

# **Pendugaan Produksi Padi Menggunakan Citra Sentinel-2A di Kabupaten Tabanan**

I MADE ALIT WIRANATHA<sup>\*)</sup>

I WAYAN NUARSA

I KETUT SARDIANA

Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Udayana

Jl. PB. Sudirman Denpasar Bali 80231

<sup>\*)</sup>Email: alitwiranatha02@gmail.com

## **ABSTRACT**

### **Estimation of Rice Production Using Sentinel-2a Image in Tabanan Regency**

Rice is strategical commodities because rice is a primary food in Indonesia. Thus, the estimation of rice production becomes crucial to do before the time of harvest to determine the availability of food. The objectives of this study were (1) developing of estimation equation model using Sentinel-2A imagery, (2) estimating rice field production using Sentinel-2A imagery, and (3) testing the accuracy of rice production estimation results using images Sentinel-2A. The research area is located in Tabanan Regency. Analysis of the research is done by the analysis of the single band and vegetation indices of Sentinel-2A satellite imagery. Estimation model of rice production developed by finding out the relationship between the satellite imagery data and the rice production data. Finally, accuracy test of the rice production estimation model is done using t test and regression analysis. The result of the study shows that the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) has the best relationship with the rice age and then used for the rice production estimation. The equation of rice production estimation is  $y = 7,7429 \ln(x) + 11,147$ , where y is the rice production in ton/ha and x is the value of NDVI of Sentinel-2A imagery in rice age range of 57 to 67 day after transplanting. The results of the accuracy test showed that the model obtained is suitable for estimating rice production with the accuracy level of 84,59% and a standard error of estimated production of  $\pm 0,7463$  ton/ha. Based on the research results, it can be concluded that the Sentinel-2A satellite imagery can be used to estimate the rice production with the enough accuracy. The results are expected to be a reference in estimating rice production in Tabanan Regency.

**Keywords:** *estimation model, rice production, sentinel-2a, vegetation index*

## 1. Pendahuluan

Padi merupakan salah satu tanaman pertanian penting karena beras adalah makanan utama yang dikonsumsi oleh sebagian besar masyarakat Indonesia. Konsumsi beras di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Oleh sebab itu kebutuhan akan beras di Indonesia menjadi sangat tinggi. Hasil kajian di Kementerian Pertanian menunjukkan bahwa keperluan cadangan beras nasional (CBN) untuk menjaga stabilitas harga dan ketahanan pangan nasional sebesar 5,1 juta ton (17% kebutuhan konsumsi beras nasional). Sementara itu cadangan beras masyarakat (CBM) sebesar 4,4 juta ton (Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian 2018).

Estimasi produksi pertanian biasa dilakukan dengan cara konvensional yaitu dengan pengumpulan data jumlah produksi dari para petani oleh para penyuluh pertanian. Pengumpulan data yang dilakukan akan membutuhkan waktu cukup lama dan membutuhkan tenaga yang lebih banyak. Penggunaan teknologi penginderaan jauh untuk mengkaji estimasi produksi komoditas pertanian akan diperoleh informasi produksi komoditas pertanian yang lebih cepat dan hanya membutuhkan tenaga yang sedikit.

Citra Sentinel-2A merupakan salah satu citra penginderaan jauh yang memiliki resolusi spasial, temporal, dan spektral yang baik. Sentinel-2A memiliki 13 band, 4 band beresolusi 10 m, 6 band beresolusi 20 m, dan 3 band beresolusi spasial 60 m dengan area sapuan 290 km. Melihat potensi tersebut, citra Sentinel-2A mempunyai potensi yang besar untuk monitoring dan estimasi produksi padi. Berbagai penelitian tentang estimasi produksi pada tanaman padi dengan menggunakan citra satelit selain Sentinel-2A telah dilakukan, seperti Citra Landsat ETM+ (Nuarsa *et al.*, 2012) dan Landsat 8 OLI (Putra dkk., 2018). Masing-masing wilayah cenderung memiliki karakteristik tersendiri, sehingga model estimasi di suatu wilayah belum tentu cocok diterapkan pada wilayah lain. Pengembangan model estimasi dilakukan untuk dapat menduga hasil panen padi sebelum masa panen serta melakukan pemantauan umur tanaman padi di lapangan dengan memanfaatkan data citra satelit Sentinel-2A.

Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) mengembangkan model persamaan estimasi produksi padi menggunakan citra Sentinel-2A, (2) mengestimasi produksi padi sawah dengan menggunakan citra Sentinel-2A di daerah penelitian, dan (3) menguji tingkat akurasi hasil estimasi produksi padi menggunakan citra Sentinel-2A dengan data BP3K.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Tabanan, Provinsi Bali yang secara geografis berada pada posisi 8°14'30''–8°30'07'' LS dan 114°54'52''–115°12'57'' BT. Penelitian ini dilakukan dari bulan Januari 2020 sampai dengan bulan Maret 2020.

## 2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan pengolahan data dan peralatan lapangan. Peralatan pengolahan data meliputi seperangkat komputer lengkap dengan software ArcGis 10.4.1, sedangkan peralatan lapangan meliputi GPS dan alat tulis. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa peta RBI digital daerah Tabanan yang di unduh melalui situs [tanahair.indonesia.go.id](http://tanahair.indonesia.go.id), citra Sentinel-2A yang diunduh melalui situs [earthexplorer.usgs.gov](http://earthexplorer.usgs.gov) dan data ubinan BP3K di Kabupaten Tabanan.

## 2.3 Tahapan Penelitian

- a. Pengumpulan Data Ubinan di dapatkan dari (BP3K) Kabupaten Tabanan dengan jumlah 62 data ubinan dari 62 subak. Data ubinan yang di dapatkan berupa berat (kg) panen ubinan dalam luasan 2,5 m x 2,5 m, tanggal panen, umur, jumlah anakan dan varietas. Berat ubinan yang didapat kemudian dikonversi menjadi ton/ha.
- b. Penentuan Titik Koordinat Data Ubinan dilakukan dengan cara mengunjungi lokasi pengambilan ubinan yang dibantu oleh petugas BP3K. Pencatatan titik koordinat dilakukan menggunakan GPS.
- c. Penentuan Tanggal Penanaman ditentukan dengan cara tanggal panen dikurang dengan umur padi. Pengamatan citra satelit mulai di lakukan pada saat tanaman padi berumur 15 hari, atau 2 minggu setelah tanam.
- d. Data Sentinel-2A diunduh dari situs <http://earthexplorer.usgs.gov> pada titik koordinat ubinan pada mulai tanaman berumur 15 hari setelah tanam, atau sekitar umur 2 minggu sampai panen. Seleksi pada citra dilakukan untuk memilih citra yang bebas awan (tidak tertutupi awan), berdasarkan 60 titik koordinat yang dapat digunakan, dimana 30 titik koordinat digunakan untuk pengembangan model estimasi dan 30 titik koordinat digunakan untuk melakukan uji ketelitian model yang bebas awan.
- e. Analisis Citra  
Analisis citra pada penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap sebagai berikut:

### 1. Preprocessing

Citra satelit yang telah terkumpul selanjutnya diolah dengan menggunakan software ArcGis 10.4.1. Tahap pertama dilakukan *cropping area*, yaitu memotong citra seluas daerah penelitian dengan menggunakan fitur *Extract by Mask*. Kedua dilakukan koreksi radiometrik dengan tujuan untuk mengurangi efek atmosfer pada citra yang dapat menyebabkan nilai reflektansi yang dipantulkan objek mengalami gangguan. Koreksi radiometrik dilakukan dengan menggunakan nilai TOA (*Top of Atmosfer*), yang mana nilai tersebut merupakan hasil konversi dari nilai *Digital Number* (DN) dengan menggunakan persamaan 1 dan 2. Persamaan tersebut diaplikasikan menggunakan fitur *raster calculator* pada aplikasi ArcGis untuk memudahkan dalam pelaksanaan penelitian.

$$\rho\lambda' = M_\rho Q_{cal} + A_\rho \quad (1)$$

Keterangan:

$\rho\lambda'$  = Reflektan *TOA planetary*, tanpa dikoreksi sudut matahari,  $M_\rho$  = Perkiraan saluran spesifik dengan factor *rescaling* dari metadata (*REFLECTANCE-MULTI\_BAND\_x*, dimana x adalah nomor saluran),  $A_\rho$  = Penambahan saluran spesifik dengan factor *rescaling* dari metadata (*REFLECTANCE-ADD\_BAND\_x*, dimana x adalah nomor saluran),  $Q_{cal}$  = Kuantitas dan kalibrasi produk standar nilai piksel (DN), *TOA reflectance* dengan koreksi sudut matahari dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta_{SE})} \quad (2)$$

Keterangan:

$\rho\lambda$  = Reflektan *TOA planetary*,  $\theta_{SE}$  = Sudut elevasi matahari lokal. Sudut elevasi matahari pada pusat citra dalam derajat, nilai ini terdapat pada metadata (*SUN\_ELEVATION*),  $\theta_{SZ}$  = Sudut solar zenith lokal;  $\theta_{SZ} = 90^\circ - \theta_{SE}$

## 2. Pembuatan Indeks Vegetasi

Analisis citra Sentinel-2A yang dilakukan meliputi analisis indeks vegetasi dan analisis saluran (*band*) tunggal citra Sentinel-2A. Analisis indeks vegetasi yang dilakukan dalam penelitian ini, diantaranya: *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Transform Vegetation Index* (TVI), *Ration Vegetation Index* (RVI), *Difference Vegetation Index* (DVI), serta *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI). Persamaan dari masing-masing indeks vegetasi tersebut seperti ditampilkan pada persamaan 3 sampai 7.

$$NDVI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red} \quad (3)$$

$$TVI = \frac{100}{\sqrt{\frac{NIR-Red}{NIR+Red} + 0.5}} \quad (4)$$

$$RVI = \frac{NIR}{Red} \quad (5)$$

$$DVI = NIR - Red \quad (6)$$

$$SAVI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red+L} (1 + L) \quad (7)$$

Dimana *NIR* dan *Red* masing-masing merupakan saluran inframerah dekat (*band* 8), dan saluran merah (*band* 4), faktor koreksi *background brightness* ( $L = 0,5$ ). Selain analisis indeks vegetasi, dalam penelitian ini juga dilakukan analisis saluran citra Sentinel-2A secara tunggal. Adapun saluran tunggal yang digunakan adalah saluran *band* 4 dan *band* 8, masing-masing merupakan saluran merah, dan saluran inframerah dekat.

## 3. Menentukan Indeks Vegetasi Terbaik

Untuk mencari nilai spectral Sentinel-2A terbaik untuk estimasi produksi padi dilakukan dengan membuat hubungan antara nilai saluran tunggal atau indeks vegetasi

dengan umur tanaman padi. Bentuk persamaan yang terbaik dinilai dari nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) tertinggi dan standar error (SE) terendah. Beberapa penelitian sebelumnya seperti pada penelitian Citra Landsat ETM+ (Nuarsa *et al.*, 2012) dan Landsat 8 OLI (Putra dkk, 2018), menunjukkan bahwa hubungan antara nilai spektral tanaman baik nilai spektral tunggal maupun indeks vegetasi menunjukkan hubungan kuadrat. Nilai spektral tanaman pada umur tanaman mencapai puncak kurva akan digunakan sebagai basis dalam estimasi produksi padi.

#### 4. *Estimasi Produksi Padi*

Model estimasi produksi padi diperoleh dari persamaan hubungan antara nilai spektral citra Sentinel-2A pada umur padi dengan nilai spektral tertinggi dengan data BP3K. Pada penelitian ini bentuk persamaan yang dianalisis dan dibandingkan adalah persamaan linear, exponential, polynomial, logarithmic dan power. Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) tertinggi dan nilai standar error (SE) terendah merupakan model terbaik yang digunakan untuk mengestimasi produksi padi dari nilai spektral tanaman pada umur padi dengan nilai spektral puncak. Nilai ambang kisaran tanaman padi yang dipilih dalam estimasi tanaman padi adalah 5 hari berdasarkan penelitian sebelumnya (Putra dkk, 2018). Estimasi produksi padi dengan menggunakan nilai spektral tanaman padi dilakukan pada kisaran umur 55 (60 - 5) hari sampai 65 (60 + 5) hari.

#### 5. *Uji Ketelitian*

Pengujian ketelitian model dilakukan dengan cara membandingkan antara hasil estimasi citra Sentinel-2A dengan hasil produksi padi BP3K. Data yang digunakan untuk melakukan uji ketelitian model berbeda dengan data yang digunakan untuk membangun model estimasi. Uji ketelitian model dilakukan dengan dua cara, melakukan uji t untuk mengetahui apakah ada perbedaan yang nyata antara produksi padi hasil estimasi dengan data ubinan BP3K. Kemudian melakukan analisis regresi untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara hasil estimasi dengan data BP3K yang di nilai dari nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) dengan standar error model estimasi produksi padi. Apabila persentase kesesuaian model lebih dari 80%, maka model tersebut sangat baik digunakan untuk melakukan estimasi produksi padi di Kabupaten Tabanan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 *Analisis Citra*

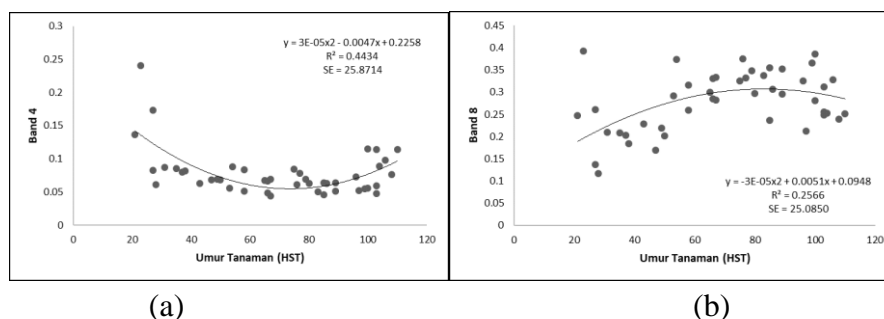
Citra satelit yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra yang bebas awan dengan jumlah citra sebanyak 20 *scene*. Tanggal perekaman citra tersebut adalah 5 Oktober 2018, 10 Oktober 2018, 25 Oktober 2018, 14 Desember 2018, 13 Januari 2019, 2 Februari 2019, 12 Februari 2019, 22 Februari 2019, 24 Maret 2019, 3 April 2019, 13 April 2019, 23 April 2019, 3 Mei 2019, 12 Juli 2019, 1 Agustus 2019, 21 Agustus 2019, 31 Agustus 2019, 10 September 2019, 20 September 2019, dan 20 Oktober 2019.

*Cropping area* dilakukan dengan memotong satu dataset dengan dataset lain untuk mendapatkan dataset baru dengan bidang luasan yang sama dengan dataset pemotongnya. Pada proses pemotongan, *Feature Mask* yang digunakan adalah *Polygon* Tabanan yang didapatkan dari situs *tanahair.indonesia.go.id*. Citra yang telah di-*cropping* kemudian melalui tahap koreksi radiometrik sebelum digunakan dalam analisis produksi padi. Koreksi radiometrik dilakukan dengan tujuan mengurangi pengaruh atmosferik. Pada Koreksi Radiometrik fitur yang digunakan adalah *Raster Calculator* pada aplikasi Arcgis.

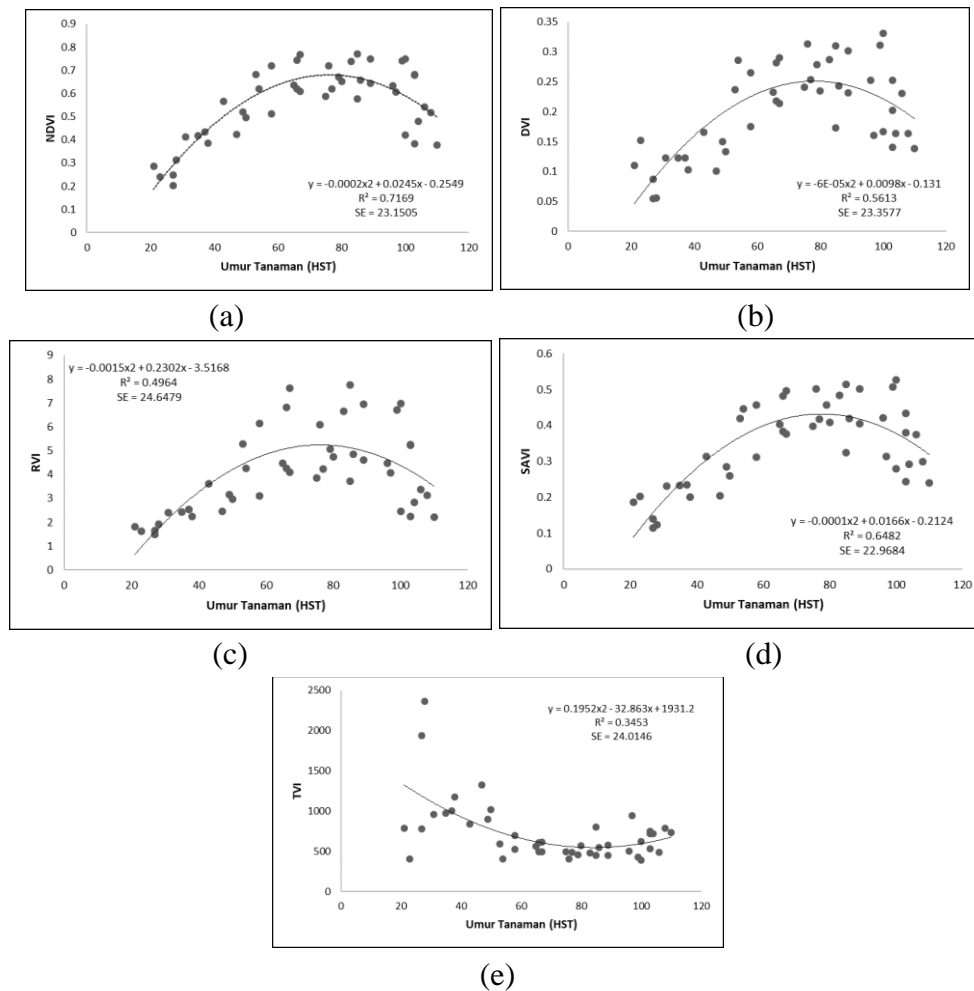
### 3.2 Hubungan Nilai Spektral Citra Sentinel-2A dengan Umur Tanaman Padi

Hasil analisis band tunggal citra Sentinel-2A menunjukkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang rendah pada setiap band citra Sentinel-2A. Nilai  $R^2$  yang ditunjukkan oleh *band* 4 adalah sebesar 0,4434, kemudian *band* 8 dengan nilai  $R^2$  adalah 0,2566 (Gambar 1). Analisis *band* tunggal belum dapat menggambarkan umur tanaman padi di lapangan.

Hasil analisis korelasi antara indeks vegetasi citra Sentinel-2A dengan umur tanaman padi, membentuk hubungan kuadrat yang berbeda-beda untuk setiap algoritma indeks vegetasi. Terdapat satu indeks vegetasi yang menunjukkan hubungan korelasi terbaik adalah NDVI dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,7169 (Gambar 2). Empat indeks vegetasi lainnya seperti DVI, RVI, SAVI, dan TVI menunjukkan korelasi kurang baik, dengan nilai  $R^2$  masing-masing 0,5613, 0,4964, 0,6482, dan 0,3453. Penggunaan beberapa *band* dalam bentuk indeks vegetasi dapat menggambarkan umur padi yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan *band* tunggal (Nuarsa *et al.*, 2012). Nilai indeks vegetasi akan bernilai rendah pada awal waktu tanam padi. Seiring dengan bertambahnya umur tanaman, indeks vegetasi juga akan meningkat hingga mencapai puncak pertumbuhan tanaman padi pada umur sekitar dua bulan dan kemudian akan menurun kembali sampai akhirnya tanaman padi dipanen (Wahyunto *et al.*, 2006).



Gambar 1. Grafik Hubungan antara Umur Tanaman Padi terhadap *Band* Tunggal Citra Satelit (a) *Band* 4 (Red), (b) *Band* 8 (NIR)



Gambar 2. Grafik Hubungan antara Umur Tanaman Padi terhadap Indeks Vegetasi Citra Satelit (a) NDVI, (b) DVI, (c) RVI, (d) SAVI, (e) TVI

Berdasarkan hasil analisis korelasi data citra Sentinel-2A, maka terpilihlah satu persamaan terbaik. Persamaan tersebut adalah:  $y = -0,0002x^2 + 0,0245x - 0,2549$

Keterangan:

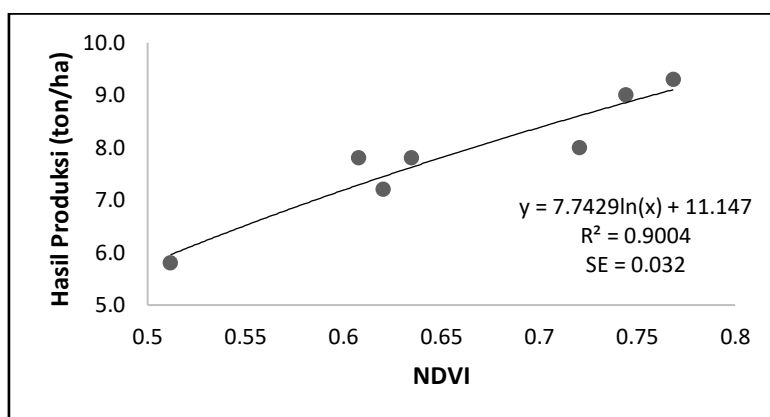
y = nilai NDVI

x = umur tanaman padi

Melalui persamaan korelasi tersebut maka umur tanaman padi pada saat nilai indeks vegetasi berada pada titik maksimum akan dapat ditentukan apabila  $\frac{dy}{dx}$  sama dengan 0. Hasil analisis menunjukkan bahwa umur puncak tanaman padi pada nilai indeks vegetasi NDVI adalah pada saat umur 63 hari. Penentuan umur tanaman ini sangat penting dilakukan, mengingat penentuan umur ini selanjutnya akan dijadikan sebagai acuan dalam menduga hasil produksi padi di lapangan. Umur tanaman tersebut merupakan fase transisi antara fase vegetative dan fase reproduktif tanaman padi (Nuarsa, 2007).

### 3.3 *Persamaan Pendugaan Produksi Padi*

Parameter indeks vegetasi yang digunakan adalah  $\pm 5$  hari dari umur puncak indeks vegetasi. Oleh karena itu rentang umur yang digunakan untuk indeks vegetasi tersebut adalah umur 57 hari sampai 67. Hasil analisis menunjukkan bahwa algoritma NDVI memberikan korelasi terbaik dengan nilai  $R^2$  0,9004 (Gambar 3). Adapun persamaan pendugaan terbaik yang terpilih untuk mengestimasi hasil produksi padi adalah  $y = 7,7429\ln(x) + 11,147$ , dimana  $x$  adalah nilai NDVI citra Sentinel-2A dan  $y$  merupakan hasil produksi padi dalam ton/ha. Berdasarkan hasil analisis tersebut maka indeks vegetasi NDVI merupakan indeks vegetasi terbaik yang dapat digunakan dan pada kondisi normal akan berkorelasi positif terhadap hasil produksi tanaman padi. Akibat dari korelasi positif tersebut adalah, apabila terjadi kenaikan nilai NDVI citra Sentinel-2A maka hasil produksi padi juga akan ikut meningkat, begitu pula sebaliknya. Nilai NDVI dapat menjadi alat yang efektif dalam menduga hasil produksi padi (Siyal *et al.*, 2015).



Gambar 3. Hubungan Korelasi antara Hasil Produksi Padi dengan Nilai Indeks Vegetasi NDVI

### 3.4 *Uji Ketelitian Hasil Estimasi Produksi Padi Dengan Citra Sentinel-2A*

Uji ketelitian dilakukan dengan tujuan untuk menentukan tingkat akurasi dari estimasi produksi padi yang digunakan. Persamaan pendugaan produksi padi yang diperoleh kemudian diuji dengan cara membandingkan antara hasil estimasi dengan data statistik produksi padi BP3K Kabupaten Tabanan. Hasil uji t, menunjukkan bahwa nilai t-hitung adalah 2,06 dan lebih kecil dibandingkan dengan t-tabel yaitu 2,57 (Tabel 1). Hal tersebut menyatakan bahwa antara hasil ubinan dengan hasil estimasi tidak berbeda nyata (*non signifikan*) pada taraf  $\alpha = 5\%$ . Berdasarkan pada hasil tersebut, dapat dikatakan bahwa model estimasi yang diperoleh sangat cocok untuk digunakan dalam menduga produksi padi di Kabupaten Tabanan.



Tabel 1. T-test Berpasangan

Sampel	6
df	5
$\alpha$	0,05
t-Hitung	2,062767536
Mean 1	7,04
Mean 2	5,96
t-Tabel	2,571

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

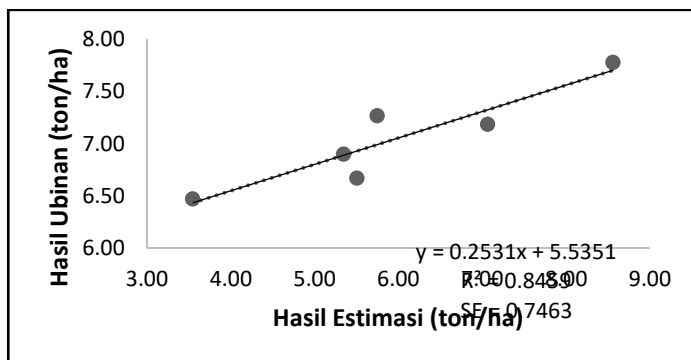
Tabel 2. Uji Ketelitian Model dengan cara Membandingkan antara Hasil Ubinan BP3K dengan Hasil Estimasi Menggunakan Citra Sentinel-2A

No	Nama Lokasi (Subak)	Umur Tanaman (HST)	Hasil Ubinan	Hasil Estimasi	Selisih (c) = (a)-(b)
			(ton/ha)	(ton/ha)	
			(a)	(b)	
1	Aseman IV	58	6,90	5,35	1,55
2	Sungsang	58	7,78	8,57	-0,79
3	Anyar Tegeh	59	7,19	7,07	0,12
4	Penarukan	62	6,67	5,51	1,16
5	Pupuan Luah	64	6,47	3,55	2,92
6	Luwus 2	60	7,27	5,75	1,52
Jumlah			42,27	35,78	6,48
Rata-rata			7,04	5,96	1,08
t-Hitung			2,06		
t-Tabel			2,57		
$\alpha$			95%		

Sumber: BP3K Kabupaten Tabanan, 2019

Hasil Perhitungan, 2020

Pada uji kesesuaian antara hasil estimasi produksi padi dengan data ubinan lapangan menunjukkan hubungan yang linier dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,8459 serta standar error (SE) sebesar 0,7463 (Gambar 4). Hasil uji ketelitian model tersebut menunjukkan bahwa model estimasi produksi padi yang digunakan dalam penelitian ini memiliki tingkat kesesuaian hasil dengan data ubinan BP3K sebesar 84,59% dengan nilai standar error sebesar  $\pm 0,7463$  ton/ha.



Gambar 4. Grafik Hubungan antara Hasil Estimasi Produksi Padi Menggunakan Citra Satelit Sentinel-2A dengan Data Ubinan BP3K

#### 4. Kesimpulan dan Saran

##### 4.1 Kesimpulan

1. Model estimasi produksi padi yang diperoleh adalah  $y = 7,7429\ln(x) + 11,147$ , dimana  $x$  adalah nilai NDVI citra Sentinel-2A dan  $y$  merupakan hasil produksi padi dalam ton/ha.
2. Hasil estimasi menggunakan citra Sentinel-2A di daerah penelitian berkisar dari 3,55 ton/ha sampai 8,57 ton/ha.
3. Hasil analisis t-test menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang nyata pada taraf kepercayaan 95% antara hasil estimasi produksi padi dengan citra Sentinel-2A dengan data ubinan BP3K. Disamping itu ada kesesuaian antara hasil estimasi produksi padi dengan citra Sentinel-2A dengan data ubinan BP3K dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) 0,8459 dan standar error (SE) 0,7463 ton/ha.

##### 4.2 Saran

1. Mengingat awan merupakan faktor pembatas penting dalam penggunaan citra satelit optik, maka untuk penelitian berikutnya, disarankan menggunakan bukan saja citra Sentinel-2A tapi juga Sentinel-2B sehingga diperoleh resolusi temporal 5 hari dari kedua satelit tersebut. Dengan demikian, peluang mendapat citra bebas atau sedikit awan akan semakin besar.
2. Persamaan estimasi produksi padi yang diperoleh pada penelitian ini dapat digunakan sepanjang menggunakan citra Sentinel-2A dengan kondisi fisik dan klimatologi daerah yang diestimasi sama atau mirip dengan daerah di daerah penelitian.

#### Daftar Pustaka

1. Badan Ketahanan Pangan kementerian Pertanian, 2018. Laporan Tahunan Badan Ketahanan Pangan Tahun 2017. 205

- Nuarsa, I W. dan Nishio, F. (2007). Relationship Between Rice Growth Parameters and Remote Sensing Data. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*: 4: 102-112.
- Nuarsa I W., Fumihiko Nishio, and Chiharu Hongo. 2012. Rice Yield Estimation Using Landsat ETM+ Data and Field Observation. *Journal of Agricultural Science*, 4(3):45-56.
- Putra, M. A., I. W. Nuarsa, I. W. Sandi Adnyana. 2018. Estimasi Produksi Padi Dengan Analisis Citra Satelit Landsat 8 Di Kabupaten Klungkung Provinsi Bali. *ECOTROPHIC*. 12(1): 102
- Siyal, A.A, J. Dempewolf, dan I. B. Reshef.2015. Rice yield estimation using Landsat ETM+ data. *Journal of Applied Remote Sensing*. 9(2015):1-16.
- Wahyunto., Widagdo, dan Bambang Heryanto.2006. Pendugaan Produktivitas Tanaman Padi Sawah Melalui Analisis Citra Satelit. Peneliti Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian.