

# ANALISIS IDENTIFIKASI FASE TUMBUH PADI UNTUK ESTIMASI PRODUKSI PADI DENGAN ALGORITMA EVI DAN NDRE MULTITEMPORAL PADA CITRA SENTINEL-2 DI KABUPATEN DEMAK

Nida Shabrina<sup>\*)</sup>, Abdi Sukmono, Sawitri Subiyanto

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788  
Email: [nidashabrina@students.undip.ac.id](mailto:nidashabrina@students.undip.ac.id)

## ABSTRAK

Kabupaten Demak merupakan salah satu kabupaten penghasil produktivitas padi terbesar di Jawa Tengah. Tahun 2009 Jawa Tengah menjadi provinsi dengan penghasil produktivitas padi terbesar di Indonesia. Informasi prediksi produksi padi dapat dilakukan sebagai upaya pendukung untuk pemerintah dalam melaksanakan program ketahanan pangan. Ketahanan pangan bertujuan agar Indonesia dapat kembali swasembada pangan. Peningkatan produksi padi harus diiringi dengan peningkatan hasil dan perluasan area sawah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi fase tumbuh padi yang dapat digunakan untuk mengestimasi produksi padi menggunakan citra satelit Sentinel-2. Algoritma yang digunakan dalam penentuan fase tumbuh padi adalah algoritma EVI (*Enhanced Vegetation Index*) dan algoritma NDRE (*Normalized Difference Red-Edge Index*). Model peramalan statistika ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) digunakan untuk menentukan estimasi produksi padi. Hasil penelitian berupa analisis algoritma terbaik dalam penentuan fase tumbuh padi yaitu algoritma NDRE yang lebih baik dibanding dengan algoritma EVI dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,6095 sehingga memiliki nilai keterpengaruhannya sebesar 60,95% dengan model persamaan  $y = -0,0131 x^2 + 0,1484 x + 0,0758$ . Hasil estimasi produksi padi Kabupaten Demak tahun 2020 pada fase 1 yaitu 780.832,062 kwintal, fase 2 yaitu 134.158,68 kwintal, fase 3 yaitu 67.007,979, fase 4 yaitu 30.042,981 kwintal, fase 5 yaitu 51.665,364 kwintal, fase 6 yaitu 677.001,807 kwintal, fase 7 yaitu 311.704,848 kwintal, fase 8 yaitu 620.269,812 kwintal, fase 9 yaitu 833.853,285 kwintal, dan fase 10 yaitu 753.001,272 kwintal.

**Kata Kunci:** EVI, Fase Tumbuh Padi, NDRE, Produksi Padi, Sentinel-2.

## ABSTRACT

Demak Regency is one of the largest paddy producing districts in Central Java. In 2009 Central Java became the province with the largest paddy productivity producer in Indonesia. Information on rice production predictions can be used as a support effort for the government in implementing food security programs. Food security aims so that Indonesia can return to food self-sufficiency. Increased rice production must be accompanied by increased yields and expansion of rice fields. This study aims to determine the distribution of rice growth phases which can be used to estimate rice production using Sentinel-2 satellite imagery. The algorithms used in determining the phase of rice growth are the EVI (*Enhanced Vegetation Index*) algorithm and the NDRE (*Normalized Difference Red-Edge Index*) algorithm. As well as to determine the estimated rice production used the ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) statistical forecasting model. The results of the research are the best algorithm analysis in determining the phase of rice growth, namely the NDRE algorithm which is better than the EVI algorithm with a coefficient of determination ( $R^2$ ) of 0,6095 so that it has an influence value of 60,95% with the equation model  $y = -0,0131 x^2 + 0,1484 x + 0,0758$ . The results of the estimated rice production for Demak Regency in 2020 in phase 1 are 780.832,062 quintals, phase 2 is 134.158,68 quintals, phase 3 is 67.007,979, phase 4 is 30.042,981 quintals, phase 5 is 51.665,364 quintals, phase 6 is 677.001,807 quintals, phase 7 is 311.704,848 quintals, phase 8 is 620.269,812 quintals, phase 9 is 833.853,285 quintals, and phase 10 is 753.001,272 quintals.

**Keywords:** EVI, Paddy Growing Phase, NDRE, Paddy Production, Sentinel-2.

<sup>\*)</sup> Penulis Penanggung Jawab

## I. Pendahuluan

### I.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris yang di mana sektor pertanian merupakan salah satu sektor yang cukup vital dalam menunjang pertumbuhan perekonomian Indonesia. Sebagian besar penduduk Indonesia banyak yang bermata pencaharian sebagai petani, maka Indonesia sangat peka terhadap lahan-lahan pertanian (Sukirno, 2002). Keanekaragaman hayati yang melimpah serta iklim tropis yang menyebabkan sinar matahari dapat menyinari sepanjang tahun, berdampak pada kesuburan lahan pertanian di Indonesia.

Daerah yang cukup berpotensi sebagai sentra padi di Provinsi Jawa Tengah adalah Kabupaten Demak. Kabupaten Demak merupakan penghasil produktivitas padi terbesar di Jawa Tengah, yang di mana saat itu Jawa Tengah menjadi provinsi dengan penghasil produktivitas padi terbesar di Indonesia. Hal ini didukung berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Demak yang dipublikasikan pada Demak Dalam Angka Tahun 2010, yang di mana produksi bersihnya mencapai 571.300 ton dengan rata-rata 58,53 kw/Ha.

Informasi prediksi produksi padi dapat dilakukan sebagai upaya pendukung untuk pemerintah agar memberlakukan kebijakan yang tepat dalam penanganan isu ketahanan pangan untuk meningkatkan produksi padi. Upaya peningkatan produksi padi dilaksanakan agar Indonesia dapat kembali mencapai swasembada pangan. Kegiatan impor beras di Indonesia dilakukan pada setiap tahun. Hal ini didasari oleh tingkat kelaparan di Indonesia yang masih tercatat tertinggi di Asia Tenggara, namun kebutuhan akan produksi padi masih belum terpenuhi. Maka dari itu, perlu dilakukan peningkatan produksi padi yang merupakan makanan pokok bagi masyarakat Indonesia. Identifikasi fase tumbuh padi juga merupakan salah satu parameter penentuan kesehatan tanaman padi. Kesehatan tanaman padi dan ketersediaan lahan sawah di Indonesia menjadi faktor utama yang mempengaruhi produksi padi. Peningkatan produksi padi harus diiringi dengan peningkatan hasil dan perluasan area sawah.

Teknologi penginderaan jauh merupakan salah satu teknologi yang dimanfaatkan pada penelitian ini karena dapat menghasilkan data dalam bentuk digital. Penginderaan jauh dapat mencakup wilayah penelitian yang lebih luas, sehingga dapat diaplikasikan pada penelitian pemantauan fase tumbuh padi dengan lebih efektif, efisien, dan ekonomis. Penentuan fase tumbuh padi dapat dimanfaatkan sebagai data pendukung untuk penentuan estimasi produksi padi. Estimasi produksi padi diperoleh dari data luas panen serta tingkat produktivitas padi. Salah satu model peramalan yang berkembang pada dewasa ini adalah metode ARIMA. Estimasi produktivitas tanaman padi menggunakan model estimasi ARIMA perlu memperhatikan kesesuaian data dan model tentatif yang digunakan (Darmawan, 2019).

Penelitian ini menghasilkan data fase tumbuh padi beserta estimasi produksi padi. Data hasil penelitian tersebut dapat dijadikan sebagai acuan pertumbuhan produksi padi di Indonesia. Berdasarkan latar belakang di atas, terbentuklah gagasan untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisis Identifikasi Fase Tumbuh Padi untuk Estimasi Produksi Padi dengan Algoritma EVI dan NDRE Multitemporal pada Citra Sentinel-2 di Kabupaten Demak”.

### I.2 Rumusan Masalah

Penelitian kali ini mengangkat beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil penggunaan algoritma EVI dan NDRE dalam mengidentifikasi fase tumbuh padi di Kabupaten Demak?
2. Bagaimana analisis hasil estimasi produksi padi Kabupaten Demak Tahun 2020 berdasarkan perbandingan antara metode EVI dan NDRE menggunakan metode peramalan ARIMA?

### I.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan akhir sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil penggunaan algoritma EVI dan NDRE dalam mengidentifikasi fase tumbuh padi di Kabupaten Demak;
2. Mengetahui analisis hasil estimasi produksi padi Kabupaten Demak Tahun 2020 berdasarkan perbandingan antara metode EVI dan NDRE menggunakan metode peramalan ARIMA.

### I.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki batasan yang diharapkan tidak terlalu luas dan fokus pada tujuan tertentu. Batasan penelitian ini adalah:

1. Wilayah penelitian adalah wilayah sawah di Kabupaten Demak, Provinsi Jawa Tengah.
2. Penentuan fase tumbuh padi pada wilayah sawah di Kabupaten Demak, Provinsi Jawa Tengah menggunakan algoritma EVI dan NDRE.
3. Estimasi produktivitas padi menggunakan metode peramalan statistika ARIMA.
4. Penelitian tidak memperhatikan faktor varietas padi, irigasi, jenis tanah, serta kandungan unsur hara dan nutrisi yang diberikan pada sawah.
5. Citra satelit yang digunakan adalah citra Sentinel-2A Level-1C akuisisi bulan Mei, Juni dan Juli yang memiliki tutupan awan paling rendah pada wilayah sawah dan disesuaikan pada musim tanam kedua di Kabupaten Demak.
6. Pengambilan sampel dilakukan dengan memotret kondisi sawah pada maksimal 3 hari setelah tanggal akuisisi citra agar tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil pengolahan citra dengan hasil survei lapangan.

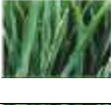
**II. Tinjauan Pustaka**

**II.1 Padi**

Tanaman Padi dengan nama latin *Oryza Sativa* merupakan tanaman pangan berupa rumput berumpun, tanaman pertanian kuno ini berasal dari dua benua yaitu Asia dan Afrika Barat tropis dan subtropis (Atekan, 2009). Tanaman ini tersebar luas di seluruh dunia dan tumbuh di hampir semua bagian dunia. Tanaman padi pada umumnya membutuhkan waktu 3 hingga 4 bulan untuk tumbuh, yang dimulai dari pembenihan sampai dengan panen.

Pada satu kali periode tanam padi, terdiri beberapa fase pertumbuhan padi, menurut *International Rice Research Institute (IRRI, 2015)* Philipina, tahap pertumbuhan dapat dikelompokkan menjadi 4 tahap utama yaitu: persiapan, vegetatif, reproduktif dan pemasakan. Data fase pertumbuhan padi terhadap umur padi dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1** Tahap Pertumbuhan Padi

Tahap Pertumbuhan	Tahapan	Keterangan
Vegetatif	1. <i>Seedling</i> yaitu penanaman bibit pada lahan yang sudah diolah dan disiapkan.	
	2. <i>Tillering</i> yaitu bibit padi mulai tumbuh, daun mulai bertambah banyak.	
	3. <i>Stem elongation</i> yaitu padi mulai tumbuh tinggi dan daun mulai menutup.	
Reproduktif	4. <i>Panicle, initiation booting,</i> yaitu padi mulai bunting.	
	5. <i>Heading</i> yaitu malai mulai keluar.	
	6. <i>Flowering</i> yaitu malai berkembang dan keluar bunga.	
Ripening / Pemasakan	7. <i>Milk grain</i> yaitu butiran padi mulai berisi biasanya masih berbentuk seperti susu.	
	8. <i>Dough grain</i> yaitu biji padi mulai mengeras dan daun masih berwarna hijau.	
	9. <i>Mature grain</i> yaitu tahap pemasakan biji padi sampai akhirnya siap dipanen.	

**II.2 Penginderaan Jauh**

Penginderaan Jauh adalah ilmu, seni dan teknik untuk memperoleh informasi suatu objek, daerah, dan/atau fenomena melalui analisis data yang

diperoleh dengan suatu alat tanpa harus kontak langsung dengan objek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Lillesand & Kiefer, 1994).

Dewasa ini, teknologi penginderaan jauh secara umum mengacu pada penggunaan teknologi sensor berbasis satelit atau pesawat untuk mendeteksi dan melakukan klasifikasi terhadap objek di muka bumi, termasuk pada permukaan atmosfer dan lautan. Teknologi ini diproses berdasarkan sinyal. Hal ini menyebabkan penginderaan jauh dapat dibagi 2, yaitu penginderaan jauh aktif dan pasif.

Penginderaan jauh aktif yaitu ketika sinyal dipancarkan oleh satelit atau pesawat dan pantulan terhadap objek tersebut dapat terdeteksi oleh sensor. Sedangkan untuk penginderaan jauh pasif yaitu ketika membutuhkan adanya cahaya matahari sebagai pantulan untuk terdeteksi oleh sensor. Pada penelitian ini digunakan penginderaan jauh pasif menggunakan citra Sentinel-2 secara multi-temporal.

**II.3 Sentinel-2**

Citra satelit Sentinel-2 ini dirancang khusus untuk memberikan banyak data dan gambar. Satelit ini dilengkapi dengan sensor multispektral opto-elektronik untuk survei dengan resolusi spasial yang dimiliki oleh Sentinel-2 yaitu 10 meter hingga 60 meter yang berada di saluran *visible near infra-red (VNIR)* dan *shortwave infra-red (SWIR)*, termasuk 13 saluran spektral yang dapat memastikan penangkapan perbedaan khususnya dalam tutupan lahan vegetasi yang termasuk dalam perubahan temporalnya dan juga dapat meminimalisir dampak pada kualitas pengaruh atmosfer. Orbit ketinggian rata-rata satelit Sentinel-2 adalah 785 km dan keberadaan dua satelit dalam misi memungkinkan survei berulang atau resolusi temporal setiap 5 hari pada khatulistiwa atau 10 hari pada wilayah yang sama.

Satelit Sentinel-2 digunakan dalam penelitian ini dengan alasan jika dilihat dari jenisnya yang mencakup 3 saluran *red edge* dengan panjang gelombang yang berbeda untuk memberikan informasi penting tentang keadaan vegetasi. Satelit Sentinel-2 dapat melihat perubahan sangat awal dalam kesehatan tanaman karena resolusi temporalnya yang relatif cepat, serta resolusi spasial pada ketiga saluran *red edge* yaitu 20 meter. Hal ini sangat berguna bagi pengguna dan pembuat kebijakan untuk mengaplikasikannya pada pertanian dan untuk mendeteksi tanda-tanda awal kekurangan pangan di negara-negara berkembang. Panjang gelombang dan resolusi spasial Citra Sentinel-2 disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Spesifikasi Citra Sentinel-2

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

**II.4 Cloud Removal**

Cloud removal bertujuan untuk untuk dapat mengurangi cakupan awan pada citra satelit karena dapat menghilangkan informasi yang diperlukan pada data penginderaan jauh (Rahmawan, 2014). Secara teknis, proses cloud removal ini dilanjutkan dengan melakukan penampalan bagian citra yang bolong atau sudah memiliki nilai piksel 0 dengan citra lain yang bebas dari awan atau cloud masking.

Gangguan awan ini sering dijumpai pada daerah tropis, seperti Indonesia. Tutupan awan dapat mempengaruhi nilai-nilai spektral pada objek di bawah maupun di sekitar awan, bahkan dapat menghilangkan seluruh informasi objek permukaan bumi. Pengolahan cloud removal ini termasuk pada pra-pengolahan citra yang dapat dilakukan apabila citra pada wilayah penelitian tersebut terdapat awan.

**II.5 Algoritma EVI**

EVI merupakan indeks vegetasi yang dirancang untuk meningkatkan sinyal vegetasi dengan tingkat sensitivitas yang lebih baik di kawasan biomassa tinggi dan pemantauan vegetasi yang lebih baik karena adanya pemisahan sinyal kanopi dan mengurangi pengaruh atmosfer. Persamaan (1) adalah persamaan dari algoritma EVI (Liu dan Huete, 1995).

$$EVI = G * \frac{NIR-red}{(L+NIR+C1 red-C2 blue)} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- EVI = nilai indeks EVI
- NIR = nilai saluran inframerah dekat atau band 8
- red = nilai saluran merah atau band 4
- G = faktor skala dari EVI, bernilai 2,5
- L = faktor kalibrasi tanah, bernilai 1
- C1 = faktor untuk mengatasi aerosol, bernilai 6
- C2 = faktor untuk mengatasi aerosol, bernilai 7,5
- blue = nilai saluran biru atau band 2.

**II.6 Algoritma NDRE**

Indeks vegetasi NDRE menggunakan perbedaan reflektansi antara panjang gelombang tepi merah (red edge) dan inframerah dekat (NIR) dengan panjang gelombang sekitar 700 nm untuk mengukur kepadatan dan kondisi vegetasi, seperti kandungan klorofil (Thompson, 2019). Indeks ini sangat mirip dengan analog yang lebih umum dan lebih terkenal, yaitu NDVI. Namun, NDRE lebih sensitif jika dibandingkan dengan NDVI untuk periode pematangan tanaman

tertentu. NDRE dapat mendeteksi kondisi tanaman yang lebih baik daripada NDVI, untuk tanaman musim tengah dan akhir yang telah mengakumulasi klorofil dalam jumlah besar. Hal ini dikarenakan bahwa saluran red edge (yang digunakan dalam NDRE) dapat melewati daun jauh lebih dalam daripada saluran red (yang digunakan dalam NDVI). Persamaan (2) adalah algoritma dari NDRE (Thompson, 2019).

$$NDRE = \frac{NIR-red edge}{NIR+red edge} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- NDRE = nilai indeks NDRE
- NIR = nilai saluran inframerah dekat atau band 8
- red edge = nilai saluran tepi inframerah atau band 5

Saluran red edge merupakan saluran yang memiliki pusat spektrum di sekitar 715 nm dengan menyesuaikan panjang gelombang pada masing-masing citra. Menurut Muramatsu (2019), indeks klorofil diturunkan dari sensor data Sentinel-2. Klorofil red edge dengan panjang gelombang 705 nm memiliki hubungan yang kuat dengan kapasitas produksi vegetasi secara global. Maka dari itu, pada penelitian ini digunakan band 5 red edge dengan panjang gelombang 0,705 mm atau 705 nm untuk algoritma NDRE.

**II.7 Model Peramalan ARIMA**

ARIMA merupakan singkatan dari Autoregressive Integrated Moving Average yang merupakan metode yang sangat tepat untuk mengatasi kerumitan deret waktu dan situasi prakiraan lainnya. Metode ARIMA dapat dipergunakan untuk memperkirakan data histori dengan kondisi yang sulit dimengerti pengaruhnya terhadap data secara teknis dan sanga takurat untuk prakiraan periode jangka pendek (Sofyan, 1984).

Model ARIMA diaplikasikan pada beberapa permasalahan suatu data yang menunjukkan bukti bukan stationeritas untuk menghilangkan bukti tersebut. Autoregressive menunjukkan bahwa variabel yang berkembang mengalami kemunduran. Integrated di sini menunjukkan bahwa adanya perbedaan pengamatan awal untuk memungkinkan deret waktu menjadi diam, yaitu nilai data digantikan oleh perbedaan antara nilai data dan nilai sebelumnya. Moving average menunjukkan bahwa nilai data telah diganti dengan perbedaan antara nilai mereka dan nilai sebelumnya. Kedua hal ini bertujuan untuk pembentukan model yang tepat dengan data yang baik.

Notasi standar pada peramalan ARIMA yaitu dengan parameter p, d, q yang di mana nilai integer menggantikan parameter untuk menunjukkan jenis model ARIMA yang digunakan. Berikut adalah definisi dari ketiga parameter ARIMA (Wei, 2006):

- a. p : jumlah lag yang keluar dari confident interval pada grafik PACF.
- b. d : jumlah proses differencing yang dilakukan.
- c. q : jumlah lag yang keluar dari confident interval pada grafik ACF.

**II.8 Regresi Linier Berganda**

Analisis regresi didefinisikan sebagai kajian terhadap hubungan satu variabel yang disebut sebagai variabel yang diterangkan dengan satu atau dua variabel yang menerangkan (Gujarati, 2015).

Regresi linier berganda digunakan apabila dalam regresi linier terdapat lebih dari satu variabel bebas. Regresi linier berganda dapat dilihat pada Persamaan (3).

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_n X_n + e \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

Y = variabel terikat

X = variabel bebas

$\alpha$  = konstanta

$\beta$  = koefisien regresi

Pada penelitian ini, digunakan regresi polinomial berganda orde 2. Regresi ini dibentuk oleh penjumlahan dari masing-masing variabel bebas yang dipangkatkan hingga orde ke n. Persamaan (4) adalah model persamaan dari regresi polinomial berganda.

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 * x_1 + \alpha_2 * x_2^2 + \dots + \alpha_n * x_n^n \dots \dots \dots (4)$$

Koefisien determinasi atau *R square* ( $R^2$ ) merupakan koefisien dengan nilai yang berkisar antara 0 hingga 1 yang menunjukkan seberapa besar pengaruh dari variabel terikat maupun variabel bebas. Semakin besar pengaruh antara variabel terikat dan variabel bebas pada data tersebut, maka semakin besar pula nilai  $R^2$  yang diperoleh. Nilai yang merupakan selisih dari angka 1 dengan nilai  $R^2$  merupakan nilai yang dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak diteliti, atau juga bisa disebut sebagai *error*.

**III. Metodologi Penelitian**

**III.1 Data-Data Penelitian**

Penelitian ini menggunakan data sebagai berikut:

1. Citra Sentinel-2A Kabupaten Demak tanggal akuisisi 13 Mei 2020, 12 Juni 2020, dan 2 Juli 2020.
2. Peta Rupa Bumi Kabupaten Demak skala 1:25.000.
3. *Shapefile* sawah Kabupaten Demak (sumber: BAPPEDA).
4. *Shapefile* batas administrasi Kabupaten Demak (sumber: BAPPEDA).
5. Data koordinat titik sampel sawah dan dokumentasi dalam bentuk foto.
6. Data produktivitas padi Kabupaten Demak tahun 2004-2019 (sumber: Badan Pusat Statistik).

**III.2 Alat-Alat Penelitian**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

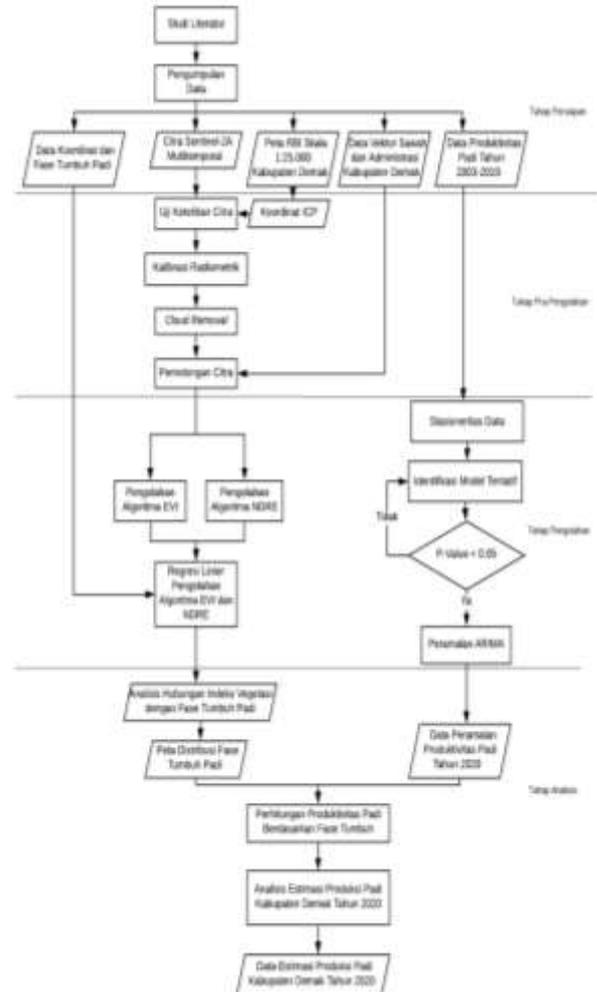
1. Laptop ASUS Windows 10 12 GB RAM, Intel(R) Core(TM) i5-8250U
2. Aplikasi Mobile Topographer.
3. Kamera *smartphone* iPhone 7.
4. Formulir deskripsi fase padi.
5. Alat tulis dan peralatan pendukung lainnya.
6. Perangkat lunak ENVI 5.1 *Classic*.
7. Perangkat lunak ArcGIS 10.3.
8. Perangkat lunak QGIS 3.12.0.
9. Perangkat lunak Minitab 17.

10. Perangkat lunak Microsoft Word 2010.

11. Perangkat lunak Microsoft Excel 2010.

**III.3 Diagram Alir Penelitian**

Tahapan pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir yang dapat dilihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1** Diagram alir penelitian

**III.4 Tahapan Penelitian**

1. Tahap Persiapan
 

Pada tahap ini dilakukan pencarian studi literatur mulai dari buku, jurnal, laporan dan skripsi terdahulu yang berkaitan dan mendukung dilakukannya penelitian, serta melakukan pengumpulan data yang dibutuhkan dalam penelitian.
2. Tahap Pengolahan
 

Pelaksanaan dilakukan dengan pra-pengolahan citra, lalu pengolahan algoritma EVI dan NDRE pada seluruh citra yang dapat dihasilkan perentangan nilai indeks vegetasi sebagai bahan untuk penentuan fase pertumbuhan padi. Serta untuk peramalan produktivitas padi, pengolahan dilakukan menggunakan metode peramalan ARIMA
3. Tahap Analisa Data
 

Analisis data dilakukan dengan melakukan regresi antara algoritma EVI, dan NDRE dengan



NDRE, yang di mana akan menghilangkan nilai awan atau *cloud removal*. Berikut adalah hasil *cloud removal*.



Gambar 4 Hasil *cloud removal*

Berdasarkan pada gambar di atas, objek yang terdeteksi sebagai awan pada citra tersebut setelah dilakukan proses *cloud removal* menggunakan metode LSWI dan *band* biru yang telah dilakukan proses *masking*, nilai piksel akan teridentifikasi senilai 0.

**IV.4 Hasil Pengolahan Algoritma EVI**

Penggunaan algoritma EVI dalam penelitian penentuan fase tumbuh padi diharapkan dapat memberikan sensitivitas yang baik pada suatu vegetasi karena adanya pemisahan sinyal kanopi dan mengurangi adanya pengaruh atmosfer. Berdasarkan hasil pengolahan algoritma EVI, puncak fase tumbuh padi berada pada fase 6 yang di mana pada fase tersebut terjadi pembungaan pada tanaman padi. Bunga dan batang padi yang masih berwarna hijau, serta bunga yang belum merunduk sehingga jika dilihat secara kanopi, padi pada fase 6 ini terlihat lebih hijau jika dibandingkan dengan fase-fase yang lain. **Tabel 4** adalah nilai spektral dari hasil pengolahan algoritma EVI.

Tabel 4 Nilai spektral EVI

Tanggal Citra	Nilai Spektral EVI			
	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Standar Deviasi
13 Mei 2020	-0,114377	14,516775	0,263491	0,154358
12 Juni 2020	-0,128069	1,708375	0,372616	0,121869
2 Juli 2020	-0,162889	3,984435	0,25852	0,117547

**Tabel 4** menunjukkan nilai minimum, maksimum, rata-rata, dan standar deviasi pada nilai spektral hasil pengolahan algoritma EVI pada citra Sentinel-2A secara temporal. Dapat dilihat bahwa citra pada tanggal 12 Juni 2020 memiliki rata-rata nilai spektral paling tinggi di antara citra yang lain, yang di mana pada citra tersebut mayoritas berada pada fase generatif awal atau fase 4 – 6. Pada fase tersebut, batang padi masih hijau namun sudah mulai tumbuh bunga yang juga masih berwarna hijau.

**IV.5 Hasil Pengolahan Algoritma NDRE**

Algoritma NDRE menggunakan saluran spektral *Near Infra-Red* (NIR) dan saluran *red edge* yang berada antara merah dan *visible* NIR. NDRE lebih sensitif jika dibandingkan dengan NDVI dikarenakan saluran *red edge* dapat melewati daun jauh lebih dalam jika dibandingkan dengan NDVI.

Berdasarkan hasil pengolahan algoritma NDRE, hasil yang diperoleh tidak jauh beda dengan hasil pengolahan algoritma EVI. Puncak fase tumbuh padi berada pada fase 6 yang di mana pada fase tersebut padi sedang dalam masa pembungaan yang masih berwarna hijau, sehingga nilai spektral pada fase 6 relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan fase yang lain. **Tabel 5** adalah nilai spektral dari hasil pengolahan algoritma EVI.

Tabel 5 Nilai spektral NDRE

Tanggal Citra	Nilai Spektral NDRE			
	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Standar Deviasi
13 Mei 2020	-0,514812	0,945379	0,329028	0,185973
12 Juni 2020	-0,611366	0,704431	0,456053	0,136272
2 Juli 2020	-0,635147	0,739282	0,337897	0,150073

Berdasarkan pada **Tabel 5**, nilai spektral NDRE memiliki nilai rata-rata tertinggi pada hasil pengolahan citra pada akuisisi tanggal 12 Juni 2020, yang di mana hal ini juga terjadi pada pengolahan algoitma EVI. Namun untuk kisaran nilai spektralnya, nilai spektral NDRE relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai spektral EVI.

**IV.6 Hasil Pengolahan Peramalan ARIMA**

Data yang digunakan dalam proses pengolahan peramalan ARIMA sebelumnya telah dilakukan proses stasioneritas data terhadap ragam dan rata-rata serta proses *differencing*. Berdasarkan jumlah proses *differencing* yang dilakukan serta *lag* yang keluar dari *confident interval*, dapat dibentuk suatu model peramalan ARIMA yang dapat dikombinasikan menjadi beberapa model. Model terbaik yang dihasilkan yaitu model (1, 1, 0) yang di mana memiliki definisi sebagai berikut:

- p (*partial*) : jumlah *lag* yang keluar dari *confident interval* pada grafik PACF sebanyak 1;
- d (*differencing*) : jumlah proses *differencing* yang dilakukan sebanyak 1 kali;
- q (*autocorrelation*) : jumlah *lag* yang keluar dari *confident interval* pada grafik ACF sebanyak 0.

Berdasarkan dari definisi model (p, d, q) di atas diperoleh model (1, 1, 0). Berikut adalah hasil running dari model (1, 1, 0).

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	19.9	*	*	*
DF	10	*	*	*
P-Value	0.031	*	*	*

Hasil *running* model (1, 1, 0) di atas dapat diketahui bahwa nilai *P-value* adalah 0,031. Berdasarkan analisis yang dilakukan terhadap hasil estimasi parameter model ARIMA (1, 1, 0), dapat dikatakan bahwa model ini layak digunakan untuk peramalan, karena parameter pada model ini memiliki *p-value* kurang dari batas toleransi *alpha* ( $\alpha$ ) 0,05 (Rahman, 2016). Sehingga model (1, 1, 0) dapat dilakukan proses peramalan dengan hasil running sebagai berikut:

Forecasts from period 16

Period	Forecast	95% Limits	
		Lower	Upper
Actual			
17	69.8905	63.3039	76.4772
18	71.3610	63.3658	79.3562
19	72.1047	62.5820	81.6275

Hasil *running* peramalan model (1, 1, 0) di atas menunjukkan hasil 3 periode ke depan. Periode 1 – 16 merupakan tahun 2003 – 2018, sehingga periode 17 merupakan tahun 2019, periode 18 merupakan tahun 2020, dan periode 19 merupakan tahun 2021.

Periode 17 pada tahun 2019 digunakan sebagai data validasi, yaitu data hasil peramalan dibandingkan dengan data produktivitas padi yang diperoleh dari BPS. Data produktivitas padi Kabupaten Demak tahun 2019 dari BPS yaitu sebesar 70,69 kw/Ha yang di mana memiliki selisih sebesar 0,7995 kw/Ha dengan hasil peramalan yang sebesar 69,8905 kw/Ha. Data produktivitas padi Kabupaten Demak tahun 2019 dari BPS masih masuk ke dalam interval hasil peramalan dengan nilai *lower* sebesar 63,3039 kw/Ha dan nilai *upper* sebesar 76,4772 kw/Ha. Berikut adalah persentase keakuratan dari hasil peramalan ARIMA.

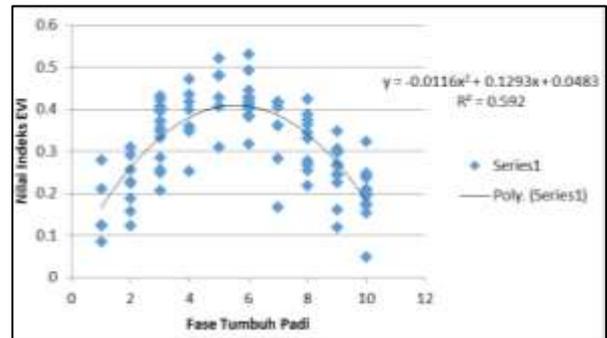
$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= \frac{\text{hasil peramalan}}{\text{data produktivitas BPS}} \times 100 \% \\
 &= \frac{69,8905}{70,69} \times 100 \% = 98,869\%
 \end{aligned}$$

Data tahun 2019 sudah memenuhi nilai peramalan berdasarkan nilai akurasi di atas, dan data tahun 2020 hasil peramalan dapat digunakan pada penelitian ini. Data peramalan ARIMA untuk produktivitas padi Kabupaten Demak tahun 2020 adalah sebesar 71,3610 kw/Ha dengan interval nilai *lower* 63,3658 kw/Ha dan *upper* 79,3562 kw/Ha.

#### IV.7 Hasil Hubungan Indeks Vegetasi dengan Fase Tumbuh Padi

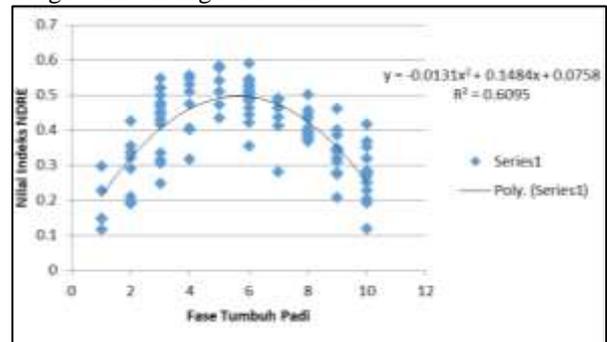
Proses penentuan metode terbaik dilakukan regresi dengan model persamaan *polynomial* dengan nilai orde 2 yang dilakukan pada algoritma indeks vegetasi yang digunakan yaitu indeks EVI dan NDRE. Proses regresi ini bertujuan untuk mengetahui metode algoritma terbaik dalam penentuan fase tumbuh padi.

**Gambar 5** adalah hasil regresi algoritma indeks EVI.



**Gambar 5** Kurva hasil regresi fase tumbuh padi dengan indeks EVI

Berdasarkan hasil regresi algoritma indeks EVI, dapat diperoleh persamaan EVI :  $y = -0,0116 x^2 + 0,1293 x + 0,0483$  dengan nilai *R square* ( $R^2$ ) sebesar 0,592 yang di mana memiliki nilai keterpengaruhan antara variabel *x* yaitu fase tumbuh padi dengan variabel *y* yaitu nilai indeks sebesar 59,2%. Kemudian regresi juga dilakukan pada algoritma indeks NDRE dengan hasil sebagai berikut:



**Gambar 6** Kurva hasil regresi fase tumbuh padi dengan indeks NDRE

Berdasarkan hasil regresi algoritma indeks NDRE, dapat diperoleh persamaan NDRE :  $y = -0,0131 x^2 + 0,1484 x + 0,0758$  dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,6095. Metode terbaik dapat dilihat dari nilai  $R^2$  yang paling besar yaitu algoritma NDRE yaitu dengan  $R^2$  sebesar 0,6095 yang di mana memiliki nilai keterpengaruhan antara variabel *x* yaitu fase tumbuh padi dengan variabel *y* yaitu nilai indeks sebesar 60,95%.

Persamaan algoritma indeks NDRE yang diperoleh dari proses regresi dengan model persamaan *polynomial* yaitu  $y = -0,0131 x^2 + 0,1484 x + 0,0758$  dapat diketahui rentang nilai spektral dari setiap fase tumbuh padi. Proses perhitungan rentang nilai spectral dari setiap fase tumbuh padi dihitung dengan cara memasukkan nilai *x* sebagai fase tumbuh ke dalam persamaan tersebut sehingga diperoleh nilai *y* yang dijadikan sebagai nilai tengah yang dapat diketahui batasan dari interval fase tumbuh padi. Estimasi interval untuk parameter dapat digunakan untuk mengetahui variabel prediktor yang signifikan terhadap variabel respon (Ardyanto, 2018). Berikut adalah hasil perhitungan interval nilai spektral berdasarkan model dari hasil regresi untuk menentukan fase tumbuh padi:

**Tabel 6** Rentang indeks NDRE

Fase	Rentang Indeks	$\Delta VI$
1	< 0,26565	>0
2	0,26566 - 0,36165	>0
3	0,36166 - 0,43145	>0
4	0,43146 - 0,47505	>0
5	0,47506 - 0,739282	>0
6	0,739281 - 0,48365	<0
7	0,48364 - 0,44865	<0
8	0,44864 - 0,38745	<0
9	0,38744 - 0,30005	<0
10	0,30004 - 0,1249	<0

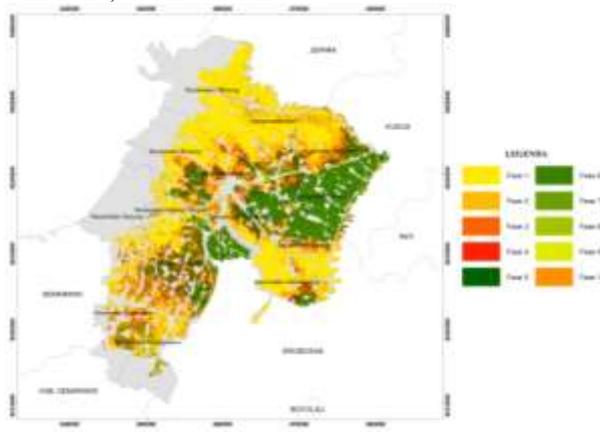
Fase vegetatif ditandai dengan perubahan nilai NDVI yang positif dan fase generatif ditandai dengan perubahan nilai NDVI yang negatif (Setiawan, 2018). Nilai  $\Delta VI$  merupakan nilai delta indeks vegetasi yang digunakan untuk menentukan fase tumbuh padi pada kisaran nilai spektral yang relatif sama. Apabila nilai  $\Delta VI > 0$  atau menunjukkan nilai positif, maka dapat didefinisikan ke dalam fase tumbuh vegetatif. Fase tumbuh vegetatif berada pada rentang fase 1 hingga fase 5. Apabila nilai  $\Delta VI < 0$  atau bernilai negatif, maka dapat didefinisikan ke dalam fase tumbuh generatif. Fase tumbuh generatif berada pada rentang fase 6 hingga fase 9, serta fase bera atau fase 10. Persamaan  $\Delta VI$  dalam menentukan fase tumbuh padi dapat dilihat pada Persamaan (5).

$$\Delta VI = VI_n - VI_{n-1} \dots \dots \dots (5)$$

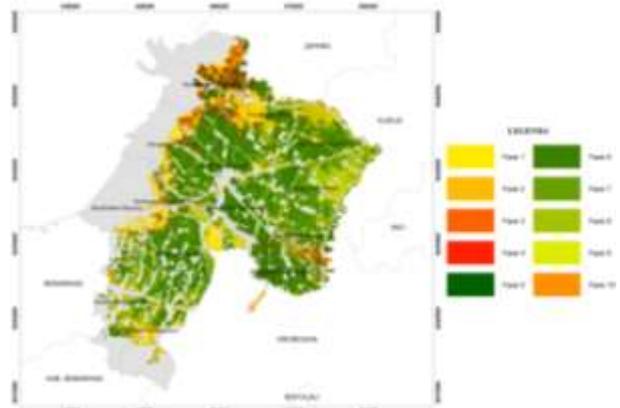
Keterangan:

- $\Delta VI$  = selisih nilai indeks vegetasi
- $VI_n$  = indeks vegetasi pada citra ke n
- $VI_{n-1}$  = indeks vegetasi pada citra ke n-1

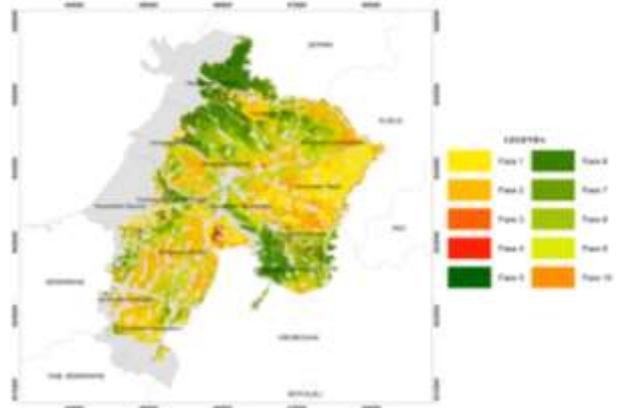
Algoritma NDRE merupakan algoritma yang lebih baik jika dibandingkan dengan algoritma EVI pada penelitian ini, sehingga pada algoritma NDRE dilakukan pembuatan peta distribusi fase tumbuh padi pada masing-masing citra tanggal 13 Mei 2020, 12 Juni 2020, dan 2 Juli 2020.



**Gambar 7** Peta fase tumbuh padi Mei 2020



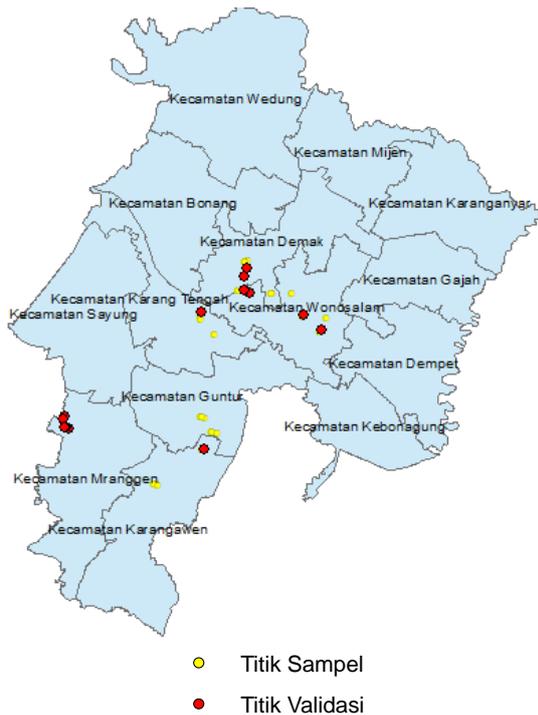
**Gambar 8** Peta fase tumbuh padi Juni 2020



**Gambar 9** Peta fase tumbuh padi Juli 2020

**IV.8 Hasil Validasi Identifikasi Fase Tumbuh Padi**

Pengambilan titik validasi dilakukan pada rentang 1-3 hari setelah tanggal akuisisi citra. Pengambilan titik validasi ini menggunakan metode *random sampling*. Pada penelitian ini, diperoleh 14 buah titik validasi yang ditentukan berdasarkan minimal 10% dari jumlah titik sampel pada wilayah sawah di Kabupaten Demak. **Gambar 10** adalah persebaran titik sampel dan titik validasi pada penelitian ini.



**Gambar 10** Persebaran titik sampel dan titik validasi Hasil validasi lapangan dilakukan pengidentifikasian fase tumbuh padi secara visual. Proses ini dilakukan dengan memahami karakteristik padi pada setiap fasenya dengan mengacu pada IRRi serta diskusi dengan Dinas Pertanian Provinsi Jawa Tengah. Kemudian dilakukan perhitungan akurasi agar dapat diketahui tingkat kesesuaian yang dapat dilihat dari data hasil validasi lapangan dengan data hasil pengolahan citra. **Tabel 7** adalah kesesuaian hasil validasi dengan hasil pengolahan citra.

**Tabel 7** Kesesuaian hasil validasi dengan hasil pengolahan

Titik Validasi	Hasil Validasi	Hasil Pengolahan	Nilai Spektral	Kesesuaian
1	Fase 1	Fase 1	0,15915	Sesuai
2	Fase 1	Fase 1	0,117647	Sesuai
3	Fase 2	Fase 2	0,278666	Sesuai
4	Fase 3	Fase 3	0,400595	Sesuai
5	Fase 3	Fase 2	0,307172	Tidak Sesuai
6	Fase 3	Fase 3	0,426128	Sesuai
7	Fase 4	Fase 3	0,42159	Tidak Sesuai
8	Fase 5	Fase 5	0,558027	Sesuai
9	Fase 6	Fase 6	0,593346	Sesuai
10	Fase 7	Fase 7	0,459932	Sesuai
11	Fase 8	Fase 8	0,407449	Sesuai
12	Fase 8	Fase 8	0,395431	Sesuai
13	Fase 9	Fase 9	0,332729	Sesuai
14	Fase 10	Fase 10	0,260539	Sesuai

Pada tabel kesesuaian hasil validasi dengan hasil pengolahan di atas dapat dilihat titik validasi yang sesuai maupun tidak sesuai. Akurasi yang diperoleh dari hasil kesesuaian ini dapat diketahui dari perhitungan perbandingan antara jumlah titik validasi yang sesuai dengan jumlah keseluruhan titik validasi. Berikut adalah persamaan tingkat akurasi kesesuaian.

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= \frac{\sum \text{titik validasi yang sesuai}}{\sum \text{titik validasi}} \times 100\% \\
 &= \frac{12}{14} \times 100\% = 85,714\%
 \end{aligned}$$

Pada pengolahan ini, titik yang tidak sesuai berada pada fase 3 dan 4. Secara visual, kedua fase tersebut memiliki karakteristik yang cenderung sama. Penginterpretasian fase tumbuh padi pada penelitian ini hanya memperhatikan dari bentuk fisik padi. Hasil pengolahan citra dalam menentukan fase tumbuh padi juga hanya dilihat dari faktor warna serta kanopi dari sawah tersebut. Ketidaksesuaian terjadi karena terdapat faktor-faktor lain yang mempengaruhi fase tumbuh padi yang tidak dimasukkan dalam penelitian ini, seperti halnya nutrisi, varietas padi, sistem irigasi, unsur hara, jenis tanah, dan lain-lain.

#### IV.9 Hasil Perhitungan Estimasi Produksi Padi

Perhitungan estimasi produksi padi diperoleh dari hasil peramalan ARIMA untuk mengetahui hasil peramalan produktivitas padi yang dikalikan dengan luasan dari fase tumbuh padi pada citra terakhir yaitu citra tanggal 2 Juli 2020 menggunakan algoritma NDRE yang dapat diketahui estimasi produksi padi di Kabupaten Demak tahun 2020 per 2 Juli 2020 pada satu kali masa tanam.

**Tabel 8** Hasil estimasi produksi padi per 2 Juli 2020

Fase	Deskripsi Fase Tumbuh Padi	Produksi Padi (kw)	Estimasi Waktu Panen
1	Pertunasan	780832,062	15 minggu
2	Pembentukan anakan	134158,68	13 – 14 minggu
3	Pemanjangan batang	67007,979	12 – 13 minggu
4	Pembentukan malai	30042,981	10 – 11 minggu
5	Keluarnya malai	51665,364	9 – 10 minggu
6	Pembungaan	677001,807	8 – 9 minggu
7	Gabah matang susu	311704,848	4 – 5 minggu
8	Gabah matang adonan	620269,812	3 – 4 minggu
9	Gabah matang penuh	833853,285	1 – 2 minggu
10	Bera	753001,272	-
Total Produksi Padi		4259538,09	

Estimasi waktu panen pada **Tabel 8** mengacu pada penelitian Vivi Diannita Sari (2015). Estimasi waktu panen dapat dihitung dalam beberapa waktu ke depan setelah tanggal akuisisi citra tersebut yaitu tanggal 2 Juli 2020. Pada fase 1 produksi padi sebesar 780.832,062 kwintal dengan estimasi waktu panen 15 minggu, fase 2 produksi padi sebesar 134.158,68 kwintal dengan estimasi waktu panen 13-14 minggu, fase 3 produksi padi sebesar 67.007,979 kwintal dengan estimasi waktu panen 12-13 minggu, fase 4 produksi padi sebesar 30.042,981 kwintal dengan estimasi waktu panen 10-11 minggu, fase 5 produksi padi sebesar 51.665,364 kwintal dengan estimasi waktu panen 9-10 minggu, fase 6 produksi padi sebesar 677.001,807 kwintal dengan estimasi waktu panen 8-9 minggu, fase 7 produksi padi sebesar 311.704,848 kwintal dengan estimasi waktu panen 4-5 minggu, fase 8 produksi padi sebesar 620.269,812 kwintal dengan estimasi waktu panen 3-4 minggu, fase 9 produksi padi sebesar 833.853,285 kwintal dengan estimasi waktu panen 1-2 minggu, fase 10 produksi padi sebesar 753.001,272 kwintal dengan sawah yang sudah panen.

## V. Kesimpulan dan Saran

### V.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti dalam periode waktu tertentu ini dapat ditarik kesimpulan penelitian sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penentuan fase tumbuh padi, hasil dari penggunaan algoritma EVI dengan citra Sentinel-2A yang memiliki resolusi spasial sebesar 10 meter, dapat digunakan untuk mengidentifikasi fase tumbuh padi dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,592 sehingga memiliki nilai keterpengaruhannya sebesar 59,2%. Sedangkan untuk penentuan fase tumbuh padi menggunakan algoritma NDRE dengan citra Sentinel-2A yang memiliki resolusi spasial sebesar 10 meter, dapat digunakan untuk mengidentifikasi fase tumbuh padi dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,6095 sehingga memiliki nilai keterpengaruhannya sebesar 60,95%. Sehingga dari hasil regresi yang telah dilakukan, algoritma NDRE memiliki nilai keterpengaruhannya lebih baik jika dibandingkan dengan algoritma EVI, yaitu dilihat dari nilai  $R^2$  yang lebih besar. Survei lapangan dilakukan menggunakan 32 titik sampel pada survei untuk citra akuisisi pertama dan kedua, serta 39 titik sampel pada survei untuk citra akuisisi ketiga.
2. Berdasarkan hasil estimasi produksi padi menggunakan metode ARIMA, hasil estimasi produktivitas padi Kabupaten Demak tahun 2020 yaitu sebesar 71,3610 kw/Ha dengan rentang nilai *lower* 63,3658 kw/Ha dan *upper* 79,3562 kw/Ha. Hasil estimasi produktivitas padi tersebut dilakukan perkalian dengan luasan masing-masing fase tumbuh padi pada citra dengan tanggal akuisisi paling terakhir sehingga dapat diketahui estimasi produksi padi pada fase tumbuh padi. Hasil estimasi produksi padi pada fase 1 yaitu 780.832,062 kwintal, fase 2 yaitu 134.158,68 kwintal, fase 3 yaitu 67.007,979, fase 4 yaitu 30.042,981 kwintal, fase 5 yaitu 51.665,364 kwintal, fase 6 yaitu 677.001,807 kwintal, fase 7 yaitu 311.704,848 kwintal, fase 8 yaitu 620.269,812 kwintal, fase 9 yaitu 833.853,285 kwintal, dan fase 10 yaitu 753.001,272 kwintal.

### V.2 Saran

Berikut adalah saran dari peneliti berdasarkan dari hasil penelitian untuk keterbaharuan penelitian selanjutnya:

1. Menggunakan citra radar agar bebas dari awan sehingga informasi nilai piksel tidak terganggu oleh adanya awan.
2. Data produktivitas padi akan lebih baik jika data yang terkumpul merupakan data pada tiap kecamatan dalam suatu kabupaten, sehingga dapat diketahui hasil peramalan produksi padi dalam kecamatan.
3. Memperhatikan faktor-faktor lain yang mempengaruhi fase tumbuh padi, yaitu seperti tanah, air, nutrisi, serta varietas dari padi tersebut.

4. Pengolahan citra sebaiknya dilakukan pada lebih dari 1x masa tanam padi agar dapat ditentukan nilai indeks vegetasi maksimal yang lebih akurat.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ardyanto, F. 2018. *Estimasi Interval Parameter Komponen Parametrik dan Spline dalam Model Regresi Semiparametrik Campuran Spline dan Kernel (Aplikasi: Tingkat Pengangguran Terbuka di Indonesia)*. Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh November: Surabaya
- Atekan. 2009. *Estimasi Luas Panen Dan Produksi Pada Sawah Melalui Analisis Citra Landsat 7 Etm\* Pada Lahan Sawah Berbeda Bahan Induk Studi Kasus Di Kabupaten Ngawi Jawa Timur*. IPB Repository: Bogor
- Darmawan. A. 2019. *Analisis Estimasi Produksi Padi Berdasarkan Fase Tumbuh dan Model Estimasi ARIMA (AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE) Menggunakan Citra Landsat 8 di Kabupaten Sukoharjo dengan Visualisasi Web-GIS*. Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta: Surakarta
- Gujarati, Damodar N. 2015. *Dasar-Dasar Ekonometrika. Buku II. Edisi Kelima*. Salemba Empat: Jakarta Selatan
- IRRI. 2015. *Growth Stages of the Rice Plant*. International Rice Research Institute: Philippines
- Lillesand, Kiefer. 1994. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra Digital*. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta
- Liu, H. Q., dan Huete, A. 1995. *A feedback based modification of the NDVI to minimize canopy background and atmospheric noise*. IEEE transactions on geoscience and remote sensing, 33(2), 457-465
- Muramatsu, K. 2019. *Use of chlorophyll index-green and the red-edge chlorophyll index to derive an algorithm for estimating gross primary production capacity*. In Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XXI: International Society for Optics and Photonics
- Perka BIG No 15. 2014. *Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar*. Badan Informasi Geospasial: Cibinong
- Rahman, A. 2016. *Analisis Peramalan Harga Saham Menggunakan Metode Arima*. Undergraduate thesis, Institut Bisnis dan Informatika Stikom: Surabaya
- Rahmawan, A., dan Jatmiko, R. H. 2014. *Cloud Removal Menggunakan Metode Normallize Difference Vegetation Index (NDVI)*. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta
- Sari, V. D., dan Sukojo, B. M. 2015. *Analisa Estimasi Produksi Padi Berdasarkan Fase Tumbuh dan Model Peramalan Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*

*Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 (Studi Kasus: Kabupaten Bojonegoro)*. Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS): Surabaya

- Setiawan, Y., Prasetyo, L. B., Pawitan, H., Liyantono, L., Syartinilia, S., Wijayanto, A. K., ... dan Hakim, P. R. 2018. *Pemanfaatan Fusi Data Satelit Lapan-a3/Ipb Dan Landsat 8 Untuk Monitoring Lahan Sawah*. Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management): Bogor
- Sofyan, A. 1984. *Teknik dan Metode Peramalan*. Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia: Jakarta
- Sukirno, S. 2002. *Teori Mikro Ekonomi*. Cetakan Keempatbelas, PT Raja Grafindo Persada: Jakarta
- Thompson, C. N., Guo, W., Sharma, B., & Ritchie, G. L. 2019. Using normalized difference red edge index to assess maturity in cotton. *Crop Science*, 59(5), 2167-2177