang akan digunakan dalam perhitungan biomassa karbon pohon sesuai dengan algoritma Chen (2012). Distribusi pengambilan sampel dapat dilihat pada peta sebaran titik survei (Gambar 2).



Gambar 2. Persebaran Titik Sampel berdasarkan grid sampling 10x10 meter
Figure 2. Distribution of Sample Points based on a 10x10 meter sampling grid

Umur Tegakan

Umur tegakan karet dibagi menjadi lima kelompok umur berdasarkan fase produksi lateks (Boerhendhy & Amypalupy,

2011). Umur tegakan karet pada fase yang lebih muda akan menghasilkan lateks yang lebih tinggi dibandingkan fase tegakan yang berumur tua (Tabel 1).

Tabel 1. Kelas umur tegakan karet
Table 1. Rubber stand age class

Kelompok Umur <i>Age Class</i>	Fase Phase	Keterangan <i>Description</i>
1 – 5	TBM	Tanaman Belum Menghasilkan
6 – 10	TM bidang sadap BO-1	Produksi Meningkat
11 – 15	TM bidang sadap BO-2	Produksi Meningkat
16 – 20	TM bidang pulihan BI-1	Produksi Stabil
21 – 25	TM bidang pulihan BI-2	Produksi Stabil Mengarah ke Turun

Pengolahan Citra Sentinel-2

Pengolahan citra Sentinel-2 dilakukan menggunakan *Google Earth Engine*. Citra Sentinel yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sentinel Level-2A yang dalam pemrosesannya sudah mencakup klasifikasi pemandangan dan koreksi atmosfer yang diterapkan pada produk *orthoimage* Level-1C (*Top of Atmosphere*). Pemilihan tanggal citra ditentukan berdasarkan pengambilan data yang dilakukan pada bulan Februari tahun 2023. Citra yang digunakan pada penelitian ini berada pada rentang waktu 1-28 Februari 2023. Pemilihan citra dilakukan berdasarkan ketersediaan data bebas tutupan awan pada kedua periode tersebut.

Citra Sentinel-2 diaplikasikan untuk mendapatkan nilai reflektansi dan nilai indeks vegetasi. Kedua nilai ini digunakan untuk membangun model estimasi umur tegakan. Selain itu, model estimasi umur tegakan juga membutuhkan data lapangan berupa umur tegakan sebagai training model.

Ekstrak Nilai Indeks Vegetasi

Tahapan mengekstrak nilai indeks vegetasi dilakukan dengan mengolah data indeks vegetasi terlebih dahulu yang berasal dari citra satelit Sentinel-2. Dalam penelitian ini, indeks vegetasi NDVI memiliki fungsi untuk melihat tingkat kehijauan vegetasi. Konsep perhitungan dari NDVI (1) menggunakan rumus:

$$\frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \dots \dots \dots (1)$$

Sumber: (Rouse et al., 1974 dalam Xue & Su, 2017)

Normalized Difference Yellowness Index (NDYI) memiliki fungsi untuk melihat tingkat kekuningan suatu vegetasi/kanopi. Diasumsikan vegetasi yang memiliki tingkat kekuningan lebih

tinggi adalah vegetasi yang tergolong ke fase penuaan (Zhao et al. 2023). Persamaan dari NDYI adalah sebagai berikut:

$$\frac{(GREEN - BLUE)}{(GREEN + BLUE)} \dots \dots \dots (2)$$

Sumber: (Sulik and Long 2016)

Menurut (Anurogo and Murti BS 2013), *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) dapat meminimalisir efek dari pantulan

tanah yang mana pada citra menjadi latar belakang (*background*) dari objek vegetasi dengan persamaan berikut:

$$\frac{(1 + L) \times (NIR - RED)}{(NIR + RED + L)} \dots \dots \dots (3)$$

Sumber: (Huete 1988)

Pembentukan Model Estimasi Umur Tegakan Karet

Pembentukan model estimasi umur tegakan karet dapat digunakan dengan aplikasi SPSS. Hasil regresi dapat memperlihatkan nilai regresi tertinggi antara indeks vegetasi NDVI, NDYI, dan SAVI dengan nilai umur tegakan lapangan. Pembentukan model regresi ini dilakukan

dengan memasukkan variabel bebas (X) yakni nilai spektral band berupa Band 2, Band 3, Band 4, dan Ban 8 serta Indeks Vegetasi berupa NDVI, NDYI, dan SAVI. Kemudian, memasukkan variabel terikat (Y) yakni nilai umur tegakan lapangan. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan aplikasi *ArcGIS* melalui persamaan dari regresi linear berganda yaitu dengan rumus:

$$Umur = b_0 + (b_1x_1) + (b_2x_2) + (b_3x_3) \dots \dots \dots (4)$$

Sumber: (Chen et al. 2012)

Dimana:

1. *yield* = Umur
2. *b*₀ = nilai *intercept*
3. *b*₁, *b*₂, *b*₃, *b*... = nilai koefisien dari variabel independen
4. *x*₁, *x*₂, *x*₃, *x*... = nilai spektral band yakni band 2, band 3, band 4, dan band 8 serta indeks vegetasi yakni NDVI, NDYI, dan SAVI.

Setelah model berhasil dibuat akan dilakukan uji akurasi RMSE atau *Root Mean Square Error* yang berguna untuk

mendapatkan besaran nilai error dengan satuan (tahun) pada model.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \dots \dots \dots (5)$$

Sumber: (Chen et al. 2012)

Dimana:

1. *n* = jumlah tegakan
2. *y*_{*i*} = umur observasi
3. *ŷ*_{*i*} = umur *prediksi*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bias Data

Penggabungan variabel lebih dari satu seperti nilai spektral band dan indeks vegetasi dapat memberikan informasi perbedaan umur yang lebih banyak terkait variasi nilai umur tegakan, sehingga dapat mengurangi bias model (Chen et al. 2012).

Dalam penelitian ini, bias terjadi karena terdapat vegetasi di sekitar tegakan karet seperti rumput atau semak belukar yang cukup tinggi (Gambar 3). Hal ini menyebabkan adanya bias pada saat perekaman gambar citra sehingga nilai spektral band dan indeks vegetasi yang dihasilkan tidak memiliki variasi rentang nilai secara signifikan terhadap umur tegakan muda ataupun tua.



Gambar 3. Gangguan karakteristik vegetasi di sekitar tegakan karet
Gambar 3. Disturbances in the vegetation characteristics around rubber stands

Distribusi Umur Tegakan Karet

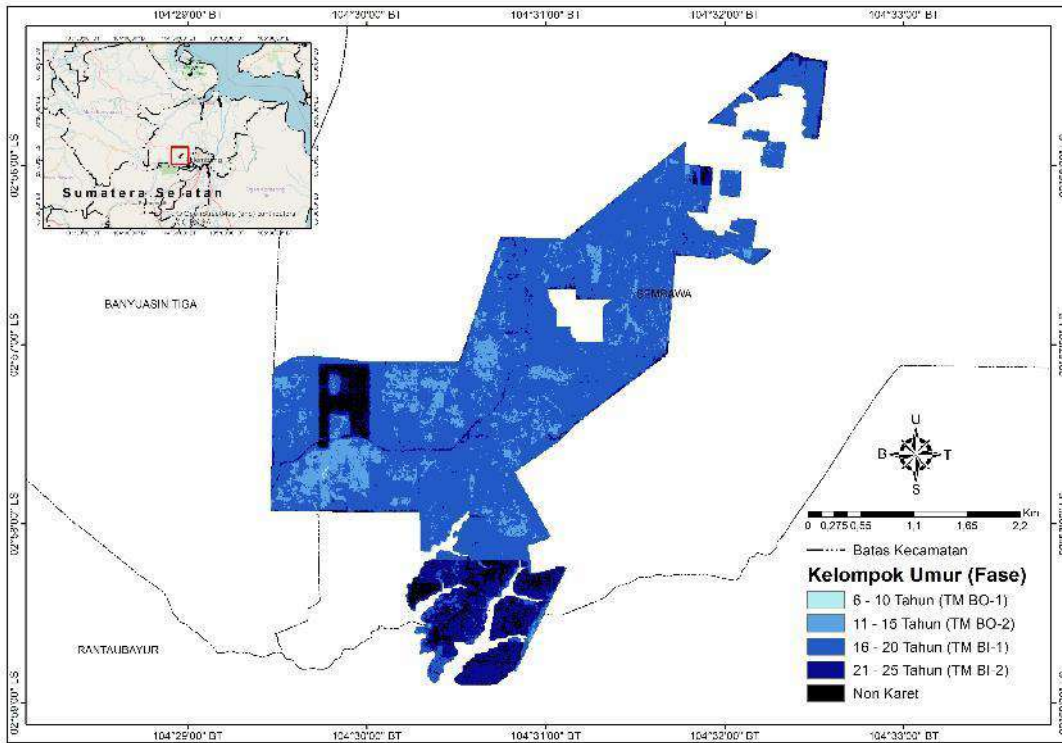
Pemodelan ini dilakukan dengan menggunakan nilai tiga indeks vegetasi yang telah di ekstraksi dan keempat band yang digunakan. Pemodelan distribusi umur tegakan dapat

dilakukan dengan cara meregresikan variabel dependen dan independen pada penelitian (Chen et al. 2012). Hasil dari regresi linear berganda menghasilkan model distribusi umur tegakan karet di Pusat Penelitian Karet Sembawa sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Umur} = & 105.692 + (-3126.131 * B2) + (2849.834 * B3) + (-223.720 * B4) + \\ & (83.821 * B8) + (-17.033 * NDVI) + (-105.549 * SAVI) + \\ & (-899.986 * NDYI) \quad \dots \dots \dots (6) \end{aligned}$$

Implementasi model estimasi umur tegakan karet ini menghasilkan distribusi umur tegakan karet. Pada gambar 4, diketahui distribusi umur tegakan karet di Pusat Penelitian Karet Sembawa di dominasi oleh kelompok umur 16-20 tahun. Sedangkan, umur 6-10 tahun merupakan kelompok umur dengan persebaran paling sedikit. Selain itu, umur 11-15 tahun berada dibagian barat wilayah penelitian. Pada umur 21-25 tahun mendominasi bagian

selatan wilayah penelitian. Hal ini sesuai dengan observasi lapangan, terutama pada bagian selatan wilayah penelitian ditemukan perkebunan karet yang sudah tidak dilakukan pengambilan getah karet karena sudah memiliki umur yang siap tebang dan tidak berproduksi secara optimal. Selain itu, pada wilayah tersebut perkebunan sudah tidak terpelihara dan ditumbuhi banyak semak belukar.



Gambar 4. Distribusi umur tegakan karet
 Gambar 4. Distribution of rubber stand age

Hasil uji akurasi pemodelan umur tegakan karet diuji akurasi dengan metode statistik RMSE (*Root Mean Square Error*) dan Koefisien Determinasi (R^2) (Tabel 2). Pada penelitian ini didapatkan nilai RMSE/error sebesar 4,767 tahun. Interpretasi nilai RMSE adalah semakin mendekati 0, nilai error semakin rendah dan menunjukkan akurasi yang baik. Pada penelitian ini, nilai error sebesar 4,767 tahun yang mengindikasikan bahwa terdapat selisih sebesar ± 4 tahun dari nilai aktual. Sedangkan, pada penelitian ini dihasilkan nilai R^2 sebesar 0.308. Nilai RMSE dan R^2 ini termasuk kedalam uji akurasi yang termasuk kedalam kelas moderat dengan

nilai error yang menengah. Hal ini dikarenakan, pada (Tabel 2) dapat dilihat perbandingan antara tingkat akurasi peneliti dan penelitian terdahulu yang dimana pada penelitian ini mengalami kenaikan tingkat akurasi dibandingkan dengan penelitian Suratman et al. (2004) dan Chen et al. (2012), namun beberapa penelitian lain menunjukkan akurasi yang lebih baik dari penelitian ini. Hal ini dapat terjadi karena beberapa faktor, mulai dari perbedaan resolusi antara citra satelit yang digunakan, kondisi cuaca pada saat pengambilan gambar citra, maupun bias yang terjadi akibat karakteristik vegetasi yang ada di sekitar tegakan.

Tabel 2. Tingkat akurasi pemodelan umur tegakan karet menggunakan model statistik pada penelitian terdahulu
Table 2. Accuracy level of rubber stand age modeling using statistical models in previous research

Citra Satelit	Kelompok Umur (Tahun)	Tingkat Akurasi	Peneliti	Lokasi Penelitian
<i>Satellite Imagery</i>	<i>Age Class (Year)</i>	<i>Accuracy Rate</i>	<i>Researcher</i>	<i>Research Location</i>
Sentinel-2	5, 10, 15, 20, dan 25	RMSE = 4,767 tahun R ² = 0,308	(G. Prakarsa, 2023)	Perkebunan Karet Sembawa, Provinsi Sumatera Selatan, Indonesia
Landsat TM	-	RMSE = 6.4–8.2 tahun	(Suratman et al. 2004)	Selangor, Malaysia
Landsat 8	0, 10, 15, dan 20	R ² = 0.4335–0.4912	(Shidiq and Ismail 2016)	Felda Lubuk Merbau, Kedah, Malaysia
Landsat TM	-	RMSE = 5.96 tahun	(Chen et al. 2012)	Pertanian Negara Bagian Xinying, Pulau Hainan, Cina
EO-1 Hyperion	5-20	R ² = 0.624, RMSE = 2.625 tahun	(Kaewplang and Srihanu 2017)	Distrik Pak Chom, Provinsi Loei, Thailand
Landsat TM, Landsat 7, Landsat 8	3-15	OA = 87% RMSE = 1.53 tahun	(Chen et al. 2018)	Perbatasan Wilayah Cina, Myanmar, dan Laos

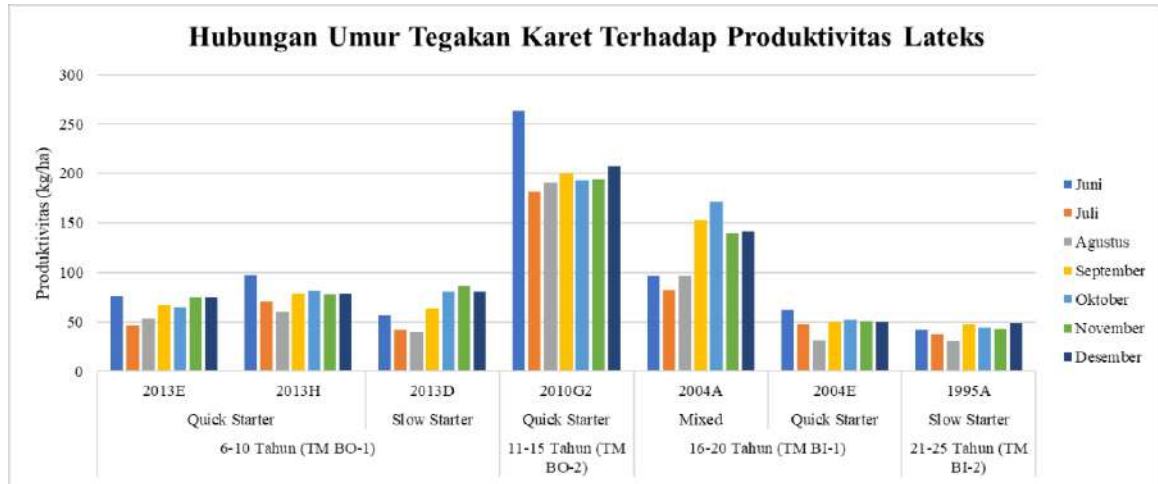
Hubungan Umur Tegakan Karet dengan Produktivitas Lateks

Dapat dilihat pada (Gambar 5) bahwa kelompok umur 6 – 10 Tahun (TM BO-1) memiliki dua jenis klon yang berbeda yaitu *quick starter* (Blok 2013E dan 2013H) dan *slow starter* (Blok 2013D), secara fase produksi TM BO-1 (Tanaman Bidang Sadap BO-1) memiliki karakteristik produktivitas yang akan mulai meningkat/menghasilkan. Kemudian pada kelompok umur 11 – 15 tahun atau fase produksi TM BO-2 (Tanaman Bidang Sadap BO-2), produktivitas meningkat secara signifikan yang didukung penggunaan klon *quick*

starter pada blok 2010G2. Fase selanjutnya yaitu 16 – 20 Tahun (TM BI-1) memiliki karakteristik tingkat produktivitas karet akan mulai stabil seiring pulihnya kulit pada tegakan karet yang sebelumnya disadap pada fase TM BO-1 dan TM BO-2. Pada fase ini terdapat dua klon yaitu klon campuran pada blok 2004A dan klon *quick starter* pada blok 2004E, terlihat bahwa produktivitas lateks lebih meningkat dengan tegakan karet yang menggunakan klon campuran (blok 2004A). Fase produksi lateks terakhir adalah 21 – 25 Tahun (TM BI-2), di fase ini tegakan karet masih memproduksi lateks secara stabil namun akan mengalami penurunan karena faktor umur tegakan

yang semakin menua (terkena penyakit dan lainnya). Hasil ini sesuai dengan teori, dimana perkebunan karet dapat mulai menghasilkan produksi lateks pada umur 4-5 tahun. Selain itu, produksi optimal

menghasilkan lateks pada umur 8-20 tahun. Sedangkan, produksi lateks pada perkebunan dengan umur lebih dari 25 tahun signifikan akan menurun (Ismail et al. 2022).



Gambar 5. Hubungan umur terhadap produktivitas lateks tahun
 Figure 5. Relationship between age and latex productivity

KESIMPULAN DAN SARAN

Secara keseluruhan, penelitian ini menyelidiki hubungan antara nilai spektral band dan indeks vegetasi pada Citra Sentinel-2 dengan umur tegakan karet. Hubungan tersebut ditemukan cenderung lemah, dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kondisi cuaca buruk selama pengambilan gambar citra dan bias yang muncul dari karakteristik vegetasi di sekitar tegakan. Pemupukan juga mempengaruhi pembentukan dan status hara daun dan akan mempengaruhi spektral. Selain itu, pada tanaman karet menghasilkan terjadi gugur daun setiap tahun atau setiap tahunnya terbentuk daun baru, hal ini menunjukkan adanya dinamika hara di daun sehingga umur daun kemungkinan menentukan akurasi analisa spektral. Pendekatan pemodelan menggunakan regresi linear berganda antara variabel spektral band dan indeks vegetasi terhadap umur tegakan karet berhasil dilakukan. Pemodelan ini, berbasis data citra Sentinel-2, menunjukkan tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

Dapat disimpulkan bahwa hubungan antara umur tegakan karet dan produktivitas karet cenderung kurang signifikan, meskipun begitu dapat memberikan indikasi bahwa kelompok umur yang lebih muda memiliki potensi untuk menghasilkan lateks lebih banyak. Sebaliknya, tegakan karet yang lebih tua cenderung mengalami penurunan produktivitas. Produktivitas lateks tidak hanya dipengaruhi oleh umur tegakan, tetapi juga oleh faktor-faktor lain seperti jenis klon dan karakteristik lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Universitas Indonesia melalui hibah penelitian Publikasi Terindeks Internasional (PUTI) Q1 dengan nomor kontak hibah NKB-480 berjudul “Developing a New Rubber Leaf Fall Disease Index: A Remote Sensing Approach”. Terima kasih juga kami sampaikan kepada Pusat Penelitian Karet Sembawa, Kabupaten Banyuwasin, Sumatera Selatan yang telah bersedia memberikan fasilitas pada saat pengambilan data penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anurogo, Wenang, and Sigit Murti BS. 2013. "Aplikasi Penginderaan Jauh Untuk Estimasi Produksi Tanaman Karet (Hevea Brasiliensis) Di Kota Salatiga, Jawa Tengah." (April 2017):1-2.
- Azizan, Fathin Ayuni, Adhitya Marendra Kiloes, Ike Sari Astuti, and Ammar Abdul Aziz. 2021. "Application of Optical Remote Sensing in Rubber Plantations: A Systematic Review." *Remote Sensing* 13(3):1-36. doi: 10.3390/rs13030429.
- Boerhendhy, Island, and Khaidir Amypalupy. 2011. "Optimalisasi Produktivitas Karet Melalui Penggunaan Bahan Tanam, Pemeliharaan, Sistem Eksploitasi Dan Peremajaan Tanaman." *Jurnal Litbang Pertanian* 30(1):23-30.
- Chen, Bangqian, Jianhua Cao, Jikun Wang, Zhixiang Wu, Zhongliang Tao, Junmin Chen, Chuan Yang, and Guishui Xie. 2012. "Estimation of Rubber Stand Age in Typhoon and Chilling Injury Afflicted Area with Landsat TM Data: A Case Study in Hainan Island, China." *Forest Ecology and Management* 274: 222-30. doi: 10.1016/j.foreco.2012.01.033.
- Chen, Gang, Jean Claude Thill, Sutee Anantsuksomsri, Nij Tontisirin, and Ran Tao. 2018. "Stand Age Estimation of Rubber (Hevea Brasiliensis) Plantations Using an Integrated Pixel- and Object-Based Tree Growth Model and Annual Landsat Time Series." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 144(July):94-104. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2018.07.003.
- Daslin, Aidi. 2015. "Produktivitas Klon Karet Pada Berbagai Kondisi Lingkungan Di Perkebunan." *Agrium: Jurnal Ilmu Pertanian* 1. Doi: 10.30596.
- Hadi, H., A. D. Wahyudi, and K. Anwar. 2007. "Performance of the Promoting Clones of Hevea Rubber Planted on Dry Climate Area." *Proc. International Rubber Conference & Exhibition*.
- Huete, A. R. 1988. "A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)." *Remote Sensing of Environment* 25(3):295-309. doi: 10.1016/0034-4257(88)90106-X.
- Ismail, H., Saiful, S., Sumirna, S., Asriadi, A. A., & Bakri, R. A. (2022). *Budidaya Tanaman Karet Sebagai Upaya Peningkatan Ketahanan Ekonomi Masyarakat Pasca Pandemic Covid 19 Di Kelurahan Ballasaraja. Martabe: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 408-415.
- Kaewplang, Siwa, and Neti Srihanu. 2017. "An Evaluation of EO-1 Hyperion Data for Estimating Age of Rubber Plantation." *Mahasarakham International Journal of Engineering Technology* 3(2):5-9.
- Kementerian Pertanian. 2011. *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan Untuk Komoditas Pertanian (Edisi Revisi)*.
- Koedsin, Werapong, and Alfredo Huete. 2015. "Mapping Rubber Tree Stand Age Using Pléiades Satellite Imagery: A Case Study in Thalang District, Phuket, Thailand." *Engineering Journal* 19(4):45-56. doi: 10.4186/ej.2015.19.4.45.
- Manessa, M. D. M., Rokhmatuloh, S., Shidiq, I. P. A., Nagasawa, R., Ayu, F., Efriana, A. F., ... & Stevanus, C. T. (2023). Study of rubber leaf disease using hyperspectral reflectance. In *SPIE Future Sensing Technologies 2023* (Vol. 12327, pp. 68-75). SPIE.
- Nasaruddin, and Deasy Maulana. 2009. "Produksi Tanaman Karet Pada Pemberian Stimulan Etephon." *Agrisistem* 5(2):1-23.

- Rouse, J. W., R. H. Haas, J. A. Sschell, and D. W. Deering. 1974. "Monitoring Vegetation Systems in The Great Plains With ERTS." NASA. Goddard Space Flight Center 3d ERTS-1 Symp. 1(1):24-26. doi: 10.1021/jf60203a024.
- Shidiq, Iqbal Putut Ash, and Mohd Hasmadi Ismail. 2016. "Stand Age Model For Mapping Spatial Distribution of Rubber Tree Using Remotely Sensed Data in Kedah, Malaysia." *Jurnal Teknologi* 2(5):150-57.
- Sulik, John J., and Dan S. Long. 2016. "Spectral Considerations for Modeling Yield of Canola." *Remote Sensing of Environment* 184:161-74. doi: 10.1016/j.rse.2016.06.016.
- Suratman, M. N., G. Q. Bull, D. G. Leckie, V. M. Lemay, P. L. Marshall, and M. R. Mispan. 2004. "Prediction Models for Estimating the Area, Volume, and Age of Rubber (*Hevea Brasiliensis*) Plantations in Malaysia Using Landsat TM Data." *International Forestry Review* 6(1):1-12. doi: 10.1505/ifer.6.1.1.32055.
- Suryana, A. Simatupang, P. Syafaat, N. Mardianto, S. Karyasa, K. 2005. "Prospek Dan Arah an Pengembangan Agribisnis Karet". Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. Diakses dari <https://repository.pertanian.go.id/bitstreams/8bacaf47-93e9-408e-924a-d6edd9b004f1/download>
- Xue, Jinru, and Baofeng Su. 2017. "Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications." *Journal of Sensors* 2017. doi: 10.1155/2017/1353691.
- Zhao, Xin, Kazuya Nishina, Tomoko Kawaguchi Akitsu, Liguang Jiang, Yuji Masutomi, and Kenlo Nishida Nasahara. 2023. "Feature-Based Algorithm for Large-Scale Rice Phenology Detection Based on Satellite Images." *Agricultural and Forest Meteorology* 329(December 2022):109283. doi: 10.1016/j.agrformet.2022.109283.