

ANALISIS MULTI TEMPORAL SEBARAN *FLOODING SIGNAL* MENGGUNAKAN METODE PPPM (*PHENOLOGY AND PIXEL BASED PADDY RICE MAPPING*) TERKAIT IDENTIFIKASI LAHAN SAWAH TERKENA BANJIR (Studi Kasus: Kabupaten Kendal Tahun 2016)

Muhammad Nur Khafidlin, Bandi Sasmito, Yudo Prasetyo^{*)}

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

ABSTRAK

Negara Indonesia terletak di daerah beriklim tropis yang sangat sensitif terhadap anomali iklim *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO) salah satunya La Nina. Pada pertengahan Juni 2016, Kendal terjadi banjir akibat La Nina dengan dampak hingga merendam lahan sawah yang menyebabkan padi menjadi puso. Curah hujan tinggi menyebabkan debit sungai naik hingga berimbas terhadap luapan Kali Blorong. Data Landsat dengan DOY 104 sampai 232 digunakan untuk pengolahan algoritma PPPM (*Phenology and Pixel Based Paddy Rice Mapping*) yang menghasilkan data *Flooding Signal* secara multitemporal dan data tutupan lahan dengan klasifikasi terbimbing. Data TRMM dengan DOY 161 sampai 176 dan DOY 214 sampai 221 digunakan untuk perhitungan curah hujan. Rerata nilai curah hujan daerah aliran sungai dan debit sungai digunakan untuk analisis statistik uji korelasi. Pengkajian lahan sawah puso akibat banjir dilakukan dengan penggabungan data *Flooding Signal*, penurunan EVI padi puso dengan nilai $<0,074$ dan *Masking* lahan sawah. Pengolahan algoritma PPPM menghasilkan pola *Flooding Signal* yang memuncak pada bulan Juni 2016. Hal ini dikarenakan adanya fase penanaman padi dan banjir. Pemetaan lahan puso menggunakan data *Flooding Signal* menghasilkan data luasan padi puso akibat banjir seluas 270,540 hektar, selisih 105,460 hektar dari data Dispertan Kendal. Pada penelitian ini didapatkan tingkat keakuratan algoritma PPPM dalam memetakan lahan sawah puso akibat banjir sebesar 79,167%. Keterkaitan faktor curah hujan terhadap banjir dinyatakan dengan nilai korelasi debit sungai dan curah hujan pada lima jaring sungai dengan nilai 0,775 pada Kali Kuto, 0,689 pada Kali Damar, 0,754 pada Kali Blukar, 0,639 pada Kali Bodri dan 0,654 pada Kali Blorong. Pada penelitian ini, pengolahan klasifikasi terbimbing menunjukkan tidak adanya pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap banjir. Hasil pengolahan data menunjukkan algoritma PPPM sangat akurat memetakan banjir. Curah hujan juga memiliki pengaruh yang sangat tinggi terhadap banjir. Sehingga penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai referensi pengkajian banjir lahan sawah berbasis data penginderaan jauh.

Kata kunci: Algoritma PPPM, Banjir, Curah Hujan, *Flooding Signal*, Padi Puso

ABSTRACT

Indonesia is a country located in tropical climate that are very sensitive to the existence of climates anomalies El-Nino Southern Oscillation (ENSO) one of them is La Nina. In mid-June 2016, Kendal occurred floods caused by La Nina with the impact till soak the rice fields that cause the rice to be puso. High rainfall causes the river flow to rise up so it impacts on overflow of Kali Blorong. Landsat data with DOY 104 to 232 is used for processing of PPPM algorithms (Phenology and Pixel Based Paddy Rice Mapping) that produce multi-temporal Flooding Signal data and land cover data with supervised classification. TRMM data with DOY 161 to 176 and DOY 214 to 221 are used for rainfall estimation. The value of average rainfall watershed and river flow is used for statistical analysis of correlation test. Study of puso rice fields caused by flooding is done by combining Flooding Signal data, derivation of EVI's puso rice fields with value $<0,074$ and paddy rice field masking. The processing of PPPM algorithm produce Flooding Signal pattern which culminated in June 2016. This is due to the phases of rice cultivation and flooding. Puso rice field mapping with Flooding Signal data produce 270,540 hectares of puso rice field caused by floods, less than 105,460 hectares of Kendal Dispertan data. In this research are earned the accuracy level of PPPM algorithm in the mapping the puso rice field caused by flood at 79,167%. The dependability of rainfall on flood is expressed by the correlation value of river flow and upstream rainfall in five river networks with value of 0,775 in Kali Kuto, 0,689 in Kali Damar, 0,754 in Kali Blukar, 0,639 in Kali Bodri and 0,654 in Kali Blorong. In this research the result of supervised classification shows the absence of land cover change effect to flood. The result of data processing shows the PPPM algorithm is highly accurate in the flood mapping. Rainfall also has a very high impact on floods. So this research is expected to be used as reference in study of flood rice field based on remote sensing data.

Keyword: Floods, Flooding Signal, PPPM Algorithm, Puso Rice, Rainfall

^{*)} Penulis, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar belakang

Indonesia sebagai negara tropis yang terletak di antara Benua Asia dan Australia serta Samudera Hindia dan Pasifik. Keadaan ini menyebabkan wilayah Indonesia rentan terhadap perubahan iklim seperti terjadinya fenomena La Nina, El Nino, Sirkulasi Monsun Asia–Australia dan Daerah Pertemuan Angin Antar Tropis (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2016). Sehingga wilayah Indonesia sering terjadi anomali pergeseran musim seperti pergeseran musim hujan, musim kemarau, musim kemarau basah dan kekeringan.

Pada tahun 2016 wilayah Indonesia dilanda fenomena La Nina yang menyebabkan terjadinya musim kemarau basah. Wilayah Jawa sebagai daerah terkena La Nina yang menyebabkan terjadinya bencana banjir. Kendal adalah kabupaten di Pulau Jawa yang dilanda banjir akibat La Nina. Diberitakan dari laman Tribunnews (2016) banjir melanda sebagian Kabupaten Kendal sejak Sabtu (18/06/2016) hingga Senin (20/06/2016) dengan merendam 10.515 rumah, 2.072 hektar lahan sawah dan 148 hektar lahan tembakau.

Studi mengenai pemantauan banjir dalam aspek spasial dan meteorologis dapat dilakukan dengan memanfaatkan data penginderaan jauh. Perhitungan curah hujan dilakukan menggunakan data TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*). Data curah hujan akan dikorelasikan dengan data debit sungai besar yang ada di wilayah penelitian. Pemantauan sebaran wilayah banjir terutama pada lahan sawah dapat dilakukan menggunakan data multispektral Landsat. Salah satu metode untuk memetakan lahan sawah terkena banjir adalah metode PPPM (*Phenology and Pixel Based Paddy Rice Mapping*). Data multispektral Landsat juga digunakan untuk mendapatkan data tutupan lahan dengan metode klasifikasi terbimbing.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini akan menghasilkan model analisis banjir lahan sawah berbasis data spasial. Sehingga akan mempunyai nilai lebih pada analisis karena pengkajian objek tidak didasarkan data numeris saja, tetapi juga data spasial yang lebih representatif terhadap keadaan sebenarnya.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana analisis sebaran dan luasan lahan sawah terkena banjir menggunakan metode PPPM dengan citra Landsat di Kabupaten Kendal tahun 2016?
2. Bagaimana tingkat akurasi metode PPPM untuk mengidentifikasi lahan sawah terkena banjir di Kabupaten Kendal tahun 2016 berdasarkan hasil validasi lapangan?
3. Bagaimana tingkat keterkaitan curah hujan terhadap kejadian banjir lahan sawah di

Kabupaten Kendal tahun 2016 berdasarkan hasil perhitungan uji korelasi?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dan manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

I.3.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui sebaran dan luasan lahan sawah terkena banjir dengan metode PPPM di Kabupaten Kendal tahun 2016.
2. Mengetahui tingkat akurasi metode PPPM dalam mengidentifikasi lahan sawah terkena banjir di Kabupaten Kendal tahun 2016.
3. Mengetahui seberapa besar keterkaitan curah hujan terhadap kejadian banjir lahan sawah di Kabupaten Kendal tahun 2016.

I.3.2 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini terdiri dari 2 aspek yaitu aspek keilmuan dan aspek rekayasa dengan penjelasan berikut:

1. Aspek Keilmuan

Dari segi keilmuan penelitian ini memiliki manfaat untuk memberikan sumbangan penelitian guna pengembangan keilmuan bidang penginderaan jauh terkait pemantauan banjir khususnya lahan sawah.

2. Aspek Rekayasa

Manfaat penelitian dari aspek rekayasa adalah pemetaan lahan sawah terkena banjir menggunakan data penginderaan jauh yaitu citra Landsat 7, Landsat 8 dan TRMM. Pemetaan lahan sawah terkena banjir digunakan untuk menyediakan data spasial mengenai lahan sawah terkena banjir yang menyebabkan puso di Kabupaten Kendal pada tahun 2016. Sehingga dengan menerapkan metode yang sama dapat digunakan untuk memetakan lahan sawah terkena banjir untuk waktu dan wilayah penelitian yang berbeda.

I.4 Batasan Masalah

Penelitian ini diberi batasan masalah agar sejalan dengan kajian permasalahan yang telah dijelaskan. Berikut batasan masalah penelitian ini:

1. Menggunakan data citra landsat 7 dan 8 level 1T bulan April sampai Agustus 2016.
2. Menggunakan data TRMM 3B42 V7 sebagai data perkiraan nilai curah hujan.
3. Penelitian ini menggunakan koreksi radiometrik metode FLAASH (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spektral Hypercubes*) untuk mendapatkan reflektansi.
4. Koreksi geometrik tidak dilakukan karena citra Landsat level 1T sudah terkoreksi geometrik.
5. Penelitian menggunakan algoritma PPPM (*Phenology and Pixel Based Paddy Rice Mapping*) yang telah dilakukan dalam penelitian Dong dkk (2016) berjudul "Mapping paddy rice planting area in northeast Asia with Landsat 8 image,

phenology-based algorithm and Google Earth Engine”.

6. Penelitian ini mengkaji banjir lahan sawah padi jenis sawah irigasi yang menyebabkan puso.
7. Pengkelasan piksel padi puso menggunakan nilai EVI padi skor 100 dengan nilai <0,074 pada penelitian Febrianti dan Domiri (2012) berjudul “Analisis Potensi Banjir di Sawah Menggunakan Data Modis dan TRMM (Studi Kasus Kabupaten Indramayu).
8. Pengkajian banjir lahan sawah dilihat dari parameter curah hujan dan tutupan lahan.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Padi dan Fase Pertumbuhan Padi

Tanaman padi (*Oryza sativa L.*) merupakan tanaman semusim anggota famili *Poaceae* (rumpun-rumpun) dengan morfologi berbatang bulat dan berongga yang disebut jerami. Padi telah mengalami evolusi secara morfologi dan fisiologi selama proses pembudidayaan. Siklus tanaman padi dibagi ke dalam tiga fase yaitu fase vegetatif (awal pertumbuhan sampai pembentukan bakal malai/primordia), reproduktif (primordia sampai pembungaan) dan pematangan (pembungaan sampai gabah matang) (Makarim dan Suhartatik, 2009). Pembagian fase pertumbuhan padi ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Fase Tumbuh Padi (IRRI, 2007 dalam Makarim dan Suhartatik, 2009)

Domiri dkk (2014) telah melakukan penelitian pendugaan umur padi berdasarkan nilai EVI yang menunjukkan tingkat kehijauan dengan hasil berupa profil pertumbuhan padi dari fase vegetatif sampai generatif berbentuk lonceng agak simetris.

Tingkat kehijauan tanaman sebagai ukuran kualitatif yang digunakan untuk mengamati kondisi aktifitas fotosintesis vegetasi (Domiri dkk, 2011 dalam Febrianti dan Domiri, 2012). Perubahan keadaan lingkungan seperti banjir pada padi akan memengaruhi kondisi fotosintesis, sehingga nilai EVI juga ikut terpengaruh. Pengkelasan tingkat banjir lahan sawah berdasarkan nilai EVI padi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Skor EVI (Domiri dkk, 2011 dalam Febrianti dan Domiri, 2012)

No	Skor EVI	Nilai EVI
1	5	>0,700
2	15	0,626 – 0,699
3	30	0,516 – 0,625
4	45	0,405 – 0,515
5	60	0,295 – 0,404
6	75	0,184 – 0,294
7	90	0,074 – 0,183

8	100	<0,074
---	-----	--------

Skor EVI tinggi menunjukkan semakin tinggi ancaman banjir yang menyebabkan padi puso. Puso adalah tanaman padi tergenang dan menunjukkan kerusakan fisik sehingga tanaman mati dan atau tidak dapat berproduksi (Kementerian Pertanian, 2015). Sehingga nilai EVI <0,074 dengan skor 100 digunakan sebagai batasan nilai EVI padi puso akibat banjir.

II.2 Banjir dan Penyebabnya

Banjir adalah peristiwa terjadinya genangan (limpahan) air di area tertentu sebagai akibat meluapnya air sungai/danau/laut yang menimbulkan kerugian baik materi maupun non-materi terhadap manusia dan lingkungan (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2007). Menurut Departemen Kesehatan Republik Indonesia (2007), terjadinya banjir disebabkan oleh beberapa hal berikut:

1. Curah hujan tinggi dalam waktu yang lama.
2. Terjadinya hambatan di muara sungai.
3. Perubahan kondisi lahan daerah aliran sungai.
4. Terjadinya penurunan permukaan tanah.
5. Perubahan penggunaan lahan menyebabkan berkurangnya daerah resapan air.
6. Pembangunan drainase yang tidak memperhitungkan kondisi lahan.
7. Adanya kebiasaan masyarakat yang membuang sampah padat ke saluran drainase dan sungai.

II.3 Koreksi Atmosfer Metode FLAASH

Koreksi atmosfer FLAASH (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spektral Hypercubes*) perlu dilakukan untuk menghilangkan pengaruh atmosfer dan mengembalikan nilai reflektansi objek sebenarnya di permukaan bumi (Fibriawati, 2016). FLAASH merupakan koreksi atmosfer dengan dasar metode MODTRAN4 (*Moderate Spectral Resolution Atmospheric Transmittance Algorithm and Computer Model*) yang terdapat pada *software* ENVI. Koreksi FLAASH bisa digunakan untuk mengoreksi saluran dari panjang gelombang sinar tampak hingga inframerah dekat dan gelombang inframerah pendek yaitu hingga 3 µm. Persamaan koreksi FLAASH dapat dilihat pada rumus 1 (FLAASH, 2006).

$$L = \frac{A_p}{1-\rho_e S} + \frac{B_{pe}}{1-\rho_e S} + L_a \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- ρ = reflektan permukaan piksel
- pe = reflektan rata-rata permukaan piksel dan sekitarnya
- S = albedo dari atmosfer
- La = radiasi balik oleh atmosfer
- A,B = koefisien yang bergantung pada kondisi atmosfer dan geometris

Koreksi FLAASH menggunakan masukan nilai radian berupa data radian *floating point* dengan satuan µW/cm2 * nm* sr (FLAASH, 2006).

II.4 Phenology and Pixel Based Paddy Rice Mapping (PPPM)

Algoritma PPPM akan menghasilkan *Flooded Pixel* yang memuat informasi *Flooding Signal*. *Flooding Signal* menunjukkan informasi adanya tutupan air maupun campuran air dan tanaman dengan tutupan air yang lebih dominan (Xiao dkk, 2015). *Flooding Signal* didapatkan pada fase penanaman padi ataupun saat lahan padi terkena banjir.

Flooding/Rice Transplanting Signal dapat dikenali secara efektif dengan membuat hubungan matematis antar indeks vegetasi yaitu *LSWI*, *NDVI* dan *EVI* (Xiao dkk, 2002 dalam Dong dkk, 2016). *EVI* dan *NDVI* adalah indek vegetasi yang peka terhadap tingkat kehijauan vegetasi. Sedangkan *LSWI* adalah indeks vegetasi yang peka terhadap kandungan air pada tanah dan vegetasi. Metode PPPM dijalankan dengan algoritma matematis yang dapat dilihat pada rumus 2 (Dong dkk, 2016).

$$Flood = \begin{cases} 1 & (LSWI_{Ti} > EVI \text{ or } LSWI_{Ti} > NDVI) \\ 0 & (LSWI_{Ti} \leq EVI \text{ and } LSWI_{Ti} \leq NDVI) \end{cases} \dots (2)$$

Keterangan:

Flood = status dari *flooding/transplanting signal*
Ti = periode akuisisi data

II.5 Klasifikasi Terbimbing Tutupan Lahan (Supervised Classification)

Teknik klasifikasi terbimbing adalah teknik analisis yang mempunyai kemampuan dalam mengenali piksel pada setiap kelas dan dapat mewakili beberapa pola yang terbentuk dari beberapa kelas tersebut. Kumpulan piksel yang mempunyai pola tertentu disebut dengan prototipe piksel dan digunakan sebagai *training data*. *Training data* digunakan untuk membentuk pola-pola kelas yang mewakili objek tertentu (Richards, 2006).

II.6 Uji Statistik Data

Uji statistik dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari kumpulan data penelitian. Uji statistik terbagi menjadi dua kelompok yaitu statistik deskriptif dan statistik analitis (Dahlan, 2013).

II.6.1 Uji Normalitas Data

Uji Normalitas adalah sebuah uji statistik yang bertujuan untuk menilai sebaran data pada sebuah kelompok data atau variabel apakah sebaran data tersebut berdistribusi normal ataukah tidak (Hidayat, 2013). Penilaian hasil uji normalitas didasarkan nilai probabilitas (p). Untuk derajat kepercayaan 95% maka digunakan nilai ambang probabilitas 0,05.

II.6.2 Uji Korelasi Data

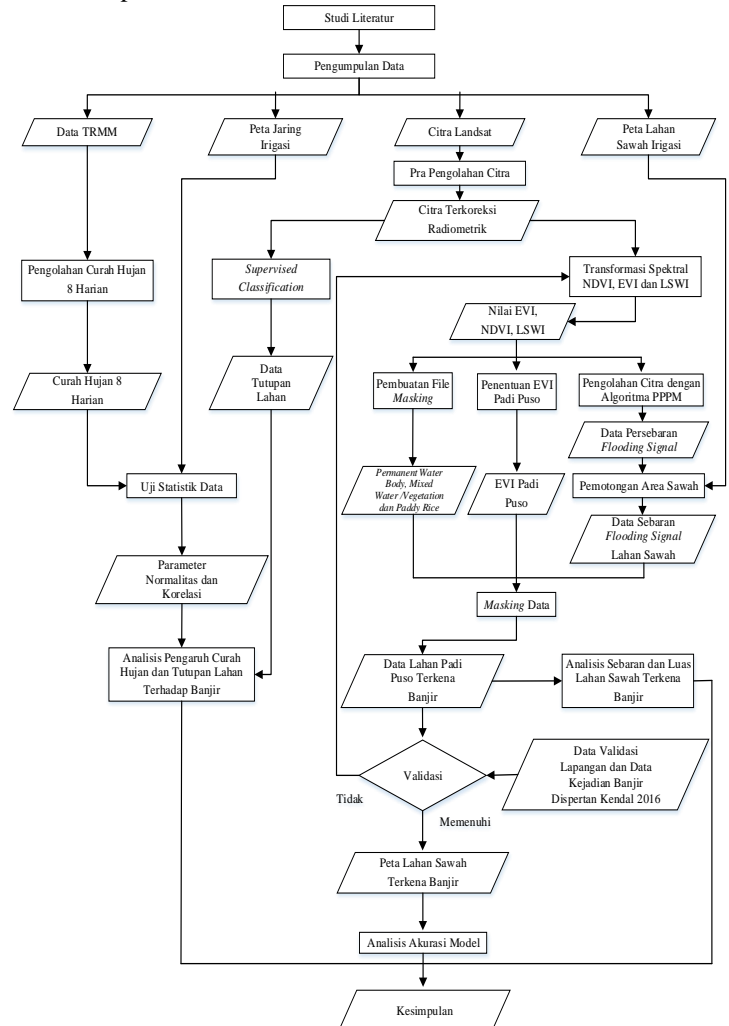
Korelasi adalah teknik statistik yang digunakan untuk menguji ada atau tidaknya hubungan serta arah hubungan dari dua variabel atau lebih (Hidayat, 2013). Menurut Dahlan (2013) ketentuan pelaksanaan uji korelasi didasarkan dari beberapa ketentuan berikut:

1. Memeriksa Syarat uji parametrik yaitu data terdistribusi normal,

2. Bila data terdistribusi normal, maka digunakan uji korelasi *Pearson*.
3. Bila data tidak terdistribusi normal, maka digunakan uji korelasi *Spearman*.

III. Metodologi Penelitian

Secara umum pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

III.1 Peralatan dan Data Penelitian

III.1.1 Peralatan penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Peralatan pengolah data berupa perangkat keras dan perangkat lunak dengan penjelasan berikut:
 - A. Perangkat keras berupa laptop dengan spesifikasi:
 - a. Merek dan tipe : HP EliteBook 2560p
 - b. Tipe prosesor : Core i5 2520M
 - c. GPU : Intel HD 3000
 - d. Spesifikasi RAM : 4 GB DDR3 PC-12800
 - e. Sistem Operasi : Windows 7 Pro 64 bit
 - B. Perangkat lunak yang digunakan meliputi:

- a. Pengolah citra yaitu ArcGIS 10.5, Geomatica 2015, Global Mapper 18 dan ENVI 5.2.
 - b. Perangkat lunak pengolah data statistik yaitu IBM SPSS Statistics 24.
 - c. Perangkat lunak kantor yaitu Office 2016.
2. Perangkat lapangan untuk pengambilan data validasi lapangan yang meliputi:
- a. Alat tulis
 - b. GPS *Handheld*
 - c. Kamera
- III.1.2 Data penelitian
- Data penelitian yang digunakan antara lain:
1. Citra Landsat 7 dan 8 dengan akuisisi DOY 104, 120, 128, 168, 176, 184, 200, 216 dan 232 tahun 2016.
 2. Data TRMM dengan DOY 161 sampai 176 dan DOY 214 sampai 221 tahun 2016.
 3. *Shapefile* Administrasi Kabupaten Kendal dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Kendal (Peta RTRW 2011-2031).
 4. *Shapefile* Jaringan Sungai dan DAS dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Kendal (Peta RTRW 2011-2031).
 5. *Shapefile* Lahan Sawah Irigasi dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Kendal (Peta RTRW 2011-2031).
 6. Data Debit Sungai Rata-rata Kabupaten Kendal dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Kendal tahun 2016.
 7. Data Luas Serangan Tanaman Akibat Dampak Iklim untuk lahan sawah tahun 2016 dari Dinas Pertanian Kabupaten Kendal.
 8. Data Luas Tambah Tanam Padi tahun 2016 dari Dinas Pertanian Kabupaten Kendal.

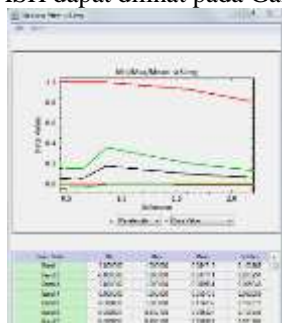
III.2 Tahapan Pengolahan Citra Landsat

III.2.1 Tahapan Pra Pengolahan Landsat

Pra pengolahan data bertujuan untuk menyiapkan data agar menjadi data yang siap untuk keperluan pengolahan lebih lanjut.

1. Koreksi Atmosferik FLAASH

Koreksi FLAASH dilakukan menggunakan *software* ENVI dengan masukan dari saluran biru, merah, inframerah dekat dan inframerah pendek. Koreksi atmosfer akan menghasilkan reflektan BoA dengan rentang 0 sampai 1. Histogram pengolahan koreksi FLAASH dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Nilai Reflektan BoA Saluran Multispektral

2. Koreksi Awan (*Masking*)

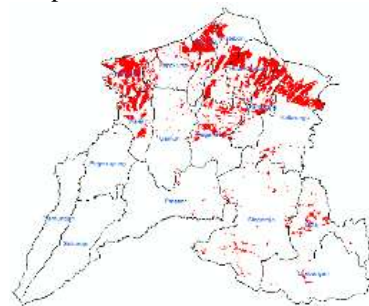
Koreksi awan akan menghasilkan file *masking* dengan *Digital Number* (DN) 0 dan 1. Nilai 0 mewakili data piksel *Masking* yang akan menghalangi proses pengolahan data. Pembuatan file *masking* citra Landsat 7 menggunakan *menu Cloud and Haze Removal* pada Geomatica 2015. Sedangkan pembuatan file *Masking* citra Landsat 8 menggunakan pengolahan saluran QA (*Quality Assessment*) pada *software* ArcMap 10.5. Tampilan hasil koreksi awan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Citra Landsat Bebas Awan

III.2.2 Tahapan Pembuatan Sebaran *Flooding Signal* menggunakan Algoritma PPPM

Algoritma PPPM dibangun dari indeks vegetasi yaitu EVI, LSWI dan NDVI. Pengolahan transformasi indeks vegetasi menggunakan masukan citra Landsat hasil pra pengolahan. Setelah didapatkan data indeks vegetasi, selanjutnya dilakukan pengolahan Algoritma PPPM menggunakan *toolbox Bandmath* pada ENVI 5.2 dengan merujuk pada rumus II-2. Pengolahan algoritma PPPM menghasilkan *Flooding Signal* yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Sebaran *Flooding Signal*

III.2.3 Tahapan Pemetaan Sawah Irigasi Terkena Banjir

Tahapan ini menggunakan masukan dari data *Flooding Signal*, nilai EVI padi puso akibat banjir dan data *Masking* lahan sawah. *Masking* lahan sawah meliputi *Permanent Water Body*, *Permanent Mixed Water and Vegetation* dan *Paddy Rice Mask*. Tahapan ini dilakukan menggunakan ENVI 5.2 *Toolbox Band Math* untuk menggabungkan data *Flooding Signal* dengan EVI puso dan *Apply Mask* untuk pelaksanaan *masking* lahan sawah. Hasil

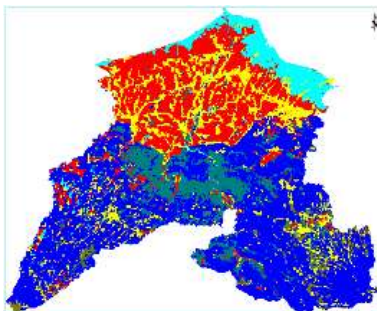
pemetaan lahan sawah puso dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Sebaran Pikel Banjir Lahan Sawah Puso

III.2.4 Tahapan Klasifikasi Terbimbing

Pengolahan data tutupan lahan menggunakan data dengan DOY mendekati kejadian banjir yaitu data Landsat 7 DOY 176 dan pada saat tidak banjir yaitu data Landsat 8 DOY 232. Pengolahan klasifikasi terbimbing menggunakan algoritma *Maximum Likelihood* dengan enam kategori tutupan lahan yaitu hutan, lahan terbangun, lahan terbuka, perairan, pertanian dan tegalan. Tampilan penutup lahan klasifikasi terbimbing ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Dokumen Hasil Klasifikasi

III.3 Tahapan Pengolahan Data TRMM

Penentuan DOY data TRMM 3B42 dilakukan dengan memperhatikan waktu kejadian banjir dan periode data debit sungai.

III.3.1 Tahapan Konversi Format File Data TRMM

Konversi format file data TRMM bertujuan agar diperoleh data TRMM dalam format raster yang umum yaitu .tif. Tahapan konversi format data TRMM dilakukan menggunakan *software* Global Mapper 18 dengan masukan citra TRMM yang berformat .HDF.

III.3.2 Tahapan Pengolahan Data Akumulasi Curah Hujan 8 Harian

Tahapan ini terdiri dari dua tahapan utama yaitu pengolahan akumulasi curah hujan dan *Resampling* ke dalam resolusi 1 Km.

1. Tahapan Pengolahan Akumulasi Curah Hujan Delapan Harian

Tahapan ini menggunakan masukan data TRMM 3B42 format GeoTIFF resolusi temporal 3 jam dengan satuan mm/jam yang akan diolah menjadi akumulasi curah hujan harian selanjutnya curah hujan delapan harian. Pengolahan akumulasi curah hujan menggunakan *toolbox Bandmath* ENVI 5.2.

2. *Resampling* data ke dalam resolusi 1 Km

Pada penelitian ini dilakukan *Resampling* data TRMM ke dalam skala resolusi 1 Km. Masukan yang digunakan adalah data akumulasi curah hujan 8 harian. Tahapan ini dilakukan menggunakan *software* ENVI 5.2 menggunakan *toolbox Resize Data (Spatial/Spectral)* Kemudian hasil *Resampling* data dilakukan pemotongan sesuai wilayah penelitian.

III.4 Tahapan Analisis Data dan Validasi Lapangan

Tahapan analisis data dan validasi lapangan terdiri dari tahapan berikut:

1. Analisis sebaran dan luasan lahan irigasi terdampak banjir melalui data *Flooding Signal*.
2. Tahapan analisis tingkat akurasi metode PPPM untuk mengenali lahan sawah irigasi banjir melalui pengolahan hasil validasi lapangan.
3. Tahapan analisis pengaruh curah hujan terhadap banjir lahan sawah melalui pembacaan korelasi debit dengan rerata curah hujan TRMM daerah aliran sungai (DAS).
4. Validasi lapangan dilakukan dengan cara melakukan survei lapangan pada titik-titik banjir melalui wawancara terhadap petani.
5. Uji normalitas dan korelasi dilakukan pada data debit dan rerata curah hujan TRMM DAS menggunakan IBM SPSS Statistic 24.

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Hasil dan Analisis Koreksi Atmosferik

Koreksi atmosferik FLAASH menghasilkan reflektan BoA dengan nilai berkisar dari 0 sampai 1. Nilai 0 menunjukkan penyerapan energi sempurna oleh objek. Nilai 1 menunjukkan pemantulan energi sempurna oleh objek. Hasil pola spektral objek dengan koreksi FLAASH dapat dilihat pada Tabel 2.

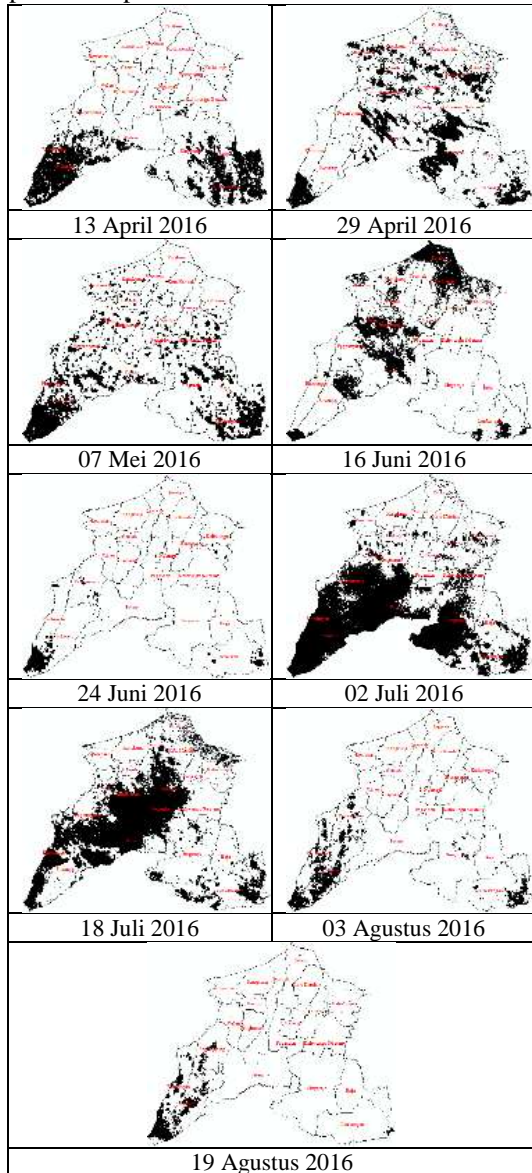
Tabel 2 Pola Spektral Objek pada Citra

No	Objek	Kenampakan Citra	Pola Spektral	
			Tanpa FLAASH	Dengan FLAASH
1	Vegetasi			
2	Lahan Terbuka			
3	Air			

Pada Tabel 2 didapatkan hasil koreksi FLAASH memberikan pengaruh terhadap objek vegetasi yaitu penurunan nilai reflektansi pada saluran biru dan hijau. Koreksi FLAASH mempengaruhi penurunan nilai reflektansi saluran biru pada objek lahan kosong. Pada objek air koreksi FLAASH mempengaruhi penurunan nilai reflektansi cukup signifikan pada saluran biru dan penurunan nilai reflektansi pada saluran hijau.

IV.2 Hasil dan Analisis Koreksi Awan

Tampilan sebaran awan pada citra penelitian dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Tutupan Awan pada Citra Penelitian

Pada Gambar 8 didapat pola persebaran awan selalu menutupi daerah barat daya Kabupaten Kendal yaitu Kecamatan Sukorejo dan Kecamatan Plantungan serta bagian tenggara yaitu Kecamatan Limbangan. Hal ini dikarenakan faktor ketinggian topografi. Pola persebaran awan pada bulan April hingga bulan Juli cenderung tersebar merata di seluruh wilayah Kabupaten Kendal. Hal ini

dikarenakan pada tahun 2016 terjadi La Nina yang menyebabkan musim kemarau basah. Pola persebaran awan pada bulan Agustus hanya memusat di kedua pengunungan yang ada di Kabupaten Kendal dengan luas liputan yang relatif sempit. Hal ini dikarenakan adanya penurunan intensitas hujan di Kendal. Pada tanggal 16 Juni 2016 didapatkan pola persebaran awan yang memusat di bagian hilir sungai yaitu Kali Bodri dan Kali Blorong. Hal ini dikarenakan pada pertengahan bulan Juni terdapat curah hujan tinggi yang menyebabkan banjir.

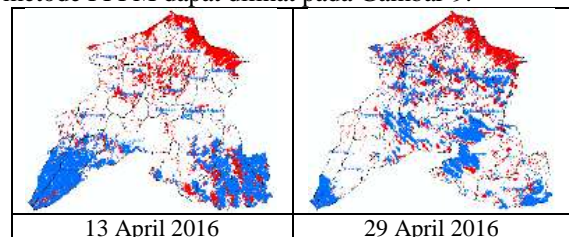
IV.3 Hasil dan Analisis Transformasi Spektral

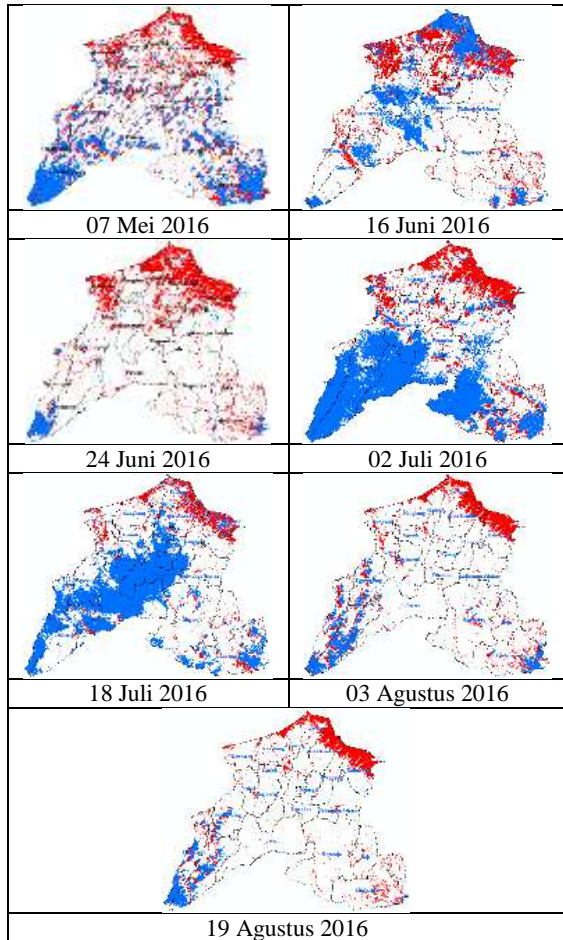
Transformasi spektral menghasilkan citra NDVI, EVI dan LSWI untuk menjalankan algoritma PPPM. Berdasarkan parameter spasial dan temporal didapatkan tiga pola persebaran indeks vegetasi yaitu:

1. Wilayah Kendal bagian selatan dari bulan April sampai Agustus cenderung memiliki pola statis dengan rona terang untuk NDVI dan EVI serta rona sedang untuk LSWI. Hal ini dikarenakan dominasi hutan tropis dengan kehijauan tinggi.
2. Wilayah Kendal bagian utara dari bulan April hingga Agustus didapatkan pola statis dengan rona gelap pada NDVI dan EVI serta rona terang pada LSWI. Tetapi pada DOY 168 didapatkan citra LSWI dengan rona gelap akibat pengaruh awan tipis. Hal ini akibat dominasi tambak yang selalu tergenangi air.
3. Wilayah Kendal bagian tengah hingga utara didapatkan pola perubahan indeks vegetasi dinamis. Pada bulan April sampai Juni didapatkan perubahan indeks vegetasi yang cenderung gelap untuk citra NDVI dan EVI. Pada bulan Juli sampai Agustus didapatkan citra NDVI dan EVI dengan rona cenderung terang. Sedangkan pada citra LSWI didapatkan perubahan pola rona dari bulan April sampai Mei yang cenderung gelap. Pada bulan Juni sampai Agustus didapatkan perubahan rona yang semakin terang. Hal ini dikarenakan dominasi lahan sawah padi yang berada pada fase pematangan hingga panen dari bulan April sampai Juni. Fase pembibitan pada bulan Juni dan fase vegetatif menuju reproduktif pada bulan Juni hingga Agustus.

IV.4 Hasil dan Analisis Sebaran Flooding Signal Sawah Irigasi

Hasil pengolahan *Flooding Signal* dengan metode PPPM dapat dilihat pada Gambar 9.

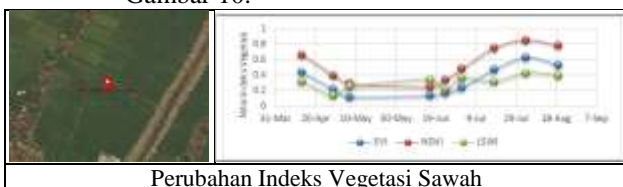




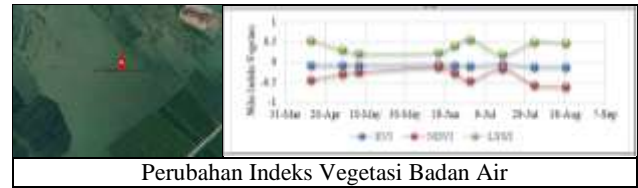
Gambar 9 Tampilan Sebaran *Flooding Signal* Citra Penelitian

Dari pola persebaran *Flooding Signal* dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Wilayah Kabupaten Kendal bagian pesisir selalu mendapatkan sebaran *Flooding Signal*.
2. Lahan sawah irigasi pada wilayah Kendal bagian tengah hingga utara mempunyai pola penanaman heterogen (tidak serentak). Hal ini dibuktikan dengan adanya persebaran *Flooding Signal* yang dinamis.
3. Puncak persebaran *Flooding Signal* terjadi pada bulan Juni. Hal ini dikarenakan adanya fase pembibitan padi dan terjadinya banjir.
4. Lahan sawah hanya memuat *Flooding Signal* pada fase penanaman padi yang bertahan sekitar satu bulan terhitung sejak bibit padi ditanam. Sedangkan tutupan air pada tambak akan menunjukkan sebaran *Flooding Signal* secara kontinyu. Grafik perubahan indeks vegetasi dapat dilihat pada Gambar 10.



Perubahan Indeks Vegetasi Sawah



Perubahan Indeks Vegetasi Badan Air

Gambar 10 Grafik Perubahan Indeks Vegetasi

IV.5 Hasil dan Analisis Lahan Sawah Terkena Banjir Berakibat Puso

Tampilan sebaran piksel lahan sawah terkena banjir berakibat puso dapat dilihat pada Gambar 6. Pada Gambar 6 didapat persebaran sawah puso meliputi lima kecamatan di Kabupaten Kendal yaitu Kecamatan Kaliwungu, Brangsong, Kendal, Patebon dan Cepiring. Pola persebaran lahan puso terdiri dari sebaran sistematis dan acak dengan pola mengikuti aliran sungai terutama pada Kali Blorong. Hal ini dikarenakan adanya luapan Kali Blorong dan Kali Waridin yang menyebabkan banjir pada 18 Juni 2016. Banjir merendam padi usia 1 sampai 30 HST dengan durasi lebih dari satu minggu. Perbedaan luasan lahan sawah puso hasil pengolahan citra dan Dispersan Kabupaten Kendal ditampilkan pada Tabel 3.

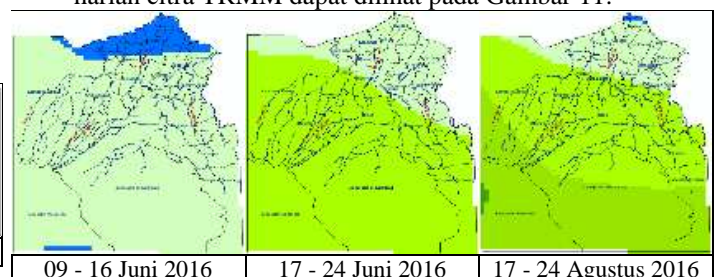
Tabel 3 Luasan Puso Lahan Padi

No	Sumber Data	Luas Puso (ha)
1	Dispersan Kabupaten Kendal	376
2	Piksel Puso Citra Landsat	270,540
	Selisih Luas (ha)	105,460
	Selisih Luas (%)	28,048

Pada Tabel 3 didapatkan perbedaan luasan puso seluas 105,460 hektar (28,048 %). Hal ini dikarenakan adanya perbedaan cakupan luasan ,metode perhitungan dan adanya *gap* citra. Cakupan puso dari Dispersan Kabupaten Kendal hanya meliputi Kecamatan Kendal dan Brangsong. Perhitungan luasan puso dari Dispersan diperoleh dari survei lapangan menggunakan metode perkiraan jarak pandang mata. Sedangkan luasan dari citra Landsat berbasis geometrik data spasial. Tetapi kedua data tersebut memiliki karakter sama yaitu terdapatnya luasan puso tinggi di sekitar Kali Blorong. *Gap* dikenali sebagai piksel dengan nilai *No Data*, sehingga tidak menampilkan data puso.

IV.6 Hasil dan Analisis Akumulasi Curah Hujan Periode 8 Harian

Hasil pengolahan akumulasi curah hujan 8 harian citra TRMM dapat dilihat pada Gambar 11.





Gambar 11 Tampilan Akumulasi Curah Hujan 8 Harian TRMM 3B42 V7

Dilihat dari pola persebarannya, Pada bulan Juni pola persebaran curah hujan lebih teratur dengan persebaran merata dari dua kelas curah hujan. Sedangkan pada bulan Agustus didapatkan persebaran curah hujan yang lebih kompleks dengan didapaknya tiga kelas curah hujan meliputi lima rentang kelas. Dengan memperhatikan resolusi spasial citra TRMM yaitu 27,5 km dapat disimpulkan bahwa distribusi hujan bulan Juni tersebar secara merata dan bulan Agustus tersebar tidak merata. Hal ini dikarenakan pada tahun 2016 wilayah penelitian terjadi La Nina dengan karakter curah hujan tinggi pada bulan Juni dan curah hujan lebih rendah pada bulan Agustus.

IV.7 Hasil dan Analisis Uji Statistik

Uji statistik akan menghasilkan penilaian secara kuantitatif dari variabel yang digunakan pada penelitian.

IV.7.1 Hasil dan Analisis Uji Normalitas

Hasil pengolahan uji normalitas dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Uji Normalitas

Parameter	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Sig.	Statistik	df	Sig.
Q_Kuto	.359	3	.	.811	3	.141
CH_Kuto	.215	3	.	.989	3	.801
Q_Damar	.315	3	.	.891	3	.358
CH_Damar	.284	3	.	.933	3	.499
Q_Blukar	.290	3	.	.926	3	.474
CH_Blukar	.294	3	.	.921	3	.456
Q_Bodri	.362	3	.	.804	3	.123
CH_Bodri	.274	3	.	.944	3	.543
Q_Blorong	.363	3	.	.803	3	.122
CH_Blorong	.228	3	.	.982	3	.746

Pada Tabel 4 didapatkan nilai p dari setiap variabel dengan nilai lebih dari 0,05 untuk semua variabel. Sehingga semua data terdistribusi normal. Dengan demikian data dapat digunakan untuk analisis parametrik yaitu korelasi Pearson (*Product Moment*).

IV.7.2 Hasil dan Analisis Uji Korelasi

Nilai korelasi variabel rerata curah hujan DAS terhadap variabel debit dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Uji Korelasi Pearson

No	Nama Sungai	Nilai Korelasi	Kategori
1	Kali Kuto	0,775	Kuat
2	Kali Damar	0,689	Kuat
3	Kali Blukar	0,754	Kuat
4	Kali Bodri	0,639	Kuat
5	Kali Blorong	0,654	Kuat

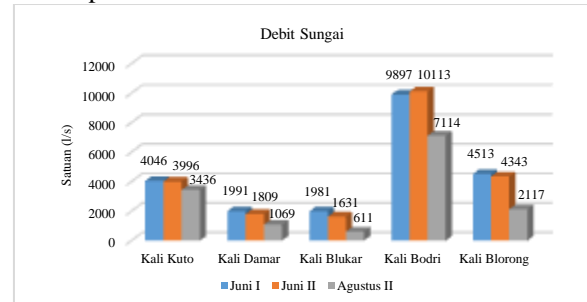
Interpretasi yang didapat pada Tabel 5 adalah didapatkan korelasi kuat antara variabel rerata curah hujan daerah aliran sungai dengan debit sungai pada setiap sungai. Nilai korelasi terendah terdapat pada

Kali Bodri. Hasil yang didapat dari uji korelasi *pearson* adalah nilai korelasi bernilai positif antar variabel yang menunjukkan adanya korelasi yang searah.

IV.8 Hasil dan Analisis Korelasi Curah Hujan terhadap Banjir

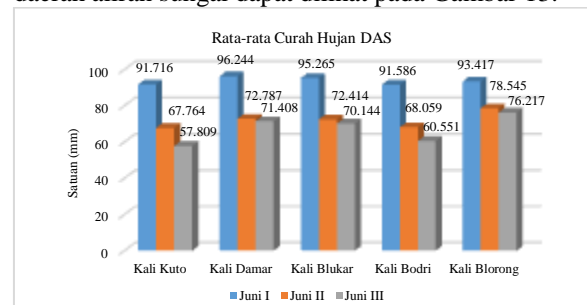
Banjir sebagai bencana alam yang disebabkan unsur meteorologis yaitu curah hujan tinggi. Debit sungai sangat dipengaruhi oleh nilai rerata curah hujan DAS.

Tampilan diagram batang debit sungai dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12 Debit Sungai Wilayah Penelitian

Tampilan diagram batang rerata curah hujan daerah aliran sungai dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13 Rerata Curah Hujan Daerah Aliran Sungai Wilayah Penelitian

Pada Gambar 12 dan 13 didapatkan nilai curah hujan yang tinggi dan debit yang tinggi untuk periode Bulan Juni. Adanya curah hujan yang tinggi dan debit yang tinggi pada dua periode di Bulan Juni memicu adanya akumulasi volume air yang tinggi pada sungai. Sehingga menyebabkan terjadinya luapan air yaitu Luapan Kali Blorong tanggal 18 Juni 2016.

IV.9 Hasil dan Analisis Klasifikasi Terbimbing

Klasifikasi terbimbing akan menghasilkan data tutupan lahan yang digunakan untuk analisis parameter topografi terhadap banjir.

IV.9.1 Hasil dan Analisis Akurasi Klasifikasi menggunakan Matrik Konfusi

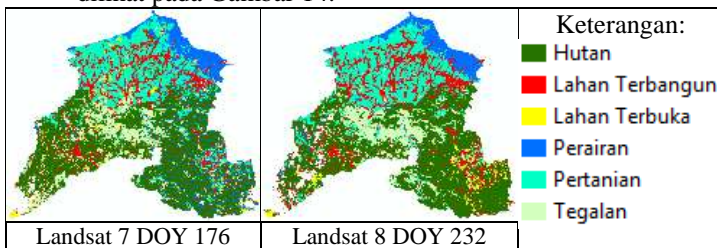
Matrik konfusi menyajikan hasil klasifikasi yang berbasis statistik dengan memuat data komisi, omisi dan jumlah piksel yang terkelaskan dengan benar. Pengujian akurasi klasifikasi menghasilkan *Overall Accuracy* sebesar 93,45% dengan koefisien kappa 0,920 untuk klasifikasi citra Landsat 7 DOY 176 dan *Overall Accuracy* sebesar 96,07% dan koefisien kappa 0,952 untuk klasifikasi citra Landsat

8 DOY 232. Hasil klasifikasi yang didapatkan sudah memenuhi persyaratan minimal akurasi.

Berdasarkan *POI Ground Truth* dari Google Earth dilakukan verifikasi hasil klasifikasi. Verifikasi hasil klasifikasi akan didapatkan tingkat kesesuaian klasifikasi pada citra Landsat 7 DOY 176 dan citra Landsat 8 DOY 232 dengan tingkat kesesuaian sampel masing-masing sebesar 92,222% dan 93,333%. Hal ini menunjukkan bahwa tingginya *Overall Accuracy* dan kofisien kappa memperlihatkan keakuratan klasifikasi. Sehingga, klasifikasi tutupan lahan yang didapat sudah merepresentasikan keadaan di lapangan

IV.9.2 Hasil dan analisis tutupan lahan

Tampilan hasil klasifikasi tutupan lahan dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14 Tampilan Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan

Adapun luasan tutupan lahan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Tabel Luasan Tutupan Lahan Hasil Klasifikasi

No	Kategori	Luasan Tutupan Lahan (ha)		Selisih Luas (ha)
		Landsat 7 DOY 176	Landsat 8 DOY 232	
1	Hutan	40684.952	40930.973	246.021
2	Lahan Terbangun	11845.091	14356.314	2511.223
3	Lahan Terbuka	2243.070	2040.867	-202.203
4	Perairan	10824.574	6136.461	-4688.113
5	Pertanian	20510.214	20994.734	484.520
6	Tegalan	11420.908	12039.084	618.176

Pada Gambar 14, secara visual didapatkan data tutupan lahan yang memiliki pola persebaran statis. Tutupan lahan berupa perairan berada di sepanjang pesisir Kendal. Lahan pertanian tersebar di daerah bagian tengah utara. Lahan terbangun tersebar secara merata yang melingkupi seluruh Kendal.

Pada Tabel 6 dapat dilihat adanya perubahan luasan tutupan lahan dari tanggal 17 Juni 2016 hingga 19 Agustus 2016 terutama pada lahan terbangun dan perairan. Selisih perubahan tutupan lahan yang tinggi dikarenakan faktor data citra yang digunakan yaitu adanya *gap* citra Landsat 7 dan kondisi lapangan. Sehingga, dapat disimpulkan tutupan lahan di Kabupaten Kendal tidak mengalami perubahan yang signifikan.

IV.10 Hasil dan Analisis Validasi Lapangan

Pemetaan sawah irigasi terkena banjir terdiri dari piksel *Flooding Signal* yang memuat data banjir dan piksel puso. Sebaran titik validasi dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15 Titik Validasi Lapangan

Berdasarkan data validasi lapangan didapatkan bahwa keadaan lapangan pada 24 titik validasi terdapat informasi tutupan air yang didapat dari keadaan banjir lahan sawah, sawah dalam fase pembibitan dan genangan air. Dari data tersebut didapatkan kesesuaian antara keadaan lapangan dengan hasil pengolahan sebesar 100%. 19 titik validasi memuat data lahan sawah puso akibat banjir. Berdasarkan data yang didapat terdapat kesesuaian antara data hasil pengolahan lahan sawah puso akibat banjir dengan data lapangan sebesar 79,167%. Berdasarkan data validasi lapangan didapatkan informasi penyebab utama banjir lahan sawah di daerah penelitian adalah hujan deras yang menyebabkan luapan sungai yaitu Kali Blorong dan air rob di Desa Mororejo.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah, studi literatur dan analisis hasil pengolahan yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan data *Flooding Signal* yang digabungkan dengan data EVI puso diperoleh sebaran dan luasan lahan sawah terkena banjir berakibat puso yang meliputi lima kecamatan yaitu Kaliwungu seluas 40,59 hektar, Brangsong seluas 68,68 hektar, Kendal seluas 140,49 hektar, Patebon seluas 15,93 hektar dan Cepiring seluas 4,95 hektar.
2. Berdasarkan analisis validasi lapangan didapatkan bahwa tingkat keakuratan pemetaan lahan sawah puso akibat banjir berbasis algoritma PPPM sebesar 79,167%.
3. Curah hujan sebagai faktor utama terjadinya banjir lahan sawah di Kabupaten Kendal tahun 2016. Curah hujan yang tinggi menyebabkan debit sungai yang tinggi pula. Hasil uji korelasi didapatkan nilai korelasi pada Kali Kuto sebesar 0,775, Kali Damar sebesar 0,689, Kali Blukar sebesar 0,754, Kali Bodri sebesar 0,639 dan Kali Blorong sebesar 0,654.

V.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan mulai tahap persiapan hingga analisis hasil dapat diambil beberapa saran sebagai berikut:

1. Pemotongan citra harus memperhatikan *Mask Background* dengan memberikan nilai $-NaN$ (*No Data*) pada ENVI 5.2.
2. Koreksi atmosfer perlu dilakukan pada pengolahan citra terkait transformasi spektral.
3. Pengolahan data TRMM 3B42 V7 sebaiknya menggunakan *software* berbasis bahasa pemrograman seperti IDL agar lebih efektif.
4. Penelitian dilakukan menggunakan citra dengan resolusi temporal dan spasial yang lebih baik seperti citra Sentinel 2A agar didapatkan informasi fenologi lebih lengkap.
5. Peneliti menyarankan agar sebisa mungkin menggunakan citra dengan liputan yang bebas dari rona gelap untuk menghindari kelemahan algoritma PPPM.
6. Peneliti menyarankan agar dilakukan improvisasi penggunaan metode PPPM terkait studi banjir di daerah limpasan sungai dengan tutupan lahan yang didominasi oleh rawa.
7. Peneliti menyarankan agar dilakukan pengkajian banjir lahan sawah akibat rob menggunakan algoritma PPPM.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. (2016). *Prakiraan Musim Hujan 2016/2017 Di Indonesia*. Diperoleh dari <http://www.bmkg.go.id/iklim/prakiraan-musim.bmkg>. Diakses pada tanggal 20 April 2017.
- Dahlan, M. S. (2013). *Statistik untuk Kedokteran dan Kesehatan* (Edisi Ke-5). Jakarta: Salemba Medika.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. (2007). *Buku Banjir*. Jakarta: Pengarang.
- Domiri, D. D., Noviar, H., Silvi. (2014). Identifikasi Tanaman Pada Lahan Sawah Berdasarkan Model Pertumbuhan Tanaman Menggunakan Data Evi Modis Multi Temporal. *Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh untuk Sumber Daya Wilayah Darat* (Hal 27-38), Bogor: CRESTPENT PRESS.
- Dong, Jinwei., dkk. (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, 142–154. doi: 10.1016/j.rse.2016.02.016.
- Febrianti, N. dan Domiri, D. D. (2012). Analisis Potensi Banjir di Sawah Menggunakan Data Modis dan TRMM (Studi Kasus Kabupaten Indramayu). *Jurnal Penginderaan Jauh*, 9(1), 35-51.
- Fibriawati, L. (2016). Koreksi Atmosfer Citra SPOT-6 Menggunakan Metode MODTRAN4 Atmospheric Correction of SPOT-6 Image With MODTRAN4 Method. *Penguatan Kemandirian IPTEK dan Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Mendukung Pengelolaan Sumber Daya Alam, Lingkungan dan Mitigasi Bencana: Prosiding Seminar nasional Penginderaan Jauh 2016*, Depok, 27 Juli 2016(Hal. 98-104), Jakarta: Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional.
- FLAASH User's Guide. (2006). *FLAASH Module User's Guide*. ITT Visual Information Solutions.
- Hidayat, A. (2013). *Penjelasan Tentang Uji Normalitas dan Metode Perhitungan*. Diperoleh dari <https://www.statistikian.com/2013/01/uji-normalitas.html>. Diakses pada tanggal 18 Juli 2017.
- Kementrian Pertanian. (2015). *Keputusan Direktur Jenderal Tanaman Pangan Nomor: 55/HK.310/C/8/2015 tentang Petunjuk Teknis Pemantauan dan Pengamatan Serta Pelaporan Organisme Pengganggu Tumbuhan dan Dampak Perubahan Iklim*. Jakarta: Kementrian Pertanian.
- Makarim, A. K. dan Suhartatik, E. (2009). *Morfologi dan Fisiologi Tanaman Padi*. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi: Jakarta.
- Purnomo, D. A. (2016). WASPADALAH, Fenomena La Nina Picu Kemarau Basah 2016 dan Banjir di Tahun 2017. *Tribun Jateng*. Diperoleh dari <http://jateng.tribunnews.com/2016/06/10/waspadalah-fenomena-la-nina-picu-kemarau-basah-2016-dan-banjir-di-tahun-2017>. Diakses pada tanggal 25 April 2017.
- Richard, J. A. dan Jia, X. (2006). *Remote Sensing Digital Image Analysis* (Edisi ke-4). Heidelberg: Springer.
- Xiao, X., dkk. (2015). Mapping paddy rice planting area in rice-wetland coexistent areas through analysis of Landsat 8 OLI and MODIS images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 46, 1–12. doi: 10.1016/j.jag.2015.11.001.