

**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)**

Vidya Velisa Taufik^{*}, Abdi Sukmono, Hana Sugiastu Firdaus

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email: Vidyavelisataufik@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa sawit terbesar. Selama beberapa tahun terakhir, Indonesia tercatat sebagai negara produsen nomor 1 di Asia bahkan dunia. Pada tahun 2019 nilai produksi kelapa sawit di Indonesia belum mencukupi kebutuhan konsumsi dan ekspor yang mengakibatkan naiknya harga kelapa sawit. Pada kondisi ini tentunya peran pemantauan produktivitas kelapa sawit sangat diperlukan untuk menjamin ketersediaan kelapa sawit. Provinsi Riau merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memproduksi kelapa sawit terbanyak dibandingkan provinsi lain di Indonesia. Pada tahun 2018 Provinsi Riau mempunyai luas perkebunan kelapa sawit sebesar 2,32 juta hektar. Hasil produksi kelapa sawit pada tahun 2018 di Provinsi Riau mencapai angka 7,14 juta ton. Penginderaan jauh merupakan salah satu metode pemantauan produksi kelapa sawit yang dapat digunakan untuk skala besar dan dengan waktu yang efisien di bandingkan metode konvensional. Penelitian ini menggunakan citra satelit Sentinel-2A dengan membandingkan hasil pengolahan menggunakan algoritma transformasi NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan ARVI (*Atmospherically Resistant Vegetation Index*). Metode pengolahan dilakukan dengan metode regresi linear dan regresi linear berganda. Hasil penelitian menunjukkan estimasi produksi kelapa sawit dengan metode regresi linear berganda dengan algoritma transformasi NDVI menghasilkan akurasi 76,815% dan untuk algoritma transformasi ARVI menghasilkan akurasi 77,327%. Hasil estimasi produktivitas yang dihasilkan menggunakan transformasi indeks vegetasi NDVI berjumlah 215172,733 HA/Kg/Bulan dan hasil estimasi produktivitas yang dihasilkan menggunakan transformasi indeks vegetasi ARVI berjumlah 213775,927 HA/Kg/Bulan, sedangkan hasil produktivitas sebenarnya berjumlah 184620,957 HA/Kg/Bulan.

Kata Kunci: Estimasi Produktivitas Kelapa Sawit, Regresi Linear, Regresi Linear Berganda, NDVI, ARVI

ABSTRACT

*Indonesia is one of the largest palm oil producing countries. Over the last few years, Indonesia has been listed as the number 1 producing country in Asia and even the world. In 2019 the value of palm oil production in Indonesia was not sufficient for consumption and export needs which resulted in an increase in the price of palm oil. In this condition, of course, the role of monitoring oil palm productivity is needed to ensure the availability of oil palm. Riau Province is one of the regions in Indonesia that produces the most palm oil compared to other provinces in Indonesia. In 2018 Riau Province had an oil palm plantation area of 2,32 million hectares. Palm oil production in 2018 in Riau Province reached 7,14 million tonnes. Remote sensing is a method of monitoring oil palm production that can be used on a large scale and with time efficiency compared to conventional methods. This study uses Sentinel-2A satellite imagery by comparing the results of processing using the NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) and ARVI (*Atmospherically Resistant Vegetation Index*) transformation algorithms. The processing method is carried out by using linear regression and multiple linear regression. The results showed that the estimation of oil palm production using multiple linear regression method with the NDVI transformation algorithm resulted in an accuracy of 76,815% and for the ARVI transformation algorithm it produced an accuracy of 77,327%. The resulting productivity estimation results using the NDVI vegetation index transformation amounted to 215172,733 HA / Kg / Month and the resulting productivity estimation results using the ARVI vegetation index transformation amounted to 213775,927 HA / Kg / Month, while the actual productivity results amounted to 184620,957 HA / Kg / Month.*

Keywords: *Estimated of Oil Palm Productivity, Linear Regression, Multiple Linear Regression, NDVI, ARVI*

^{*}) *Penulis Penanggung Jawab*

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa sawit terbesar. Selama beberapa tahun terakhir, Indonesia tercatat sebagai negara produsen nomor 1 di Asia bahkan dunia. Indonesia menghasilkan sebanyak 51,8 juta ton kelapa sawit pada tahun 2019, kemudian di ikuti oleh Malaysia dan negara-negara penghasil kelapa sawit lainnya. Nilai produksi tersebut tercatat meningkat dari tahun sebelumnya, namun belum mencukupi kebutuhan untuk konsumsi dalam negeri dan kebutuhan ekspor.

Berdasarkan data GAPKI (Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia) (2020) Produksi kelapa sawit tahunan Indonesia sepanjang 2019 meningkat 9% yaitu mencapai 51,8 juta ton dari produksi tahun 2018 sebesar 47 juta ton. Seiring dengan meningkatnya jumlah produksi kelapa sawit, tingkat konsumsi kelapa sawit pun meningkat. Konsumsi kelapa sawit di Indonesia sepanjang 2019 juga naik sebesar 24% menjadi $\pm 16,7$ juta ton dibanding tahun 2018. Selain itu, ekspor produk sawit tahun 2019 meningkat sebesar 4% dari tahun 2018 yaitu menjadi $\pm 35,7$ juta ton. Dalam data tersebut dapat dilihat bahwa nilai produksi belum mencukupi kebutuhan konsumsi dan ekspor yang menyebabkan naiknya harga kelapa sawit.

Provinsi Riau merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memproduksi kelapa sawit terbanyak dibandingkan provinsi lain di Indonesia. Menurut BPS (Badan Pusat Statistik), pada tahun 2018 Provinsi Riau mempunyai luas perkebunan kelapa sawit sebesar 2,32 juta hektar. Hasil produksi kelapa sawit pada tahun 2018 di Provinsi Riau mencapai angka $\pm 7,14$ juta ton. Luas perkebunan dan hasil produksi yang dimiliki ini, menjadikan Provinsi Riau terkenal dengan perkebunan kelapa sawit.

Meningkatnya kebutuhan dan konsumsi terhadap kelapa sawit, menjadi penyebab pemantauan produksi harus dilakukan untuk menjamin ketersediaan setiap tahun nya. Salah satu cara umum yang digunakan untuk menentukan hasil panen adalah dengan taksasi produksi. Taksasi adalah estimasi produktivitas kelapa sawit dengan cara menghitung jumlah tandan buah segar yang siap dipanen pada pokok sampel (Yahya, 2018). Taksasi merupakan metode konvensional dimana membutuhkan tenaga yang banyak dan waktu yang lama, sehingga apabila digunakan untuk cakupan wilayah perkebunan yang besar akan membutuhkan banyak waktu. Perhitungan estimasi produksi ini harus dilakukan berulang setiap sebelum panen agar data yang dihasilkan mendekati dengan jumlah produksi sebenarnya.

Sebelumnya pada penelitian Heratania Aprilia Setyowati (2017) membandingkan algoritma transformasi ARVI (*Atmospherically Resistant Vegetation Index*), VARI (*Visible Atmospherically Resistant Index*) yang mempunyai kemampuan untuk mengurangi pengaruh atmosfer dengan algoritma transformasi RVI (*Ratio Vegetation Index*) yang tidak mempunyai kemampuan untuk mengurangi pengaruh atmosfer, yang menghasilkan akurasi lebih baik untuk

algoritma transformasi indeks vegetasi yang memiliki kemampuan untuk mengurangi pengaruh atmosfer. Dan pada penelitian Grefie Dwinita (2016), ia menggunakan algoritma transformasi NDVI yang juga menghasilkan akurasi yang baik untuk di terapkan pada penelitian estimasi produktivitas kelapa sawit. Penelitian ini menggunakan transformasi indeks vegetasi NDVI dan ARVI, di karenakan NDVI merupakan salah satu transformasi indeks vegetasi yang umum digunakan untuk penelitian mengenai vegetasi serta ARVI adalah salah satu transformasi indeks vegetasi yang mempunyai kelebihan dapat menekan pengaruh atmosfer. Kedua indeks ini telah digunakan sebelumnya oleh peneliti terdahulu untuk menentukan estimasi produksi kelapa sawit dengan menggunakan citra atau metode lain. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Julia McMorro (2001) dan Anggun Tridawati (2018), dapat diketahui bahwa estimasi umur kelapa sawit dapat dilakukan menggunakan penginderaan jauh. Menurut Mansor dan Sarker (2015) dalam penelitian Tridawati (2018) umur kelapa sawit merupakan salah satu faktor yang mendukung pertumbuhan dan produktivitas kelapa sawit. Sejalan dengan uraian tersebut penelitian ini menggunakan umur sebagai salah satu variabel dalam estimasi produktivitas kelapa sawit.

Pemantauan produktivitas kelapa sawit dilakukan agar hasil produksi yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan konsumsi dan ekspor di Indonesia. Sehingga berdasarkan latar belakang diatas, terbentuklah gagasan untuk melakukan penelitian dengan judul “ 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)”

I.2 Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana korelasi antara transformasi indeks vegetasi NDVI dan ARVI dengan umur kelapa sawit pada sentinel-2A?
2. Bagaimana korelasi antara transformasi indeks vegetasi NDVI dan ARVI, umur dan produksi kelapa sawit pada sentinel-2A?
3. Bagaimana tingkat akurasi dan hasil estimasi produktivitas kelapa sawit dengan NDVI dan ARVI menggunakan Sentinel-2A?

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui hubungan antara algoritma transformasi NDVI dan ARVI dengan umur kelapa sawit pada Sentinel-2A.
2. Mengetahui hubungan algoritma transformasi NDVI dan ARVI, umur dan produksi kelapa sawit pada Sentinel-2A.
3. Mengetahui tingkat akurasi dan hasil estimasi produktivitas kelapa sawit dengan NDVI dan ARVI menggunakan Sentinel-2A.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Area Penelitian

Lokasi penelitian ini terdiri dari 3 lokasi PT yang berbeda yang tersebar di Provinsi Riau. Lokasi PT tersebut yaitu PTPN V Sei Buat, PT. Agro Abadi I dan PT. Ekadaya Sejati Sukses.

PTPN V Kebun Sei Buat adalah satu unit kerja yang dikelola PTPTN V Riau, dibawah Kementerian BUMN yang mengusahakan perkebunan kelapa sawit sebagai usaha utamanya. PTPN V Kebun Sei Buat berlokasi di Sawit Permai, Dayun, Kabupaten Siak, Riau dan memiliki luas wilayah ± 2.300 Ha. Gambaran Blok PTPN V Sei Buat dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Gambaran Blok PTPN V Sei Buat

PT. Agro Abadi I merupakan salah satu PT swasta yang mempunyai usaha di bidang perkebunan kelapa sawit. PT Agro Abadi ini beroperasi mulai tahun 2012 dan memiliki luas ± 1.1600 Ha. PT. Agro Abadi I berlokasi di Desa Kepau Jaya, Kecamatan Siak Hulu, Kabupaten Kampar, Riau. Gambaran Blok Blok PT. Agro Abadi I dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Gambaran Blok PT. Agro Abadi I

PT. Ekadaya Sejati Sukses juga I merupakan salah satu PT swasta yang mempunyai usaha di bidang perkebunan kelapa sawit. PT. Ekadaya Sejati Sukses ini memiliki luas ± 700 Ha dan berlokasi di Desa Lubuk Sakat, Kecamatan Siak Hulu, Kabupaten Kampar, Riau. Gambaran Blok PT. Ekadaya Sejati Sukses dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Gambaran Blok PT. Ekadaya Sejati Sukses

Penanaman yang dilakukan oleh PTPN V Kebun Sei Buat, PT. Agro Abadi I dan PT. Ekadaya Sejati Sukses sesuai dengan Peraturan Menteri Pertanian (2009) bahwa kerapatan pohon kelapa sawit sebanyak 143 (seratus empat puluh tiga) pohon setiap hektar (jarak tanam 9 (sembilan) meter segitiga sama sisi) atau pada tingkat kerapatan lain sesuai dengan karakter panjang tajuk varietas kelapa sawit yang digunakan.

II.2 Kelapa Sawit

Tanaman Kelapa Sawit atau dalam bahasa ilmiah *Elaeis guineensis jacq* merupakan tanaman yang berasal dari Nigeria, Afrika Barat dan juga tanaman yang berasal dari Brazil, Amerika Selatan. Seiring dengan perkembangan jaman dan juga kemampuan untuk mengolah lahan, maka keberadaan tanaman kelapa sawit semakin menyebar tak hanya di daerah Benua Afrika dan Amerika, melainkan juga merambah Benua Asia khususnya Asia Tenggara seperti Papua Nugini, Thailand, Malaysia, dan juga Indonesia. Pantai Timur Sumatera dan Aceh merupakan lokasi dibuatnya perkebunan kelapa sawit untuk yang pertama kali di Indonesia (Fauzi,2002) selanjutnya menyebar hingga Sumatera Selatan, Sumatera Barat, Riau, Bengkulu, Jambi, Lampung, Jawa Barat, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Timur, Maluku, Sulawesi, dan Papua (Sunarko,2007).

Kelapa sawit memiliki banyak kegunaan. Bagian yang memiliki nilai jual tinggi yakni buah yang tersusun dalam sebuah tandan atau istilahnya TBS (Tandan Buah Segar). TBS yang paling optimal untuk menghasilkan minyak yakni TBS yang matang seperti pada **Gambar 4** :



Gambar 4. Buah Kelapa Sawit Matang

II.3 Hubungan Umur dengan Produktivitas Kelapa Sawit

Produksi kelapa sawit dapat di pengaruhi oleh berbagai faktor, faktor-faktor ini terbagi menjadi faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal yang mempengaruhi ini seperti usia kelapa sawit. Sedangkan faktor eksternal meliputi curah hujan, kekeringan, penyakit, kesuburan tanah, kelembaban tanah, dan efisiensi panen. Produksi kelapa sawit dapat di tentukan secara akurat apabila mempertimbangkan semua faktor tersebut. Namun, umur kelapa sawit adalah salah satu indikator yang baik menjadi acuan untuk menentukan produksi kelapa sawit. Hubungan produksi kelapa sawit dan umur kelapa sawit membentuk bentuk sigmoid (bentuk S) (Chong dkk, 2017).

II.4 NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)

Saluran spektral yang peka terhadap kerapatan variasi tumbuhan dapat diketahui menggunakan transformasi indeks vegetasi. Salah satu algoritma yang

umum digunakan terhadap penelitian mengenai vegetasi adalah algoritma NDVI. Algoritma NDVI terbentuk dari adanya kombinasi antara teknik penisbalan dengan teknik pengurangan citra. Penisbalan saluran atau *band rationing* biasa digunakan untuk menghasilkan efek tertentu dalam kaitannya dengan penonjolan aspek spektral vegetasi, pengurangan efek bayangan, serta penonjolan litologi (Danoedoro P, 2012). Menurut Fadlin dkk (2020) Secara matematis NDVI dihitung melalui kombinasi matematis antara band merah / Red dan band infra merah dekat / Near-Infrared Radiation (NIR).

Algoritma transformasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dapat dilihat dalam **Persamaan 1** dan Rentang nilai NDVI dapat dilihat dalam **Tabel 1**.

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

Keterangan :
NIR :Nilai reflektansi dari saluran inframerah dekat
RED :Nilai reflektansi dari saluran merah

Tabel 1. Kisaran Tingkat Kerapatan NDVI (Menteri Kehutanan RI, 2012)

KELAS	NDVI	KETERANGAN
1	-1 s/d -0.03	Lahan Tidak Bervegetasi
2	-0.03 s/d 0.15	Kehijauan Sangat Rendah
3	0.15 s/d 0.25	Kehijauan Rendah
4	0.26 s/d 0.35	Kehijauan Sedang
5	0.36 s/d 1.00	Kehijauan Tinggi

Nilai NDVI berkisar antara -1 sampai +1 akan tetapi nilai-nilai yang kurang dari nol biasanya tidak memiliki makna ekologis.

II.5 ARVI (*Atmospherically Resistant Vegetation Index*)

ARVI adalah salah satu transformasi indeks vegetasi yang mempunyai kelebihan berupa sebuah fitur yang berfungsi untuk mengurangi pengaruh dari atmosfer. Menurut Suprayogi dan Sasmito (2018) Ketahanan ARVI terhadap pengaruh kondisi atmosferik dibanding NDVI diperoleh dari proses self-correction pada band merah yang dilakukan menggunakan perbedaan radiansi antara band merah dan biru. Pengaruh atmosfer ini dikurangi dengan menggunakan band biru dalam melakukan koreksi atmosfer pada band merah. Nilai indeks dari ARVI menghasilkan klasifikasi yang bernilai dari -1 hingga +1, dengan nilai-nilai pixel yang lebih tinggi sesuai dengan kesehatan dan kehijauan vegetasi yang diidentifikasi. Formula ARVI dirumuskan dalam **Persamaan 2** (Wijaya, 2019):

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

Keterangan :
 γ (gamma) : Menggunakan nilai 1
NIR :Nilai reflektansi dari saluran inframerah dekat
RED :Nilai reflektansi dari saluran merah

BLUE : Nilai reflektansi dari saluran biru.

II.6 Regresi Linear

Regresi linear (*linear regression*) adalah teknik yang digunakan untuk memperoleh model hubungan antara 1 variabel independen dengan 1 variabel dependen.

Analisis regresi dan korelasi mempunyai hubungan yang sangat erat. Setiap regresi pasti ada korelasinya. Model yang digunakan untuk regresi linear sederhana dapat dilihat dalam **Persamaan 3** (Harlan, 2018) :

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \epsilon_i \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :
i = 1, 2, ..., *n*
Y_i : Respons untuk subjek ke-*i*
X_i : Prediktor untuk subjek ke-*i*
 ϵ_i : Galat untuk subjek ke-*i*
 β_0 dan β_1 merupakan parameter dalam populasi yang hendak diestimasi dalam *fitting* model.

II.7 Regresi Linear Berganda

Regresi linear berganda adalah perluasan dari regresi linear. Regresi linear berganda memiliki variabel bebas lebih dari satu. Teknik regresi linear berganda digunakan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh signifikan dua atau lebih variabel bebas (*X₁, X₂, X₃, ..., X_k*) terhadap variabel terikat (*Y*). Model regresi linear berganda untuk ditunjukkan dalam **Persamaan 4** (Mona dkk, 2015):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_k X_k \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :
Y : Variabel tak bebas
 β_0 : Konstanta
X₁, X₂, ..., X_k : Variabel bebas
 $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$: Parameter untuk *X₁, X₂, ..., X_k*

III. Metodologi Penelitian

III.1 Alat dan Data

Alat dan data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut

III.1.1 Alat

Dalam penelitian ini alat yang digunakan dalam pengolahan estimasi produktivitas kelapa sawit menggunakan metode NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan ARVI (*Atmospherically Resistant Vegetation Index*) dengan citra sentinel-2A adalah :

- 1.Perangkat Keras
 - Pengolahan penelitian ini menggunakan sebuah komputer *desktop*, dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - a. *Processor* : Intel Core i3-4005U
 - b. *RAM* : 4 GB
- 2.Perangkat Lunak
 - a. *ENVI 5.1 Classic*
 - b. *QGIS Dekstop 2.18.14*
 - c. *ArcGIS 10.3*
 - d. *Microsoft Excel dan Microsoft Office*

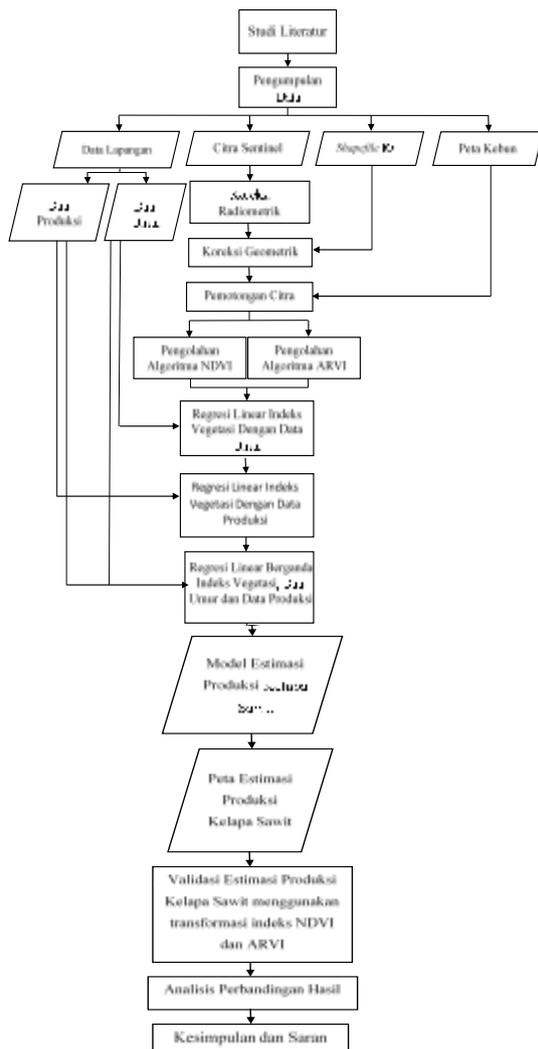
III.1.2 Data

Berikut merupakan data yang digunakan dalam penelitian ini :

- a. Citra Sentinel-2A level 2A (Sumber : <https://scihub.copernicus.eu/>).
- b. *Shapefile* Kabupaten Kampar skala 1 : 50.000(Sumber: <https://tanahair.indonesia.go.id/>).
- c. *Shapefile* Kabupaten Siak skala 1 : 50.000 (Sumber: <https://tanahair.indonesia.go.id/>).
- d. Peta Perkebunan Kelapa Sawit PT. Agro Abadi I
- e. Peta Perkebunan Kelapa Sawit PT. Ekadaya Sejati Sukses
- f. Peta Perkebunan Kelapa Sawit PT. Perkebunan Nusantara V Sei Buatan
- g. Data umur perkebunan kelapa sawit setiap PT pada tahun 2019
- h. Data produksi perkebunan kelapa sawit setiap PT pada tahun 2019

III.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Hasil dan Analisis Pengolahan Transformasi Indeks Vegetasi NDVI dan ARVI

Pengolahan transformasi indeks vegetasi NDVI dan ARVI dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ENVI *Classic* 5.1, pengolahan ini akan menghasilkan nilai indeks vegetasi untuk setiap blok yang akan digunakan sebagai sampel. Teknik sampling yang digunakan sebagai data sampel yang dilakukan pada penelitian ini adalah teknik disproportionate stratified random sampling, yaitu merupakan teknik Sampling digunakan untuk apabila jumlah sampel apabila populasi berstrata (bertingkat) tetapi kurang proporsional (berimbang) (Saleh, 2017). Pengambilan sampel dengan metode disproportionate stratified random sampling ini dilakukan karena jumlah blok per umur yang berbeda-beda, dan sampel blok yang diambil diusahakan merata di setiap bagian PT agar model yang dihasilkan dapat mewakili populasi umur yang tersedia. Jumlah sampel di tetapkan sesuai dengan Sugiyono (2012) yang menyatakan bahwa untuk penelitian yang bersifat multivariat atau memiliki beberapa parameter, menggunakan rumus 10 x jumlah parameter. Namun, seluruh sampel ditetapkan berjumlah 100 blok untuk menghasilkan model yang bagus dan menghindari kurangnya sampel apabila terdapat eliminasi sampel saat pengolahan. 100 sampel terbagi dalam 3 PT di wilayah studi kasus..

Pengolahan algoritma transformasi indeks vegetasi NDVI menghasilkan nilai indeks vegetasi maksimum 0,81, nilai indeks vegetasi minimum 0.22 dan nilai indeks vegetasi rata-rata 0,51. Sedangkan pengolahan algoritma transformasi ARVI menghasilkan rentangan yang lebih panjang yaitu dengan nilai indeks vegetasi maksimum 0,84, nilai indeks vegetasi minimum 0,07, dan nilai indeks rata-rata yang lebih rendah dari pada NDVI yaitu 0.47.

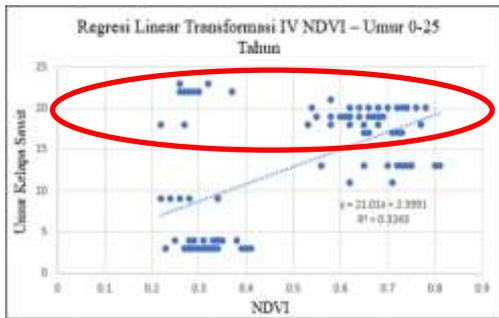
IV.2 Hasil dan Analisis Pengolahan Regresi Linear Transformasi Indeks Vegetasi NDVI dan ARVI dan Umur

Pengolahan regresi linear ini memanfaatkan nilai transformasi indeks vegetasi NDVI dan ARVI. Nilai transformasi tersebut diregresikan dengan data sekunder yaitu umur kelapa sawit yang diperoleh dari PT sehingga akan menghasilkan angka korelasi yang menggambarkan hubungan antara nilai transformasi indeks vegetasi dan umur kelapa sawit.

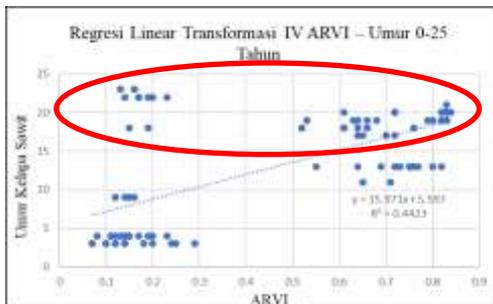
Dalam penelitian ini, peneliti melakukan beberapa tes kepada data dari hasil transformasi indeks vegetasi dengan data umur untuk mengetahui hasil yang tepat. Tes pertama dilakukan dengan meregresikan seluruh data indeks vegetasi dan data umur, seluruh sampel indeks vegetasi dengan data umur ini berjumlah masing-masing 100 sample dengan variasi umur 0 sampai 25 tahun.

Hasil regresi linear dari seluruh data sampel indeks vegetasi dengan data umur dapat dilihat pada **Gambar 6** untuk transformasi indeks vegetasi NDVI

dan pada **Gambar 7** untuk transformasi indeks vegetasi ARVI.



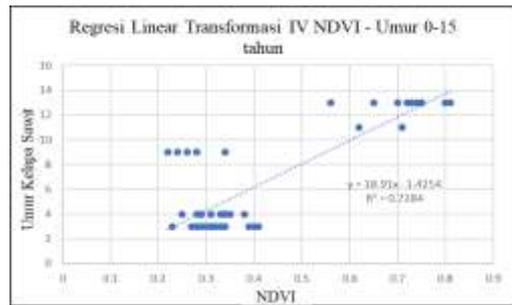
Gambar 6. Hasil Regresi Linear Transformasi IV NDVI – Umur 0-25 Tahun



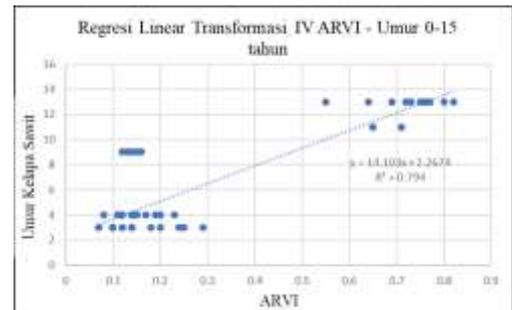
Gambar 7. Hasil Regresi Linear Transformasi IV ARVI – Umur 0-25 Tahun

Hasil dari regresi linear transformasi indeks vegetasi dengan data umur dari 0-25 tahun ini menghasilkan hubungan yang rendah untuk transformasi indeks vegetasi NDVI dan ARVI. Transformasi indeks vegetasi NDVI menghasilkan R² dan R dengan nilai 0,3243 dan 0,564. Transformasi indeks vegetasi ARVI menghasilkan R² dan R dengan nilai 0,4423 dan 0,665. Dapat dilihat pada Gambar IV-2 dan Gambar IV-3 diatas bahwa hasil regresi yang terbentuk diatas umur 15 tahun tidak membentuk pola. Hal ini dikarenakan Pada penelitian Mcmorrow (2016) yang berjudul “pemodelan regresi linear untuk estimasi umur kelapa sawit dari Landsat TM” bahwa pada usia diatas 15 tahun hubungan usia dan pancaran dari tandan kelapa lebih sensitif sehingga menghasilkan pola regresi yang lebih baik, sedangkan blok dengan umur yang lebih tua memiliki rentang dinamis sehingga model regresi linear tidak bekerja dengan baik di umur tua. Pernyataan ini didukung oleh pernyataan Riyanto (2014) dan Lembaga Pendidikan Perkebunan (2000) yang menghasilkan kesimpulan regresi dapat efektif pada kelapa sawit umur 0 – 15 tahun.

Tes selanjutnya dilakukan dengan memisahkan sampel transformasi indeks vegetasi dan data umur 0 – 15 tahun seperti penelitian Mcmorrow (2016) yang telah di bahas sebelumnya. Hasil regresi linear data sampel indeks vegetasi dengan data umur 0-15 tahun dapat dilihat pada **Gambar 8** untuk transformasi indeks vegetasi NDVI dan pada **Gambar 9** untuk transformasi indeks vegetasi ARVI.



Gambar 8. Hasil Regresi Linear Transformasi IV NDVI – Umur 0 – 15 Tahun



Gambar 9. Hasil Regresi Linear Transformasi IV ARVI – Umur 0 – 15 Tahun

Hasil regresi yang dilakukan menghasilkan nilai R² dan R dimana nilai tersebut cukup baik seperti pada **Gambar 8** yakni 0,7284 dan 0,853 untuk NDVI. Pada **Gambar 9** yakni 0,794 dan 0,891 untuk ARVI. Kedua algoritma transformasi yang digunakan menunjukkan adanya hubungan yang baik kelapa sawit umur 0 – 15 tahun dan nilai indeks vegetasi.

Hasil korelasi dari kedua transformasi indeks vegetasi ini cukup baik, namun tidak melebihi batas untuk terjadinya multikolinieritas yaitu 0,9. Uji multikolinieritas juga dapat dilakukan dengan cara melihat VIF, dengan **Persamaan 5** dan **Persamaan 6**:

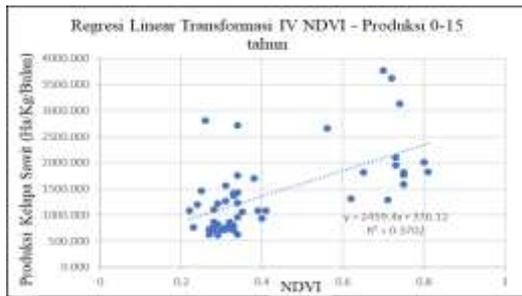
$$Tolerance = 1 - R^2 \dots\dots\dots (5)$$

$$VIF = 1 / Tolerance \dots\dots\dots (6)$$

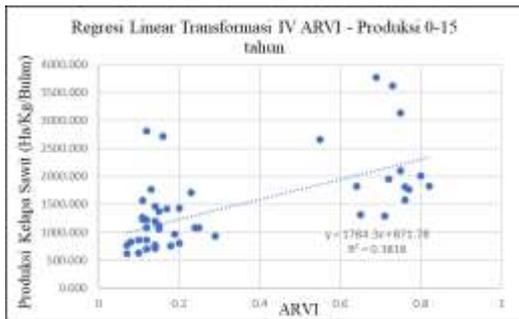
Hasil IVF ini menghasilkan 3,676 untuk NDVI dan 4,808 untuk ARVI, nilai ini <10 yang menandakan bahwa variabel bebas yang digunakan dapat dilanjutkan untuk pengolahan regresi linear berganda.

IV.3 Hasil dan Analisis Pengolahan Regresi Linear Transformasi Indeks Vegetasi NDVI dan ARVI dan Produksi

Pengolahan regresi linear transformasi indeks vegetasi dan produksi ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara nilai *spectral* transformasi indeks dengan produktivitas. Data produktivitas yang digunakan pada pengolahan ini menggunakan data lapangan yang di dapatkan dari PT terkait. Regresi ini dilakukan hanya untuk menilai korelasinya. Pengolahan ini juga membuktikan hipotesis bahwa produktivitas tidak dapat di estimasi hanya dengan nilai kehijauan saja. Hasil Regresi Linear Transformasi IV – Produksi dapat dilihat pada **Gambar 10** untuk NDVI dan pada **Gambar 11** untuk ARVI.



Gambar 10. Hasil Regresi Linear Transformasi IV NDVI – Produksi



Gambar 11. Hasil Regresi Linear Transformasi IV ARVI – Produksi

Berdasarkan Gambar 10 dan Gambar 11 dapat dilihat hasil regresi yang dilakukan antara citra hasil transformasi dengan produktivitas yang didapatkan menghasilkan nilai R² dan R yang memiliki nilai yang rendah yakni 0,3702 dan 0,6084 untuk NDVI dan 0,3818 dan 0,6179 untuk ARVI.

Dari hasil regresi linear nilai transformasi indeks vegetasi dengan produksi yang menghasilkan nilai cukup rendah ini memberikan kesimpulan bahwa parameter nilai transformasi indeks vegetasi saja tidak cukup untuk melakukan estimasi produktivitas terhadap kelapa sawit. Maka dari itu, penelitian ini juga menggunakan umur sebagai parameter untuk menunjang pengaruh terhadap kelapa sawit.

IV.4 Hasil dan Analisis Pengolahan Regresi Linear Berganda Transformasi Indeks Vegetasi NDVI dan ARVI, Umur dan Produksi

Estimasi produktivitas tanaman kelapa sawit dilakukan dengan pengolahan citra Sentinel-2A dengan transformasi indeks vegetasi NDVI dan ARVI yang menghasilkan pemodelan baru. Faktor genetik, lingkungan, serta interaksi antara genetik dan lingkungan merupakan tiga faktor utama yang mempengaruhi produksi. Pemodelan ini dibangun berdasarkan 2 faktor dari 3 faktor utama yang mempengaruhi produksi yakni faktor genetik yakni umur tanaman kelapa sawit dan faktor interaksi antara genetik dan lingkungan yakni nilai transformasi indeks vegetasi. Dalam pengolahan regresi linear berganda ini, umur dan nilai transformasi indeks vegetasi berlaku sebagai variabel bebas dan produksi sebagai variabel terikat. Hasil regresi estimasi produktivitas tanaman kelapa sawit dengan transformasi indeks vegetasi

NDVI menghasilkan nilai R² dan R yakni 0,544 dan 0,738. Sedangkan hasil regresi estimasi produktivitas tanaman kelapa sawit dengan transformasi indeks ARVI menghasilkan nilai R² dan R yakni 0,550 dan 0,741.

Hasil regresi linier berganda yang dilakukan menampilkan besarnya hubungan korelasi antar variabel dan juga arah dari hubungan yang dibangun, formula, nilai R dan R² dapat dilihat lebih jelas pada Tabel 2.

Tabel 2. Formula, R dan R² NDVI dan ARVI

Transformasi Indeks Vegetasi	Formula	R ²	R
NDVI	$Y = 584.341 + (-302.857)X_1 + (146.076)X_2$	0.544	0.738
ARVI	$Y = 499.081 + (-527.105)X_1 + (164.054)X_2$	0.55	0.741

Pengolahan regresi linear berganda menggunakan transformasi NDVI dan ARVI ini menghasilkan korelasi yang cukup baik. Hal ini menunjukkan bahwa besarnya produksi kelapa sawit dapat dipengaruhi oleh umur kelapa sawit dan nilai transformasi indeks vegetasi. Dari hasil pemodelan baru yang di hasilkan oleh regresi linear berganda dari data nilai transformasi indeks vegetasi, data umur dan data produksi menjadikan formula tersebut dapat digunakan sebagai formula untuk estimasi produktivitas kelapa sawit. Peta estimasi produktivitas kelapa sawit dapat dihasilkan dengan melakukan pengolahan dengan menggunakan formula regresi linear berganda yang telah dihasilkan.

IV.5 Validasi Estimasi Produktivitas Kelapa Sawit Menggunakan Transformasi Indeks Vegetasi NDVI dan ARVI

Teknik sampling yang digunakan sebagai data validasi adalah metode *disproportionate stratified random sampling*. Uji akurasi ini berguna untuk pertimbangan pemilihan transformasi indeks vegetasi yang terbaik untuk kegiatan estimasi produksi. Uji akurasi ini dilakukan dengan membandingkan produksi yang dihasilkan dari model yang dibuat dengan produksi yang sesungguhnya milik perkebunan karena produksi yang telah tercatat pada perkebunan dan merupakan data yang diasumsikan memiliki akurasi tinggi sebab langsung dicatat pada kondisi lapangan. Berdasarkan peta persebaran sampel untuk validasi diatas, data dapat dilihat seperti pada Tabel 3 untuk transformasi NDVI dan Tabel 4 untuk transformasi ARVI. Data tersebut kemudian diolah menggunakan rumus uji akurasi dengan formula menurut Susetyo (2012) seperti dalam Persamaan 7 dan Persamaan 8, kemudian peneliti menggunakan formula RMSE (Root Mean Square Error) untuk mengetahui rata-rata kesalahan yang di hasilkan oleh pemodelan. Menurut Budiman (2016), formula RMSE dapat dilihat dalam Persamaan 9.

SimpanganProduksi Estimasi – Produksi Realita (7)

$$\text{Akurasi (\%)} = 100\% - \left[\left(\frac{\text{Simpangan}}{\text{Produksi Realita}} \right) \times 100\% \right] \dots \dots (8)$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{(\sum(\text{Nilai aktual}-\text{Nilai prediksi})^2)/(\text{Jumlah data})} \dots \dots (9)$$

Tabel 3. Data Validasi Estimasi Produktivitas Kelapa Sawit Menggunakan NDVI

Blok	β_0	β_1	β_2	X_1	X_2	Y	Produksi Sebenarnya	Simpangan
A1	584.341	-302.857	146.076	0.4	13	2362.181	1405.369	956.812
A2	584.341	-302.857	146.076	0.38	13	2368.238	1155.344	1212.894
...
J5	584.341	-302.8574	146.0756	0.29	3	934.739	760.933	173.806
J9	584.341	-302.8574	146.0756	0.38	3	907.482	864.600	42.882
JUMLAH							46301.773	10734.889
AKURASI								76.815

Tabel 4. Data Validasi Estimasi Produktivitas Kelapa Sawit Menggunakan ARVI

Blok	β_0	β_1	β_2	X_1	X_2	Y	Produksi Sebenarnya	Simpangan
A1	499.081	-527.1053	164.054	0.4	13	2420.935	1405.369	1015.566
A2	499.081	-527.1053	164.054	0.38	13	2431.477	1155.344	1276.133
...
J5	499.081	-527.1053	164.0536	0.23	3	870.007	760.933	109.074
J9	499.081	-527.1053	164.0536	0.24	3	864.7359	864.600	0.136
JUMLAH							46301.773	10498.085
AKURASI								77.327

Keterangan :

Y : Estimasi Produktivitas Kelapa Sawit dengan menggunakan Transformasi Indeks Vegetasi NDVI / ARVI

β_0 : Konstanta

β_1 : Parameter untuk X_1

β_2 : Parameter untuk X_2

X_1 : Nilai Transformasi Indeks Vegetasi NDVI / ARVI

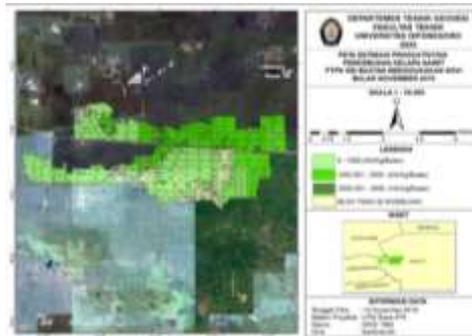
X_2 : Umur Kelapa Sawit sesuai Blok

Dari hasil validasi ini menghasilkan akurasi 76,815% untuk estimasi produktivitas kelapa sawit menggunakan NDVI dan 77,327% untuk estimasi produktivitas kelapa sawit menggunakan ARVI. Dalam penelitian ini dapat dilihat bahwa hasil estimasi produktivitas menggunakan algoritma transformasi ARVI menghasilkan akurasi lebih baik. Hasil menggunakan algoritma transformasi ARVI menghasilkan akurasi yang lebih baik diasumsikan karena algoritma transformasi ARVI memiliki kemampuan untuk mengurangi pengaruh atmosfer. Dari hasil perhitungan RMSE ini, didapatkan hasil rata-rata kesalahan 488,406 HA/Kg/Bulan untuk estimasi produksi kelapa sawit menggunakan transformasi NDVI dan 494,477 HA/Kg/Bulan untuk estimasi produksi kelapa sawit menggunakan transformasi ARVI.

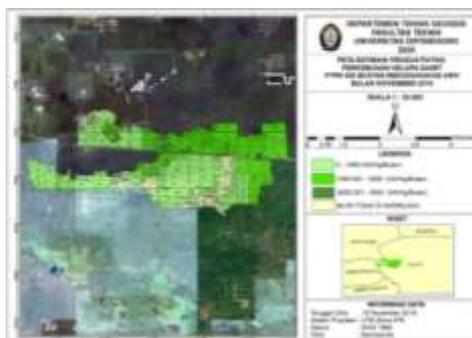
IV.6 Distribusi Spasial Estimasi Produktivitas Kelapa Sawit menggunakan Transformasi Indeks Vegetasi NDVI dan ARVI

Hasil dari estimasi produktivitas yang telah dilakukan ini di olah untuk menghasilkan peta sebagai hasil akhir dalam penelitian ini. Pada **Gambar 12** dan **Gambar 13** dapat dilihat estimasi produksi kelapa sawit untuk PTPN Sei Buatan menggunakan transformasi indeks vegetasi NDVI dan ARVI. Dan pada **Gambar 14** dan **Gambar 15** dapat dilihat estimasi produksi kelapa sawit untuk PT. Ekadaya Sejati Sukses

menggunakan transformasi indeks vegetasi NDVI dan ARVI.



Gambar 12. Peta Estimasi Produktivitas Perkebunan Kelapa Sawit PTPN Sei Buatan Menggunakan NDVI



Gambar 13. Peta Estimasi Produktivitas Perkebunan Kelapa Sawit PTPN Sei Buatan Menggunakan ARVI



Gambar 14. Peta Estimasi Produktivitas Perkebunan Kelapa Sawit PT. Ekadaya Sejati Sukses Menggunakan NDVI



Gambar 15. Peta Estimasi Produktivitas Perkebunan Kelapa Sawit PT. Ekadaya Sejati Sukses Menggunakan NDVI

produktivitas sebenarnya berjumlah 184620,957 HA/Kg/Bulan.

Tabel 5 Jumlah Estimasi Produktivitas

PT	EST. PRODUKTIVITAS		PROD. SEBENARNYA
	NDVI	ARVI	
PTPN Sei Buatan	159002.608	157831.739	134586.912
PT.Ekadaya Sejati Sukses	56170.125	55944.189	50034.046
JUMLAH	215172.733	213775.927	184620.957

Keterangan : Estimasi Produktivitas dan Produktivitas Sebenarnya (HA/Kg/Bulan)

Dalam **Tabel 5** diatas dapat dilihat jumlah estimasi produktivitas blok yang dapat dimodelkan dengan menggunakan transformasi indeks vegetasi NDVI dan ARVI. Estimasi produksi yang dihasilkan dengan menggunakan transformasi indeks vegetasi ARVI memiliki perbedaan yang lebih sedikit saat dibandingkan dengan produktivitas sebenarnya. Berbeda dengan estimasi produksi yang dihasilkan dengan menggunakan transformasi indeks vegetasi NDVI yang memiliki perbedaan lebih besar dibanding produktivitas sebenarnya. Keadaan ini sejalan dengan hasil akurasi yang dilakukan sebelumnya dengan menghasilkan akurasi yang lebih baik untuk transformasi indeks vegetasi ARVI.

V. Penutup

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh peneliti selama penelitian maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Korelasi yang membentuk pola yang baik untuk regresi linier nilai transformasi indeks vegetasi dengan umur adalah kelapa sawit dengan umur 0 sampai 15 tahun. Hasil korelasi yang dihasilkan regresi linier nilai transformasi indeks vegetasi NDVI dengan umur memiliki nilai $R^2 = 0,7284$ dan $R = 0,853$, dan regresi linier nilai transformasi indeks vegetasi ARVI dengan umur memiliki nilai $R^2 = 0,794$ dan $R = 0,891$.
2. Hasil korelasi yang dihasilkan regresi linier berganda nilai transformasi indeks vegetasi NDVI, umur dan produksi menghasilkan nilai $R^2 = 0,544$ dan $R = 0,738$ dan hasil korelasi yang dihasilkan regresi linier berganda nilai transformasi indeks vegetasi ARVI umur dan produksi menghasilkan nilai $R^2 = 0,550$ dan $R = 0,741$.
3. Penggunaan citra Sentinel-2A untuk mengestimasi produktivitas kelapa sawit menggunakan transformasi indeks vegetasi NDVI memiliki akurasi 76,815% dan menggunakan transformasi indeks vegetasi ARVI memiliki akurasi 77,327%. Hasil estimasi produktivitas yang dihasilkan menggunakan transformasi indeks vegetasi NDVI berjumlah 215172,733 HA/Kg/Bulan dan hasil estimasi produktivitas yang dihasilkan menggunakan transformasi indeks vegetasi ARVI berjumlah 213775,927 HA/Kg/Bulan, sedangkan hasil

V.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti dalam tugas akhir yang telah dilakukan, berikut adalah saran dari peneliti untuk penelitian selanjutnya:

1. Data penelitian sebaiknya dipersiapkan dan dipastikan ketersediaannya dengan instansi terkait agar kriteria data sesuai dengan rencana penelitian, terlebih dalam masa pandemi Covid-19 karena banyak instansi yang menerapkan sistem WFH (*work from home*).
2. Pengolahan dapat dilakukan dengan menggunakan citra multitemporal (dalam satu tahun) agar model yang dihasilkan lebih akurat.
3. Penelitian lebih baik dilakukan pada perkebunan milik negara maupun swasta yang memiliki variasi umur lebih beragam agar perbedaan nilai indeks vegetasi terhadap umur lebih jelas.
4. Sebelum peneliti melakukan regresi linear terhadap indeks vegetasi dan umur, ada baiknya untuk melakukan perhitungan simpangan pada nilai kehijauan di tiap umur.
5. Perlu penambahan variabel produksi lainnya yang dapat diekstrak dari data penginderaan jauh, namun pemilihan variabel pengaruh produksi harus dilakukan dengan tepat karena mempengaruhi nilai korelasi.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS Indonesia. 2020. Produksi Tanaman Perkebunan (ribu ton) Provinsi Riau Tahun 2018. BPS Indonesia
- BPS Indonesia. 2020. Luas Tanaman Perkebunan Menurut Provinsi Tahun 2018. BPS Indonesia.
- Budiman, Haldi. 2016. Analisis dan Perbandingan Akurasi Model Prediksi Rentet Waktu *Support Vector Machines* dengan *Support Vector Machines Particel Swarm Optimization* untuk Arus Lalu Lintas Jangka Pendek. Jurnal Sysemic. Vol.2 .No.1. Hal 19-24. Malaysia : Universitas Pendidikan Sultan Idris.
- Chong, K. L., Kanniah, K. D., Pohl, C., Tan, K. P., & Group, F. 2017. A review of remote sensing applications for oil palm studies. *Geo-spatial Information Science*. <https://doi.org/10.1080/10095020.2017.1337317>. Tiongkok : Wuhan University
- Danoedoro, Projo. (2012). Pengantar Penginderaan Jauh Digital. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta.
- Dwinta, Grefie. 2016. Aplikasi Citra Penginderaan Jauh Untuk Estimasi Produksi Kelapa Sawit (*Elaies Guineensis Jacq*) Berbasis Normalized Different Vegetation Index (Perkebunan PT. Mutiara Sawit Seluma, Kabupaten Seluma,

- Provinsi Bengkulu). *Jurnal Bumi Indonesia*. Vol.5. No.4. Hal 1 -12. Yogyakarta : Teknik Geodesi UGM.
- Fadlin Feri, Nia Kurniadin dan F.V. Astrolabe Sian Prasetya. 2020. Analisis Indeks Kekritisn Lingkungan di kota Makassar Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 OLI/TIRS. *Elipsoida : Jurnal Geodesi dan Geomatika*. Vol. 03. No. Hal 55-63. ISSN : 2621-9883. Semarang : Teknik Geodesi UNDIP.
- Fauzi, Yan., Widyastuti, Y. E., Setyawibawa, I., dan Hartono, R. 2002. Kelapa Sawit: Budidaya, Pemanfaatan Hasil dan Limbah , Analisis Usaha dan Pemasaran. Edisi revisi. Jakarta: Penebar Swadaya.
- GAPKI. 2020. Refleksi industri kelapa sawit 2019 dan prospek 2020. Siaran pers Gabungan Penguasaha Kelapa Sawit Indonesia (GPKI). <https://gapki.id/news/16190/refleksi-industri-kelapa-sawit-2019-dan-prospek-2020>.
- Harlan, J. 2018. Analisis Regresi Linear. Depok : Gunadarma
- Lembaga Pendidikan Perkebunan. 2000. Seri Budidaya Tanaman Kelapa Sawit. Yogyakarta: Lembaga Pendidikan Perkebunan Press.
- Mansor, S A and Sarker M L R . 2015. Remote sensing technique for estimating the age of oil palm using high resolution image. In *ACRS 2015 - 36th Asian Conference on Remote Sensing: Fostering Resilient Growth in Asia, Proceedings Asian Association on Remote Sensing*. Vol.01. Hal. 1490-1497. ISBN: 978-1-5108-1721-0.
- McMorrow, Julia. 2001. Linear regression modeling for the estimation of oil palm age from Landsat TM. *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 22. Ed. 12. Hal 2243-2264. DOI: 10.1080/01431160117188. Manchester : School of Geography, University of Manchester.
- Menteri Kehutanan Republik Indonesia. 2012. Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.32/MENHUT-II/2009 Tentang Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan Dan Lahan Daerah Aliran Sungai (Rtk Rhl-Das). Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P.12/Menhut-Ii/2012. Jakarta.
- Menteri Pertanian Republik Indonesia. 2009. Pedoman Pemanfaatan Lahan Gambut Untuk Budidaya Kelapa Sawit. PERATURAN MENTERI PERTANIAN. NOMOR : 14/Permentan/PL. 110/2/2009. Jakarta
- Mona, M G ., John S. Kekenusa dan Jantje D. Prang. 2015. Penggunaan Regresi Linear Berganda untuk Menganalisis Pendapatan Petani Kelapa Studi Kasus: Petani Kelapa Di Desa Beo, Kecamatan Beo Kabupaten Talaud. *d'Cartesian : Jurnal Matematika dan Aplikasi*. Vol. 04. No. 02. Hal 1-8. DOI: <https://doi.org/10.35799/dc.4.2.2015.9211>. Manado : Program Studi Matematika, FMIPA, UNSRAT.
- Riyanto. 2014. Observasi Produksi Tandan Buah Segar Pada Perkebunan Sawit Rakyat. Vol.01. No.01. Hal 1-8. Medan : Fakultas Biologi Universitas Medan Area.
- Saleh, Sirajuddin. 2017. Analisis Data Kualitatif. Bandung : Pustaka Ramdhan.
- Setyowati, Heratania Aprilia. 2016 . Efektivitas Transformasi Indeks Vegetasi untuk Identifikasi dan Pemetaan Penggunaan Lahan di Area Perkebunan Kelapa Sawit berdasarkan Citra SPOT-6 (Studi Kasus: Perkebunan PT.Tunggal Perkasa, Air Molek, Indragiri Hulu). *Majalah Ilmiah Globe*. No. 19. Ed. 01. Hal 0-11. Universitas Gajah Mada : Fakultas Geografi.
- Sugiyono. 2012. Memahami Penelitian Kualitatif. Bandung : Alfabeta.
- Sunarko. 2007. Petunjuk Praktis Budidaya dan Pengolahan Kelapa Sawit. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Suprayogi, Andri dan Bandi Sasmito. 2018. Kajian Ekstraksi Unsur Dalam Identifikasi Tutupan Lahan Berbasis Layer Stacking Indeks Citra (Studi Kasus : Kecamatan Wedarijaksa, Kabupaten Pati). *Elipsoida : Jurnal Geodesi dan Geomatika*. Vol.01. No. 01. Hal 26-32. ISSN : 2621-9883. Semarang : Teknik Geodesi UNDIP.
- Susetyo, Imam. (2012). Permodelan Estimasi Produksi Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Muell.-Arg) Berbasis citra Satelit, Potensi genetik, dan Data Satuan Medan. (Studi Kebun Getas, PTPN IX Salatiga, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah). *Thesis*. Yogyakarta : Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Takwir, Amadhan. 2017. Remote sensing untuk kerapatan vegetasi. Kendari : FPIK Universitas Halu Oleo.
- Tridawati, Anggun. 2018. Oil Palm Age Based On Optical Remote Sensing Image In Landak Regency, West Kalimantan Indonesia. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. Vol. 169. Ed. 01. Hal 1-9. DOI: 10.1088/1755-1315/169/1/012063. Lampung : Universitas Lampung.
- Wijaya, Alfi Dian Ranu. 2019. Studi Perbandingan Metode ARVI, EVI 2 Dan NDVI Untuk Penentuan Kerapatan Tajuk Dalam Identifikasi Lahan Kritis Di Kabupaten Boyolali (Studi Kasus: Kecamatan Ampel, Kecamatan Cepogo, Kecamatan Selo Dan Kecamatan Musuk Kabupaten Boyolali). *Jurnal Geodesi Undip*. Vol. 8. No. 1. Hal 1-10. Universitas Diponegoro : Departemen Teknik Geodesi.
- Yahya, Sudirman. 2018. Pengelolaan Panen Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) di Afdeling 5 Kebun Tinjowan, Sumatera Utara. *Buletin Agrohorti*. Vol. 06. Ed. 02. Hal 241-249. Bogor : Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.