

**ANALISIS LAHAN SAWAH TERGENANG BANJIR
MENGUNAKAN METODE *CHANGE DETECTION* DAN PPPM
(*PHENOLOGY AND PIXEL BASED PADDY RICE MAPPING*) (STUDI
KASUS: KABUPATEN DEMAK)**

Nikmatul Kasanah^{*)}, Nurhadi Bashit, Firman Hadi

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

ABSTRAK

Kabupaten Demak merupakan wilayah yang kerap mengalami banjir saat musim hujan. Sektor pertanian merupakan salah satu sektor yang terdampak bencana banjir. Bencana banjir dapat menyebabkan turunnya produksi padi secara signifikan. Kabupaten Demak mengalami kejadian banjir pada 9 Januari hingga 12 Januari 2020, banjir ini diakibatkan oleh jebolnya tanggul Sungai Tuntang. Lahan sawah padi yang tergenang banjir seluas 1.385 ha dan lamanya rendaman banjir menyebabkan puso seluas 631 ha di empat kecamatan pada Kabupaten Demak. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sebaran dan luasan lahan sawah yang terkena banjir dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Kelebihan data dari citra penginderaan jauh adalah memiliki cakupan wilayah kajian yang luas dan keakuratan relatif tinggi serta pengerjaan memerlukan waktu relatif cepat. Sentinel-1 SAR GRD pada bulan Januari 2020 digunakan untuk pemetaan banjir pada Kabupaten Demak. Metode *change detection* dengan memanfaatkan data sebelum dan sesudah banjir digunakan untuk mengidentifikasi banjir. Pemetaan lahan sawah padi menggunakan data Sentinel-2A *time series* serta algoritma PPPM (*Phenology and Pixel Based Paddy Rice Mapping*). Algoritma PPPM dibangun oleh hubungan indeks vegetasi EVI, NDVI, serta LSWI. Pemetaan lahan sawah puso (gagal panen) dilakukan dengan menggabungkan data banjir sawah dengan data penurunan indeks vegetasi untuk padi puso yaitu $EVI \leq 0,074$. Hasil pengolahan banjir lahan sawah dengan menggunakan metode *change detection* dan algoritma PPPM diperoleh luas 1246,712 ha. Tingkat keakuratan kedua metode tersebut dalam memetakan banjir lahan sawah dengan membandingkan data validasi lapangan diperoleh *overall accuracy* 84,38%. Kombinasi data banjir lahan sawah dan data EVI puso mampu memetakan lahan sawah puso akibat banjir dengan luas sebesar 589,085 ha. Tingkat kesesuaian lahan sawah puso dengan data lapangan sebesar 84,38%.

Kata Kunci : Algoritma PPPM, *Change Detection*, Lahan Sawah Puso, Sentinel-2A, Sentinel-1 SAR GRD

ABSTRACT

Demak Regency is area that often experiences floods during the rainy season. The agricultural sector is one of the sectors affected by floods. Flood disasters can cause a reduction in harvested area and significant reduction in rice production. Demak Regency experienced a flood on January 9 that expanded to January 12, 2020, this flood was caused by the breaking of the Tuntang river embankment. The flooded rice fields of time that the floods were inundated caused 631 ha of puso in four sub-districts in Demak Regency. Therefore, this study was conducted to determine the distribution and extent of flooded rice fields by utilizing remote sensing technology. The advantages of data from remote sensing images are that they have a wide coverage area of study and are relatively high in accuracy and require relatively fast processing time. Sentinel-1 GRD imagery for January 2020 was used for flood mapping in Demak Regency. The change detection method using data before and after the flood is used to identify floods. Mapping rice paddy field using Sentinel-2A time series data and the PPPM algorithm (*Phenology and Pixel Based Paddy Rice Mapping*). The PPPM algorithm is built by the relationship between the EVI, NDVI, and LSWI vegetation index. Mapping of paddy fields puso (crop failure) was carried out by combining rice field flood data with data on the decrease in the vegetation index for puso rice, namely $EVI \leq 0.074$. The results of wetland flood processing using change detection methods and algorithms obtained an area of 1246,712 ha. The level of accuracy of these two methods in mapping wetland floods by comparing the field validation data obtained an overall accuracy of 84,38%. The combination of wetland flood data and EVI puso data was able to map the paddy fields due to flooding with an area of 589,085 ha. The level of suitability of puso rice fields with field data is 84,38%.

Keywords: Algorithm PPPM, *Change Detection*, Puso Rice Fields, Sentinel-2A, Sentinel-1 GRD

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Kabupaten Demak merupakan wilayah yang kerap mengalami bencana tanah longsor, angin puting beliung dan banjir saat musim hujan. Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) seluruh kecamatan di Kabupaten Demak masuk ke kategori rawan banjir. Demak memiliki 14 kecamatan yang berada pada zonasi rawan banjir. Dua tahun terakhir tercatat 38 kejadian banjir terjadi pada beberapa Kecamatan Kabupaten Demak.

Sektor pertanian seringkali menjadi salah satu sektor yang terdampak bencana banjir. Bencana banjir dapat menyebabkan berkurangnya luas area panen dan turunnya produksi padi secara signifikan. Petani terpaksa memanen padi dini serta terdapat pula petani terpaksa tanam ulang karena bencana banjir yang tak kunjung surut. Menurut Data Kejadian dan Tindakan Januari 2020 yang dikeluarkan oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) bahwa kejadian banjir terjadi pada tanggal 9 hingga 18 Januari 2020 yang disebabkan oleh tanggul jebol, daerah yang tergenang banjir meliputi Desa Tlogorejo, Desa Sidoharjo, Desa Bumiharjo, Desa Turi Tempel Kecamatan Guntur, dan Desa Ploso serta Desa Grogol Kecamatan Karangtengah.

Menurut Dinas Pertanian dan Pangan Kabupaten Demak luas lahan sawah yang tergenang banjir seluas 1.385 ha. Banjir yang tak kunjung surut menyebabkan lahan sawah gagal panen (puso) seluas 631 ha. Lahan sawah puso tersebar di 4 Kecamatan yaitu Kecamatan Dempet (81 ha), Kecamatan Kebonagung (50 ha), Kecamatan Wonosalam (70 ha), Kecamatan Guntur (430 ha). Tanaman puso paling banyak didaerah Kecamatan Guntur, hal ini disebabkan oleh tanggul Sungai Tuntang di Desa Trimulyo jebol serta kecamatan lainnya akibat curah hujan yang tinggi sehingga merendam padi. Informasi ini dimuat pada laman jawapos (22/01/2020).

Penelitian mengenai mengidentifikasi banjir pada lahan pertanian yang mengakibatkan puso telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Penelitian Wakabayshi (2019) mengenai pemetaan banjir yang berdampak pada lahan sawah padi. Data yang digunakan adalah Sentinel-1 level GRD dengan polarisasi VV dan VH. *Gamma naught threshold* digunakan untuk mendeteksi wilayah banjir dan tidak banjir dengan analisis diskriminasi linear. Penelitian Khafidin (2018) mengidentifikasi banjir pada lahan sawah menggunakan metode PPPM (*Phenology and Pixel Based Paddy Rice Mapping*). Citra Landsat 7 dan 8 digunakan untuk mengidentifikasi lahan sawah yang terkena banjir. Citra TRMM digunakan untuk perhitungan curah hujan. Tingkat keakuratan algoritma PPPM sebesar 79,16% dalam memetakan lahan sawah puso.

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu penelitian ini mengkaji mengenai identifikasi potensi lahan sawah puso akibat banjir dengan menggunakan metode *Change Detection* dan metode PPPM (*Phenology and Pixel Based Paddy Rice Mapping*).

Pemetaan banjir memanfaatkan data Sentinel-1 SAR GRD dan metode *change detection*. Metode *change detection* yaitu membandingkan dua citra (sebelum dan sesudah) mengidentifikasi perubahan genangan air. Pemetaan lahan sawah padi memanfaatkan data Sentinel-2A level 2a time series dengan metode PPPM. Metode ini menghasilkan informasi *Flooding and Transplanting Signal* yang menunjukkan adanya fase penanaman padi. Metode PPPM ini dibangun dari hubungan indeks vegetasi $LSWI > NDVI$ atau $LSWI > EVI$.

Penelitian ini juga mengkaji mengenai potensi lahan sawah puso akibat banjir, padi menjadi puso apabila terendam atau tergenang air selama tiga hari dalam usia kurang 30 hari. Pengolahan padi puso dengan mengamati perubahan nilai indeks vegetasi EVI yang signifikan sebelum puso. Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini akan menghasilkan model analisis banjir lahan yang berbasis data spasial. Penelitian mengenai pemetaan banjir diharapkan dapat berguna membantu pemerintah dalam menentukan pengadaan pangan yang disebabkan oleh kegagalan panen atau penurunan produksi akibat dari banjir pada lahan sawah.

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah

1. Bagaimana identifikasi sebaran dan luasan lahan sawah terkena banjir menggunakan metode *change detection* dan PPPM di Kabupaten Demak?
2. Bagaimana identifikasi potensi lahan sawah puso akibat banjir menggunakan metode *change detection* dan PPPM di Kabupaten Demak?
3. Bagaimana tingkat akurasi metode *change detection* dan PPPM dalam mengidentifikasi potensi lahan sawah puso akibat banjir di Kabupaten Demak berdasarkan hasil validasi lapangan?

I.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan akhir sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui sebaran dan luasan lahan sawah terkena banjir menggunakan metode *change detection* dan PPPM di Kabupaten Demak.
2. Untuk mengetahui potensi lahan sawah puso akibat banjir menggunakan metode *change detection* dan PPPM di Kabupaten Demak.
3. Untuk mengetahui tingkat akurasi metode *change detection* dan PPPM dalam mengidentifikasi potensi lahan sawah puso akibat banjir di Kabupaten Demak berdasarkan hasil validasi lapangan.

I.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini antara lain :

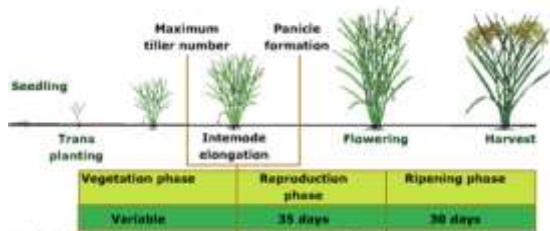
1. Lokasi penelitian berada pada Kabupaten Demak. Kabupaten Demak merupakan salah satu lumbung padi Jawa Tengah.
2. Data Sentinel-1 GRD Januari 2020 digunakan untuk mengidentifikasi banjir.

3. Data Sentinel-2A level 2a pada bulan Oktober 2019 hingga Maret 2020 untuk mengidentifikasi lahan sawah dan potensi puso.
4. Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi banjir adalah *Change Detection*.
5. Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi lahan sawah padi adalah PPPM (*Phenology and Pixel Based Paddy Rice Mapping*).
6. Indeks vegetasi yang digunakan untuk menentukan puso pada padi adalah EVI, indeks vegetasi ini lebih tahan dari pengaruh atmosfer dan pantulan tanah.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Padi

Padi merupakan tanaman yang termasuk tanaman semusim atau tanaman berumur pendek, kurang dari satu tahun dan hanya sekali berproduksi, setelah berproduksi akan mati atau dimatikan (Suryani, 2016). Siklus pertumbuhan tanaman padi dibagi menjadi tiga fase yaitu pertama fase vegetatif, fase dimana awal pertumbuhan tanaman padi hingga tahap pembentukan bakal malai/primordial. Kedua fase reproduktif, fase dimana tahapan primordial hingga tahap pembungaan dan ketiga fase pematangan, fase dimana tahapan pembungaan hingga gabah matang (Makarim dan Suhartik, 2009). Gambar 1 menunjukkan fase pertumbuhan padi.



Gambar 1 Fase Pertumbuhan Padi (IRRI,2020)

Kebutuhan air tanaman padi berbeda-beda menurut fase fenologinya. Tanaman padi membutuhkan air paling banyak pada fase vegetatif, mencapai 320 mm. Hal ini berkaitan dengan lamanya fase vegetatif yang mencapai 60 hari pada tanaman padi genjah. Kebutuhan air pada fase pembentukan anakan sekitar 50 mm, fase pembungaan sekitar 80 mm, pengisian gabah sekitar 85 mm dan fase pematangan sekitar 65 mm (Santhiawan, 2019).

II.2 Banjir Sawah

Menurut Odum (1995) Sawah adalah bentuk analogi dari sebuah rawa, sebagai sebuah rawa maka sawah adalah tempat parkir sementara. Saat air hujan yang jatuh melebihi ketinggian pematang sawah, maka sawah tidak dapat digunakan sebagai reservoir penyimpanan air. Air hujan yang jatuh pada sawah akan ditampung sementara, sehingga debit aliran permukaan (limpasan) akan menurun. Kelebihan air yang tidak dapat ditampung oleh sawah akan menjadi sumber air dan penyebab banjir untuk lingkungan sekitarnya, terutama daerah hilir sungai.

Dua jenis rendaman penuh yang dapat terjadi pada pertanian padi sawah yaitu rendaman air dalam

jangka panjang (*stagnant flood*) yang umum terjadi pada lahan rawa lebak, dan rendaman air jangka pendek (*flash flood*) yang terjadi pada lahan rawa lebak dangkal dan dilahan sawah dengan tata air buruk ketika curah hujan tinggi. Tingkat gangguan pertumbuhan dan hasil tanaman padi sawah tergantung pada tingkat genangan dan ketahanan tanaman padi bersangkutan terhadap kelebihan air. Saat terjadi penggenangan air pada lahan sawah, air akan memenuhi pori-pori tanah, udara didesak keluar, difusi gas berkurang dan senyawa beracun terakumulasi akibat kondisi anaerobik (kekurangan oksigen). Semua perubahan ini sangat mempengaruhi kemampuan tanaman padi sawah untuk bertahan hidup.

II.3 Puso

Puso adalah keadaan dimana suatu tanaman tidak menghasilkan karena kerusakan yang disebabkan oleh organisme pengganggu tumbuhan (OPT) atau dampak perubahan iklim (DPI) (Kementerian Pertanian,2018). Luas puso merupakan bagian dari luas terkena. Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT) adalah semua organisme yang dapat merusak, mengganggu kehidupan, atau yang menyebabkan kematian tumbuhan. Dampak perubahan iklim (DPI) adalah dampak yang ditimbulkan akibat terjadinya perubahan/variabilitas iklim Antara lain banjir, kekeringan dan bencana alam (Kementerian Pertanian, 2018).

Menurut Kementerian Pertanian (2018) dampak perubahan Iklim (DPI) dapat mengakibatkan kerusakan tanaman secara langsung maupun tidak langsung.

- a. Kerusakan Langsung, adalah kerusakan tanaman yang secara langsung terjadi akibat perubahan iklim(banjir, kekeringan) dan bencana alam (banjir bandang, erosi gunung api, tanah longsor) yang dapat mempengaruhi produksi.
- b. Kerusakan tidak langsung, adalah kerusakan tanaman yang terjadi secara tidak langsung akibat dampak perubahan iklim yang dapat menyebabkan gangguan fisiologis tanaman (tanaman tumbuh abnormal).

II.4 *Change Detection and Thresholding*

Metode *change detection* dapat diartikan sebagai metode yang dilakukan dengan cara membandingkan dua set citra untuk mengidentifikasi perubahan yang ada (Longbotham dkk, 2012). *Change detection* bertujuan untuk menghilangkan piksel yang tidak sesuai dengan banjir dari peta banjir. *Change detection* adalah proses mengidentifikasi perbedaan dalam suatu objek atau fenomena dengan mengobservasi pada waktu yang berbeda (Singh, 1989). Secara umum, *change detection* menerapkan dataset multitemporal untuk menganalisis secara kuantitatif efek temporal dari suatu fenomena, sebab kelebihan dari akuisisi data berulang, tampilan sinoptik, dan format digital tepat untuk pemrosesan data penginderaan jauh seperti *Thematic Mapper (TM)*, *SPOT*, *AVHRR* telah menjadi

sumber data untuk berbagai perubahan aplikasi deteksi selama beberapa dekade terakhir. Penelitian change detection yang baik harus memberikan informasi seperti perubahan area dan tingkat perubahan, distribusi spasial dari tipe yang diubah, perubahan lintasan tipe, serta penilaian akurasi hasil change detection.

II.5 Phenology and Pixel Based Paddy Rice Mapping (PPPM)

Algoritma PPPM adalah sebuah algoritma yang digunakan untuk mengidentifikasi lahan sawah padi dari segi fenologi. Algoritma ini akan menghasilkan *Flooded Pixel* yang memuat informasi *Flooding Signal* menunjukkan informasi adanya tutupan air maupun campuran air dan tanaman dengan tutupan air yang lebih dominan (Dong, dkk., 2016). *Flooding Signal* diperoleh saat fase penanaman padi ataupun saat lahan padi terkena banjir. *Flooding/Rice Transplanting Signal* dapat diketahui dengan membuat hubungan matematis antara indeks vegetasi yaitu *LSWI*, *NDVI*, dan *EVI*. Menurut Dong (2016) metode PPPM dilakukan dengan membuat algoritma matematis yang dapat dilihat pada rumus 1.

$$Flood = 1 \text{ (} LSWI_{Ti} > EVI \text{ or } LSWI_{Ti} > NDVI \text{)}$$

$$0 \text{ (} LSWI_{Ti} \leq EVI \text{ or } LSWI_{Ti} \leq NDVI \text{)} \dots\dots\dots 1.$$

Keterangan:

Flood: *Flooding/transplanting signal*

Ti: waktu observasi saat penelitian

II.6 Sentinel-2A

Sentinel 2A merupakan satelit observasi bumi milik *European Space Agency* (ESA) yang diluncurkan pada tanggal 23 Juni 2015. Sentinel-2 adalah citra optik multispektral, resolusi tinggi, *wide swath*. Waktu revisit sentinel 2 yaitu 10 hari pada khatulistiwa dengan satu satelit dan 5 hari dengan 2 satelit pada kondisi bebas awan. Sentinel-2 terdiri dari 13 band spektral dengan 4 band pada resolusi 10 meter, 6 band pada resolusi spasial 20 m dan 3 band pada resolusi spasial 60 m. Dua satelit Sentinel-2 yang identik akan beroperasi secara bersamaan dengan fase 180° lainnya dalam orbit *sun-synchronous* dengan ketinggian rata rata 786 km.

Tabel 1 Daftar Kanal Sentinel-2

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

Kanal 11 – SWIR	1,610	20
Kanal 12 – SWIR	2,190	20

II.7 Sentinel-1

Satelit Sentinel-1 dapat beroperasi dalam single polarisasi (HH atau VV) dan dual polarisasi (HH+VV atay VV+VH). Resolusi spasial untuk data Sentinel-1 berbeda-beda tergantung pada mode akuisisi data untuk satelit Sentinel-1 (Esa Sentinel Online, 2000-2019) :

- a. *Stripmap Mode* (SM) : lebar sapuan 80 km, resolusi spasial 5x5km
- b. *Interferometric Wide Swath Mode* (IW) : lebar sapuan 250 km, resolusi spasial 5 x 20 m
- c. *Extra-Wide Swath Mode* (EW) : lebar sapuan 400 km, resolusi spasial 20 x 40 m
- d. *Wave Mode* (WV)

Hasil rekam data satelit Sentinel-1 terdiri dari beberapa level data yaitu data level-0, data level-1, dan data level-2. Data level-0 merupakan data mentah yang diterima dari satelit dan belum dapat digunakan oleh pengguna. Data level-1 adalah data hasil keluaran dari proses pengolahan data level-0 yang mana menjadi data utama yang sering digunakan oleh pengguna. Data level-2 adalah data kelanjutan dari turunan data level-1.

Data level 1 terbagi menjadi 2 tipe data yaitu *SLC* (*Single Look Complex*) dan *GRD* (*Ground Range Detec*). *SLC* adalah tipe data yang sudah dilakukan proses georeference dan ditampilkan dalam geometri *Slant-Range* (geometri koordinat natural observasi radar yang mana berada pada lintasan sumber radar terhadap objek). *GRD* adalah tipe data yang sudah diproyeksikan terhadap model ellipsoid bumi.

II.8 Global Surface Water

Kumpulan data global yang mendokumentasikan lokasi air permukaan diperoleh dengan inventaris dan deksripsi nasional, ekstrapolasi statistik dari data regional serta citra satelit. Tiga juta citra satelit landsat 5,7,8 dengan resolusi 30 meter dari tahun 1984 hingga 2019 digunakan untuk mengukur perubahan air permukaan global. Setiap piksel diklasifikasikan secara individual kedalam air dan *non-air* menggunakan sistem dan hasilnya disusun *history* bulanan untuk seluruh periode waktu dan dua *epoch*. Hasil dari pemetaan ini adalah 1 citra yang mengandung 7 band, citra ini memetakan berbagai aspek distribusi spasial dan temporal air permukaan selama 35 tahun. Area dimana air tidak terdeteksi akan *dimasking*.

II.9 DEMNAS

DEMNAS merupakan integrasi ketinggian yang meliputi data IFSAR (resolusi 5 m), TERRASAR-X (resolusi 5m), dan ALOS PALSAR (11.25m), hal ini menyebabkan DEMNAS mempunyai resolusi spasial 0.27 arcsecond. Datum atau referensi vertikal yang digunakan dalam DEMNAS adalah Earth Graviatational Model 2008 (EGM 2008). Data data yang telah terintegrasi ini ditambahkan dengan titik ikat (mass point) melalui proses asimilasi. Keunggulan data DEMNAS ini yaitu mempunyai resolusi spasial yang lebih tinggi 0.27 arcsecond dibandingkan dengan

resolusi data DEM internasional yang masih tergolong dalam perkembangan.

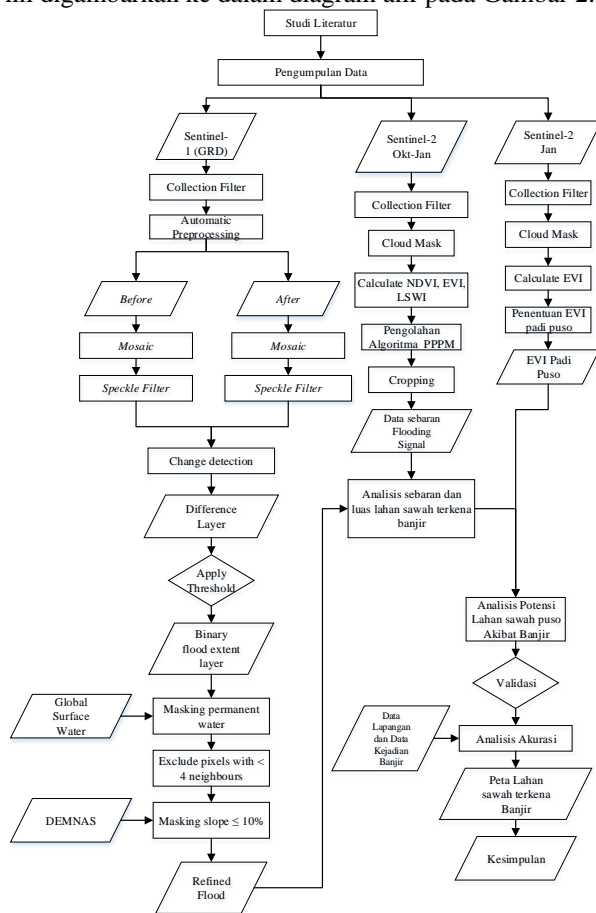
II.10 Google Earth Engine

Google Earth Engine (GEE) merupakan suatu *cloud computing* yang menyediakan data sekaligus fasilitas pengolahan data (Venkatappa dkk., 2019). Pengguna tidak harus mengunduh data yang cukup besar sehingga dapat menghemat waktu pengunduhan dan kapasitas penyimpanan. Pengolahan data juga dilakukan *server* sehingga pengguna tidak harus memiliki perangkat dengan spesifikasi tinggi dan tidak perlu memasang perangkat lunak pengolahan data citra. GEE cukup diakses melalui browser dan perlu dipersiapkan hanyalah koneksi internet stabil yang memadai untuk transportasi data (Kushardono, 2019).

III. Metodologi Penelitian

III.1 Diagram Alir

Secara garis besar, alur pelaksanaan penelitian ini digambarkan ke dalam diagram alir pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alir

III.2 Peralatan dan Data

Peralatan yang digunakan selama penelitian ini adalah:

1. *Hardware*
Leptop ASUS A456u Intel® Core i5-7200
RAM 4GB DDR4-1TB HDD OS Windows 10 64-bit
2. *Software*
 - a. Microsoft Word 2010
 - b. ArcGis 10.3

- c. Envi 5.2
- d. GEE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Data Citra Satelit Sentinel-1 Level GRD akuisisi bulan Januari 2020 pada *GEE asset address COPERNICUS/S1_GRD*.
2. Data Sentinel-2 level 2a akuisisi bulan Oktober 2019 hingga Maret 2020 pada
3. DEMNAS Kabupaten Demak yang diunduh pada *tides.big.go.id*.
4. *Global Surface Water* pada GEE asset address *JRC/GSW1_0/GlobalSurfaceWater*
5. *Shapefile* batas administrasi Kabupaten Demak dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah
6. *Shapefile* Lahan sawah Kabupaten Demak dari Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan

III.3 Tahapan Penelitian

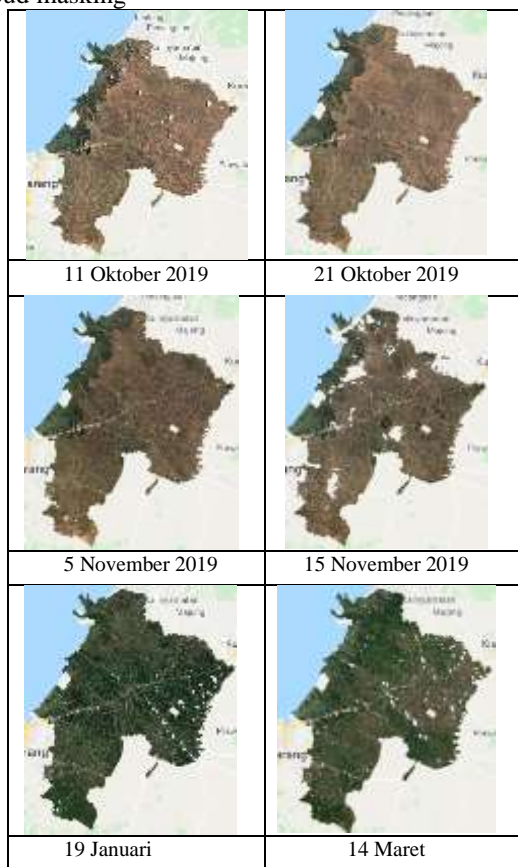
1. Tahapan Persiapan
Tahapan persiapan meliputi studi literatur sesuai dengan tema penelitian serta pengumpulan data data yang dibutuhkan dalam penelitian.
2. Tahap Pengolahan
Penelitian ini memuat 3 sub bagian yaitu deteksi banjir, deteksi lahan sawah padi, dan deteksi puso. Berikut rangkaian pengolahan ketiga sub bagian
3. Tahapan Pengolahan Banjir
Tahapan pengolahan banjir dilakukan dengan GEE yang meliputi
 - a. *Filtering* data Sentinel-1 GRD, dilakukan berdasarkan *instrument mode*, polarisasi, resolusi spasial, area studi, serta waktu penelitian.
 - b. *Speckle filtering*, dilakukan dengan *focal median filter*.
 - c. *Change Detection*, membandingkan data after dan before, dan menerapkan *thresholding* banjir berdasarkan penelitian sebelumnya.
 - d. *Masking permanent water* menggunakan *JRC Global Surface Water*
 - e. *Masking Slope* $\leq 10\%$ dengan data DEMNAS.
4. Tahapan identifikasi tanaman padi
Tahapan ini menggunakan data sentinel-2 *time series* dengan GEE, berikut tahapan pengolahan
 - a. *Filtering* Sentinel-2 *surface reflectance*, tahapan ini adalah untuk memilih data Sentinel 2 berdasarkan parameter waktu, lokasi penelitian serta persentase tutupan awan
 - b. *Cloud Masking*, menggunakan *s2cloudless*
 - c. Transformasi NDVI, EVI, dan LSWI
 - d. Algoritma PPPM
5. Tahapan deteksi lahan sawah padi puso
Tanaman padi yang mengalami puso akan memiliki indeks vegetasi yang rendah dibandingkan dengan tanaman padi yang sehat. Tahapan deteksi puso menggunakan indeks vegetasi EVI untuk melihat perubahan nilai vetegasi pada tanaman padi.

6. Tahap Analisis Hasil
 - a. Analisis sebaran dan luasan sawah yang terkena banjir melalui penggabungan data hasil pengolahan identifikasi banjir menggunakan metode *change detection* dan hasil pengolahan identifikasi tanaman padi menggunakan algoritma PPPM.
 - b. Analisis potensi padi puso melalui penggabungan data sebaran banjir pada lahan sawah dan pemantauan potensi puso dengan EVI.
 - c. Analisis validasi hasil sebaran dan luasan lahan sawah yang terkena banjir dengan menggunakan data validasi lapangan.

IV. Hasil dan Analisis

IV.1 Hasil dan Analisis Cloud Masking

Tahapan *cloudmasking* dilakukan untuk menghilangkan tutupan awan yang menutupi daerah penelitian. *Cloudmasking* akan menghasilkan citra yang bebas awan. *S2cloudless* mengkombinasikan citra sentinel 2 *surface reflectance* dengan sentinel 2 *cloud probability*. Gambar 3 menunjukkan hasil pengolahan *cloud masking*



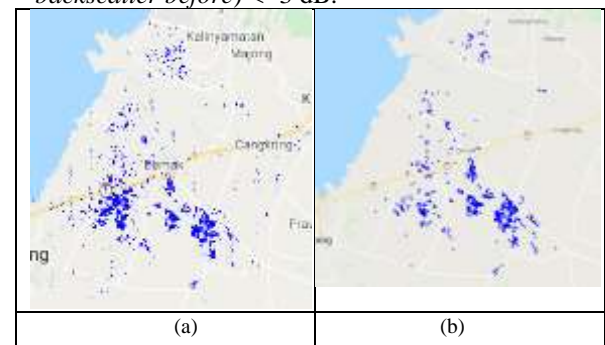
Gambar 3 Tutupan tutupan awan pada Sentinel-2

Penelitian ini memilih citra dengan persentase tutupan awan kurang 20 persen sehingga diperoleh citra pada bulan Oktober, November, Januari, Maret. Citra Sentinel-2 pada bulan Desember dan Februari memiliki tutupan awan yang melebihi 20 persen dan hampir menutupi seluruh daratan sehingga sulit untuk dilakukan analisis. Hasil pengolahan *cloud masking* menunjukkan bahwa bulan Oktober dan awal

November memiliki perubahan tutupan awan yang tidak jauh berbeda hal ini dilihat dari hasil luas area yang bebas awan yang memiliki selisih sedikit. Bulan Oktober dan awal November memiliki tutupan awan yang sedikit karena pada bulan tersebut masih mengalami musim kemarau. Pada tanggal 15 November memiliki tutupan awan lebih yang banyak dibandingkan bulan lainnya. Persebaran awan pada 15 November cukup merata yang meliputi wilayah Pesisir, dan beberapa Kecamatan pada Kabupaten Demak. Persebaran tutupan awan pada 19 Januari lebih cenderung ke Kecamatan Dempet, Gajah, Karanganyar, Wonosalam, Kebonagung.

IV.2 Hasil Analisis Banjir

Metode *change detection and Thresholding* (CDAT) algoritma mengidentifikasi banjir dengan melihat perbedaan nilai *backscatter* pada citra sebelum banjir dan setelah banjir. Perbedaan citra tersebut diklasifikasikan dengan menggunakan nilai ambang batas (*threshold*) untuk mengetahui area yang tergenang banjir. Nilai *backscatter* cenderung minus pada daerah yang tergenang air atau banjir, sehingga daerah tersebut akan memiliki warna hitam dan rona yang sangat gelap. Banjir terjadi jika (*backscatter after - backscatter before*) < -3 dB.



Gambar 4 Tampilan sebaran titik banjir (a) sebelum dimasking (b) setelah dimasking

Gambar 4 menunjukkan hasil pengolahan banjir menggunakan metode CDAT, tampilan warna biru pada citra menginformasikan bahwa terdapat piksel yang memuat informasi banjir. Daerah yang tergenang banjir akan memiliki nilai piksel 1 dan daerah yang bukan banjir akan bernilai 0. Gambar 4 (a) menunjukkan hasil pengolahan banjir menggunakan metode CDAT masih terdapat beberapa area tambak dan genangan air yang terdeteksi sebagai banjir. Hasil pengolahan banjir metode CDAT dilakukan *masking* area tambak dan genangan air dengan data *JRC Global Surface Water* dengan memanfaatkan band *occurrence*. Penelitian ini juga dilakukan *masking slope* untuk menghilangkan area dengan kemiringan lereng yang lebih dari 10%. Tahapan *masking slope* dilakukan dengan data DEMNAS.

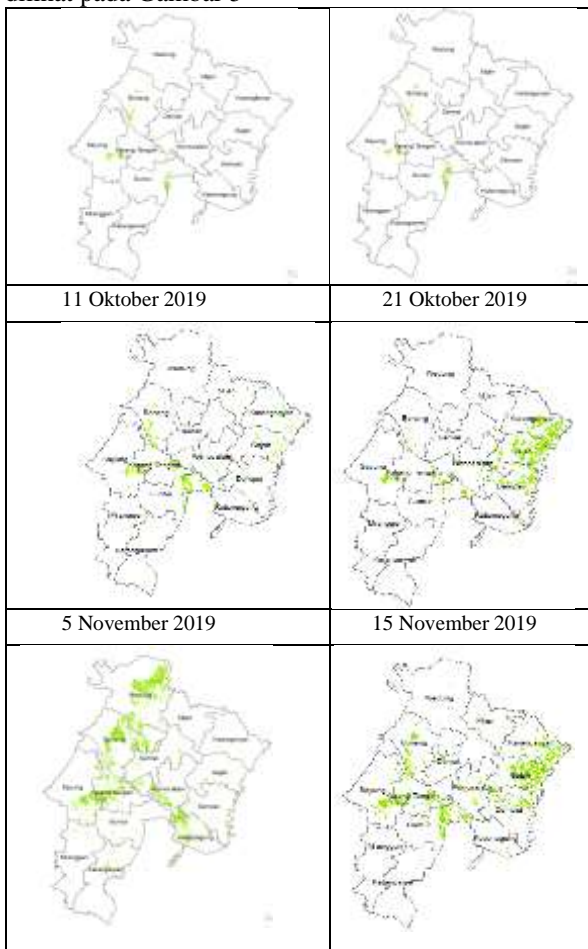
Gambar 4 (b) tampilan sebaran banjir setelah dimasking, berdasarkan hasil pengolahan wilayah Kabupaten Demak yang mengalami banjir meliputi Kecamatan Bonang seluas 318,433 ha, Kecamatan Demak seluas 232,056 ha, Dempet seluas 269,872 ha, Kecamatan Guntur seluas 772,076 ha, Kecamatan

Karangtengah seluas 658,75 ha, Kecamatan Karanganyar seluas 10,742 ha, Karangawen seluas 21,913 ha, Kecamatan Kebonagung seluas 796,481 ha, Kecamatan Mijen seluas 36,486 ha, Kecamatan Mranggen seluas 2,04 ha, Kecamatan Sayung seluas 96,82 ha, Kecamatan Wedung seluas 376,669 ha, Kecamatan Wonosalam seluas 464,133 ha.

Kecamatan Kebonagung mengalami kejadian banjir disebabkan oleh hujan deras serta saluran air yang berfungsi untuk menampung air tidak berfungsi dengan baik. Kecamatan Karangtengah mengalami kejadian banjir disebabkan oleh kiriman air dari Kecamatan Guntur, hujan deras, serta adanya pabrik. Selain itu, beberapa desa pada Kecamatan Karangtengah mengalami banjir karena adanya daerah cekungan sehingga ketika hujan deras dan banjir air tidak bisa surut dan harus disedot dahulu. Beberapa desa pada Kecamatan Bonang memiliki daerah cekungan sehingga bisa surut apabila disedot bahkan ada daerah yang hingga bulan September masih banjir. Kecamatan Sayung mengalami banjir air asin yang disebabkan turunnya permukaan tanah dipesisir laut serta naiknya air laut.

IV.3 Hasil dan Analisis Sebaran Flooding Signal

Algoritma PPPM menghasilkan informasi *Flooding Signal*, dimana informasi tersebut menunjukkan area yang memiliki tutupan air yang lebih dominan. Hasil pengolahan algoritma PPPM dapat dilihat pada Gambar 5



19 Januari 2020	14 Maret 2020
-----------------	---------------

Gambar 5 Tampilan sebaran flooding signal

Kabupaten Demak memiliki persebaran *flooding signal* yang dinamis, dilihat dari perubahan persebaran *flooding signal* pada setiap citra baik itu peningkatan maupun penurunan *flooding signal*. Citra akuisisi bulan Oktober menunjukkan adanya persebaran *flooding signal* yang relatif sedikit, hal ini menandakan bahwa fase penanaman padi masih sedikit. Persebaran *flooding signal* Oktober pada Bonang, Guntur, Mranggen, Wonosalam dan Sayung

Akuisisi citra pada 5 November menunjukkan adanya peningkatan sebaran *flooding signal* dari bulan sebelumnya. Sebaran *flooding signal* terdapat pada Kecamatan Karanganyar, Gajah, Demak, Dempet, Wonosalam, Mranggen, Guntur, Karang Tengah, Kebonagung, Sayung, Bonang. Akuisisi citra pada 15 November menunjukkan Sebaran *flooding signal* pada 15 November adalah Bonang, Demak, Dempet, Gajah, Guntur, Karangtengah, Karanganyar, Kebonagung, Mranggen, Sayung, Wedung, Wonosalam.

Akuisisi citra bulan Januari menunjukkan adanya penurunan sebaran *flooding signal*. Sebaran *flooding signal* tersebar secara merata pada Kabupaten Demak. Akuisisi citra bulan Maret menunjukkan sebaran *flooding signal* pada bulan Maret yaitu Bonang, Demak, Dempet, Gajah, Guntur, Karangtengah, Karanganyar, Kebonagung, Sayung, Waonosalam

IV.4 Hasil dan Analisis Deteksi Banjir Lahan Sawah

Kabupaten Demak mengalami kejadian banjir pada 9 Januari dan meluas hingga 18 Januari 2020. Kecamatan Kebonagung, Dempet, Wonosalam serta Guntur menjadi wilayah kecamatan yang terkena dampak dari kejadian banjir akibat jebolnya tanggul sungai Tuntang. Penelitian ini mengidentifikasi lahan sawah yang terkena banjir dengan menggunakan dua metode yaitu metode *change detection* dan algoritma PPPM.

Tabel 2 Luasan lahan sawah yang tergenang banjir

Nama Kecamatan	Luas Lahan Sawah yang tergenang Banjir (ha)
Bonang	115,584
Demak	66,847
Dempet	38,693
Gajah	-
Guntur	21,387
Karangtengah	200,917
Karanganyar	1,775
Karangawen	9,759
Kebonagung	312,203
Mijen	0,97652
Mranggen	0,621
Sayung	33,634
Wedung	181,898

Wonosalam	262,417
Luas Total Hasil Pengolahan	1246,712

Tabel 2 menunjukkan luasan lahan sawah terkena banjir pada masing masing Kecamatan Kabupaten Demak. Hasil pengolahan ini terdapat perbedaan dengan laman berita yang dipublikasi oleh jawa pos dan *web* dinas pertanian dan pangan Kabupaten Demak. Laman web BPBD Kabupaten Demak menyebutkan bahwa 9 Januari 2020 terjadi banjir pada Desa Trimulyo, Tlogorejo, Bumiharjo, dan Turitempel. Bencana banjir yang berdampak pada lahan sawah Kecamatan Guntur lebih tepatnya Desa Trimulyo tidak dapat dideteksi oleh citra satelit optik, hal inilah yang menyebabkan perbedaan luasan lahan sawah yang terkena banjir.

Durasi banjir yang sebentar kisaran seminggu akibat jebolnya tanggul sungai tuntang ini menyebabkan satelit optik tidak dapat mendeteksi lahan sawah terindikasi banjir. Resolusi temporal Sentinel-2 adalah 10 hari dan saat satelit revisit pada lokasi yang sama keadaan tutupan awan dengan nilai 20% sulit untuk ditemukan pada citra satelit optik saat musim hujan. Sentinel-2 yang memiliki persentase 20% pada bulan Januari 2020 hanya terdapat pada tanggal 19 Januari 2020. Keadaan lapangan pada citra tanggal 19 Januari kejadian banjir telah surut.

Kecamatan Bonang, KarangTengah, Wonosalam dan Kebonagung merupakan kecamatan yang memiliki luasan lahan yang tergenang banjir paling banyak. Kecamatan tersebut dapat terdeteksi oleh Algoritma PPPM sebagai daerah sawah yang dominan air. Durasi banjir yang cenderung lama sekitar 2 minggu hingga 1 bulan memudahkan Sentinel-2 dengan algoritma PPPM untuk mengidentifikasi daerah yang dominan air.

IV.5 Hasil dan Analisis Lahan Sawah Puso

Mayoritas lahan sawah pada Kabupaten Demak memiliki sifat tadah hujan. Lahan sawah tadah hujan hanya mengandalkan hujan untuk pemenuhan kebutuhan air. Sifat lahan sawah yang tadah hujan inilah yang membuat perbedaan musim tanam antara sawah yang satu dengan lainnya biasa disebut Heterogen.

Padi memiliki akar yang belum kuat saat fase pembibitan dan awal anakan, sehingga lahan sawah padi yang tergenang banjir pada fase pembibitan bisa diulangi lagi proses tanamnya atau tambal sulam. Saat fase pembibitan masih rentan dan tahapan tersebut bisa diulangi berkali-kali. Lahan sawah puso yang terjadi pada Kabupaten Demak akibat terendam banjir selama satu minggu. Kecamatan Guntur akan memanen padi pada akhir Januari namun terdapat kejadian banjir pada awal Januari. Rendaman air terjadi dalam durasi lama bisa mengakibatkan bulir padi membusuk atau berkecambah. Pada tahapan akhir fase generatif dapat terjadi gangguan pada perakaran dan batang. Hal itu dapat mengakibatkan penurunan hasil panen hingga 25%.



Gambar 6 Sebaran Pikelan Lahan Sawah Puso

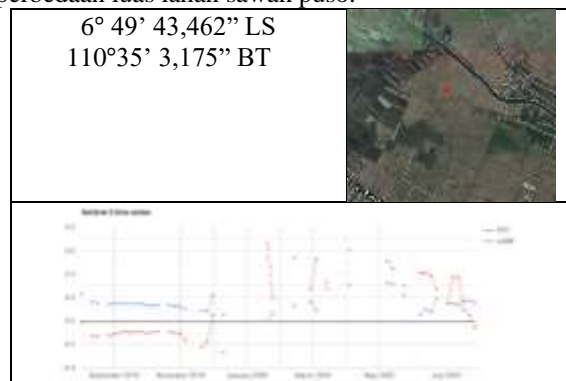
Jumlah luasan lahan sawah puso hasil pengolahan citra dan luasan dari Dispartan Kabupaten Demak dapat dilihat pada Tabel 3.

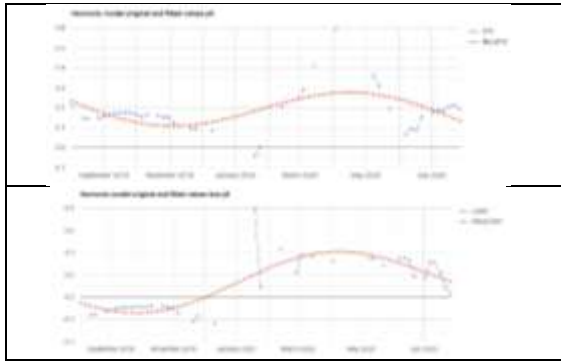
Tabel 3 Luasan puso lahan sawah padi

No	Sumber Data	Luas Puso (ha)
1.	Dispartan Kabupaten Demak	631
2.	Hasil Pengolahan piksel puso	589,085
Selisih Luas (ha)		41,915

Tabel 3 menunjukkan perbedaan luas puso antara data dari Dispartan Kabupaten Demak dengan data hasil pengolahan lahan sawah puso akibat banjir seluas 41,915 ha. Cakupan puso dari Dispartan Kabupaten Demak pada bulan Januari meliputi Kecamatan Wonosalam, Kebonagung, Dempet, dan Guntur. Hasil pengolahan lahan sawah puso akibat banjir meliputi Kecamatan Bonang, Demak, Dempet, Sayung, Karangtengah, Karangawen, Mranggen, Sayung, Wedung, Wonosalam. Luasan puso tertinggi menurut Dispartan Demak berada pada Kecamatan Guntur dengan luas sebesar 430 ha.

Data luas puso dari Dispartan diperoleh dari pelaporan petugas ditingkat Kecamatan, tingkat Kecamatan mencocokkan luas puso dengan kepemilikan lahan didata desa. Data Luasan puso diperoleh dari hasil pengolahan dengan citra satelit Sentinel 1 dan 2 berbasis geometrik dan spasial. Pengukuran berbasis geometrik dan spasial akan melakukan perhitungan berdasarkan dimensi data spasial. Kejadian Banjir pada beberapa desa Kecamatan Guntur tidak dapat terdeteksi oleh citra satelit optik sehingga mengakibatkan perbedaan luas lahan sawah puso.





Gambar 7 Grafik perubahan indeks vegetasi lahan sawah

Gambar 7 menunjukkan grafik perubahan indeks vegetasi pada piksel lahan sawah puso akibat banjir. Nilai LSWI sebesar 0,662 dan nilai EVI 0,001 pada 19 Januari, hal ini menandakan lahan sawah padi dalam fase tanam. Nilai LSWI turun hingga 0,193 dan nilai evi naik menjadi 0,059 pada 24 Januari. Namun nilai LSWI kembali naik pada 13 Februari sampai 14 Maret, hal ini menandakan lahan sawah padi tergenang air.

IV.6 Hasil dan Analisis Akurasi Validasi Lapangan

IV.6.1 Hasil dan Analisis Akurasi Banjir Lahan Sawah
Validasi lapangan dilakukan pada bulan September setelah didapatkan hasil pengolahan sebaran piksel banjir lahan sawah, untuk memastikan lahan sawah terkena banjir bulan Januari diperlukan informasi dari petani.

Tabel 4 Matriks Konfusi

Klasifikasi		Hasil Pengolahan		Jumlah	User Accuracy
		Banjir Sawah	Non		
Survey	Banjir Sawah	45	1	46	97,83
	Non	9	9	18	50
Total		54	10	64	
Producer Accuracy		83,33	10		54
Overall accuracy		84,38			
Kappa accuracy		84,36			

Tabel 4 menunjukkan ketelitian keseluruhan klasifikasi banjir lahan sawah sebesar 83,33% dan nilai koefisien kappa sebesar 84,36%. Ketelitian ini menunjukkan kesesuaian antara sampel validasi lapangan dengan klasifikasi hasil pengolahan. Tingkat kesalahan dalam klasifikasi ini sebesar 16,67%. Kesalahan ini terjadi pada piksel piksel citra yang terklasifikasi tidak sesuai dengan data lapangan. Kesalahan klasifikasi terdapat 9 piksel yang terklasifikasikan sebagai banjir lahan sawah dan 1 piksel yang terklasifikasikan sebagai bukan banjir lahan sawah.

IV.6.2 Hasil dan Analisis Akurasi Lahan Sawah Puso akibat Banjir

Analisis akurasi lahan sawah puso akibat banjir dilakukan dengan membandingkan jumlah titik validasi lahan sawah puso dengan jumlah titik validasi lahan

sawah puso yang sesuai dengan sebaran piksel lahan sawah puso hasil pengolahan. Persamaan merupakan persamaan yang digunakan dalam menentukan akurasi lahan sawah puso akibat banjir.

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= \frac{\sum \text{titik sampel yang sesuai}}{\sum \text{titik sampel}} \times 100\% \\
 &= \frac{27}{32} \times 100\% \\
 &= 84,38\%
 \end{aligned}$$

Hasil akurasi lahan sawah padi puso dengan menggabungkan data hasil pengolahan banjir sawah dan EVI padi puso adalah sebesar 84,38%, maka dapat disimpulkan bahwa data lahan sawah puso dengan metode *Change detection* dan algoritma PPPM memiliki kesesuaian dengan data lapangan. Titik sampel yang tidak sesuai memiliki nilai EVI > 0,074 sehingga tidak terdeteksi sebagai lahan sawah puso. Titik yang tidak sesuai sebanyak 5 titik disebabkan karena tidak memenuhi nilai EVI puso.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai identifikasi lahan sawah puso menggunakan metode *Change Detection* dan algoritma PPPM yang dilakukan peneliti, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut

1. Penggabungan data hasil pengolahan banjir dengan metode *change detection* dan data lahan sawah padi dengan algoritma PPPM menghasilkan sebaran lahan sawah padi yang terkena banjir. Persebaran lahan sawah padi yang terkena banjir meliputi Kecamatan Bonang, Dempet, Guntur, Karangtengah, Karanganyar, Karangawen, Kebonagung, Mijen, Mranggen, Sayung, Wedung, Wonosalam. Luas keseluruhan lahan sawah yang terkena banjir sebesar 1246,712 ha, dimana luas lahan sawah terkena banjir tertinggi berada pada Kecamatan Kebonagung. Luas lahan sawah terkena banjir yang dihasilkan dari pengolahan memiliki perbedaan dengan data Dinas Pertanian sebesar 138,288 ha. Perbedaan ini disebabkan oleh metode yang digunakan untuk penentuan luas berbeda dan penggunaan satelit yang tidak sesuai dengan kondisi lapangan.
2. Hasil pengolahan banjir lahan sawah dengan memanfaatkan *change detection* dan algoritma PPPM dikombinasikan dengan data EVI puso diperoleh luasan lahan sawah puso akibat banjir. Luas lahan sawah puso yang dihasilkan dari pengolahan sebesar 589,085 ha, dimana luas ini memiliki perbedaan dengan data Dinas Pertanian Kabupaten Demak. Luas lahan sawah puso pada bulan Januari yang diperoleh dari Dinas Pertanian yaitu 631 ha. Menurut Dinas Pertanian, Kecamatan Guntur merupakan Kecamatan dengan luas tertinggi yang mengalami gagal panen sebesar 430 ha. Perbedaan luas ini disebabkan oleh Sentinel-2 yang digunakan untuk mendeteksi lahan sawah berdasarkan fase tanamnya pada tanggal 19

Januari 2020. Dominan air pada tanggal tersebut sudah mulai surut pada beberapa kecamatan, sehingga nilai EVI tidak rendah pada area tersebut karena tidak mengandung air. Penggabungan data banjir dengan metode *change detection* dan lahan sawah dari hasil algoritma PPPM akan menghasilkan sebaran lahan sawah yang terkena banjir namun ada beberapa area lahan sawah banjir yang tidak terdeteksi atau terdapat informasi yang hilang.

3. Analisis tingkat akurasi dengan membandingkan data hasil pengolahan dengan data lapangan. Tingkat keakuratan metode *change detection* dan algoritma PPPM dalam mendeteksi lahan sawah yang terkena banjir diperoleh *overall accuracy* sebesar 84,38%. Hasil validasi lapangan menunjukkan bahwa *change detection* cukup efektif dalam mendeteksi banjir dan algoritma PPPM pun cukup efektif dalam mendeteksi lahan sawah padi berdasarkan fase tanam atau dominan air pada suatu objek. Lahan sawah puso dari hasil penggabungan data lahan sawah terkena banjir dan EVI puso diperoleh akurasi sebesar 84,38%. Ketidaksesuaian lahan sawah puso dengan data lapangan sebesar 15,62%, terdapat beberapa titik yang dilapangan ada lahan puso namun hasil klasifikasi pengolahan tidak terdeteksi.

V.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mulai tahap persiapan hingga analisis hasil dapat diambil beberapa saran, berikut adalah saran dari peneliti untuk penelitian selanjutnya

1. Data yang digunakan untuk mendeteksi lahan sawah sebaiknya menggunakan data Sentinel-1 dimana data tersebut bebas dari tutupan awan.
2. Peneliti menyarankan agar dalam melakukan tahapan *cloud masking* sebaiknya menggunakan metode FMASK, karena metode ini memiliki ketelitian yang lebih baik daripada metode *s2cloudless*.
3. Peneliti menyarankan untuk mencoba metode *Refine Lee* dalam tahapan *speckle filter* data Sentinel-1 karena *Refine Lee* memiliki tingkat *smoothing* yang bagus.

DAFTAR PUSTAKA

- A, Karim, Makarim., dan E, Suhartatik. 2009. *Morfologi dan Fisiologi Tanaman Padi. Balai Penelitian Tanaman Padi*. diunduh pada 17 april 2017.http://www.litbang.pertanian.go.id/special/padi/bbpadi_2009_itkp_11.pdf
- Danoedoro, P. (2012). *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: Andi.
- Dong, J., Xiao, X., Menarguez, M. A., Zhang, G., Qin, Y., Thau, D., Moore, B. (2016). Mapping paddy rice planting area in northeastern Asia with Landsat 8 images, phenology-based algorithm and Google Earth Engine. *Remote Sensing of Environment*, 185(January 2020), 142–154. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.02.016>
- ESA. (2019). *Sentinel 2-A*. Retrieved from ESA: diakses pada tanggal 13 November https://www.esa.int/Enabling_Support/Operations/Sentinel-2_operations
- Glenn, E. P., Huete, A. R., Nagler, P. L., dan Nelson, S. G. (2008). Relationship between remotely-sensed vegetation indices, canopy attributes and plant physiological processes: What vegetation indices can and cannot tell us about the landscape. *Sensors*, 8(4), 2136–2160. <https://doi.org/10.3390/s8042136>
- Kementerian Pertanian. 2018. *Petunjuk Teknis Pengamatan dan Pelaporan Organisme Pengganggu Tumbuhan dan Dampak Perubahan Iklim [OPT-DPI]*.
- Kushardono, D. (2019). *Penyediaan Informasi Geospasial Berbasis Cloud Computing Data Penginderaan Jauh*. (November), 31–40.
- Lillesand, T. M., dan Kiefer, R. W. (1979). Remote sensing and image interpretation. In *Remote sensing and image interpretation*. <https://doi.org/10.2307/634969>
- Longbotham, N., Pacifici, F., Glenn, T., Zare, A., Volpi, M., Tuia, D., Du, Q. (2012). Multi-modal change detection, application to the detection of flooded areas: Outcome of the 2009-2010 data fusion contest. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 5(1), 331–342. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2011.2179638>
- Malenovsky, Z., Rott, H., Cihlar, J., Schaepman, M. E., García-Santos, G., Fernandes, R., dan Berger, M. (2012). Sentinels for science: Potential of Sentinel-1, -2, and -3 missions for scientific observations of ocean, cryosphere, and land. *Remote Sensing of Environment*, 120, 91–101. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.09.026>
- Odum, E, P. (1995). *Dasar-Dasar Ekologi*, edisi ke tiga, UGM Press, Yogyakarta.
- Santhiawan, P. (2019). Adaptasi Padi Sawah (*Oryza sativa* L) terhadap Peningkatan Kelebihan Air Sebagai Dampak Pemanasan Global. *Agro Bali*, Vol (2) : 130-144.
- Sarjani Farah. (2017). *EKSAKTA Vol. 18 No.1 April*. 18(1).
- Singh, A. (1989). Review Article: Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 10(6), 989–1003. <https://doi.org/10.1080/01431168908903939>
- Soenarmo, S. H. (2009). *Penginderaan Jauh dan pengenalan sistem informasi geografis untuk bidang ilmu kebumihan*. Bandung: ITB.