

**KAJIAN EKSTRAKSI UNSUR DALAM IDENTIFIKASI TUTUPAN LAHAN
BERBASIS LAYER STACKING INDEKS CITRA
(STUDI KASUS : KECAMATAN WEDARIJAKSA, KABUPATEN PATI)**

Andri Suprayogi¹, Bandi Sasmito¹

^{1,2}Departemen Teknik Geodesi-Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, SH, Tembalang, Semarang-75123 Telp./Faks: (024) 736834,
e-mail: andri.suprayogi97@gmail.com

(Diterima 21 Mei 2018, Disetujui 6 Juni 2018)

ABSTRAK

Citra satelit terdiri dari nilai piksel yang merupakan rekaman dari pantulan gelombang elektromagnetik dari unsur-unsur yang terdapat di permukaan bumi. Dalam pengolahan citra satelit, gambaran umum dari kondisi-kondisi di permukaan bumi secara tematik dapat diperoleh dalam bentuk indeks citra yang umumnya memiliki rentang antara -1 hingga 1. Pada penelitian ini dilakukan proses ekstraksi unsur dari citra satelit sentinel 2 dengan pendekatan klasifikasi tidak terbimbing. Jika pada umumnya klasifikasi tersebut dilakukan secara langsung dari kanal-kanal citra, maka dalam penelitian ini proses tersebut dilakukan pada hasil layer stacking citra indeks NDWI, CI, dan ARVI dari citra satelit sentinel 2. Penggabungan atau layer stacking pada indeks yang menghasilkan citra multi kanal menunjukkan peningkatan keseragaman pada bagian-bagian tertentu dari citra tersebut. Ditemukan bahwa populasi nilai *korelasi spasial* tinggi (>0.5) pada kombinasi antara NDWI dan CI adalah yang terbanyak dibandingkan kombinasi antara NDWI dan ARVI maupun antara CI dan ARVI. Hasil klasifikasi dari gabungan indeks secara umum lebih merata dimana kelima kelas memiliki populasi sedangkan pada klasifikasi citra visibel, dari lima kelas yang menjadi pengaturan awal proses pengelompokan, pada area studi hanya terbentuk tiga kelas sebagai keluarannya.

Kata kunci : *indeks citra, sentinel 2, klasifikasi tak terbimbing, NDWI, CI, ARVI*

ABSTRACT

Satellite images consist of pixels values as a recorded of the reflection of electromagnetic waves from features in the surface of the earth. In satellite images processing, the general thematic description of conditions in the surface of the earth can be obtained in the form of image indexes which generally have a ranges between -1 to 1. In this study, the process of extracting elements from a sentinel 2 satellite image was done with unsupervised classifications approach. If such classifications are generally done directly from the image channel, then in this research such process were carried out on the outcome of layer stacking image from NDWI, CI, and ARVI indexes of sentinel 2 satellite image. The image combination or layer stacking of indexes as multi channel images shows enhanced convergence in some areas. High spatial correlation (>0.5) population are found mostly in combination between NDWI and CI compared to combination between NDWI and ARVI or between CI and ARVI. The classification results of indexes combination shows a generally well distributed condition where all of five classes have populations while in classifications of visible image, out of five classes of who became the initial grouping of the process, in the area of the study only three classes were formed as output.

Keywords : *image indexes, Sentinel 2, unsupervised classification, NDWI, CI, ARVI*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Citra satelit terdiri dari nilai piksel yang merupakan rekaman dari pantulan gelombang elektromagnetik dari unsur-unsur yang terdapat di permukaan bumi. Dalam bidang pemetaan yang memanfaatkan citra satelit, terdapat proses ekstraksi unsur atau perolehan informasi unsur-unsur tersebut diantaranya berupa kelas tutupan lahan baik itu dengan pendekatan digitasi, segmentasi, maupun dengan

klasifikasi citra. Secara umum metode klasifikasi citra dapat dibagi menjadi klasifikasi terbimbing yang memerlukan sampel data kelas dan klasifikasi tidak terbimbing yang secara langsung mengelompokkan piksel-piksel citra ke dalam kelas-kelas tanpa melalui pengenalan unsur di lapangan. Kedua metode klasifikasi tersebut di atas dapat dilakukan pada kanal tunggal maupun multi kanal dari citra masukan.

Dalam pengolahan citra satelit, gambaran umum dari kondisi-kondisi di permukaan bumi secara tematik dapat diperoleh dalam bentuk indeks citra yang

umumnya memiliki rentang antara -1 hingga 1. Nilai indeks citra diperoleh secara langsung menggunakan persamaan matematis tertentu dengan input nilai piksel dari kanal-kanal citra. Indeks citra secara umum terbagi menjadi kelompok indeks vegetasi, indeks air, dan indeks tanah (ESA, 2016).

Interpretasi terhadap sebaran nilai indeks dilakukan berdasarkan kesesuaian dengan kondisi lapangan, sebagai contoh, pada citra hasil dari pengolahan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) area batuan, pasir dan salju pada umumnya memiliki nilai yang rendah (<0). Vegetasi jarang memiliki nilai yang berada pada rentang 0 s/d 0.2 sedangkan lahan pertanian pada umumnya berada pada rentang 0.2 hingga 0.5. Vegetasi rapat memiliki nilai yang berkisar antara 0.6 hingga 1 (Brown, 2018)

1.2. Perumusan Masalah

Proses klasifikasi tidak terbimbing multispektral hanya secara umum hanya berdasarkan masukan nilai piksel dari kanal-kanal citra. Kesesuaian dengan karakteristik unsur di lapangan membutuhkan pengambilan sampel sebagai pembandingnya.

Pengembangan pengolahan citra pada umumnya bersamaan dengan interpretasinya. Dari beberapa indeks yang dapat digunakan, sebaran nilai indeks tersebut menunjukkan kecenderungan memiliki kesesuaian dengan kondisi lapangannya. Namun, untuk dapat mengidentifikasi kelas tertentu, nilai indeks hanya dapat mewakili sebagian karakteristik unsur di lapangan

1.3. Tujuan penelitian

Pada penelitian ini dilakukan proses ekstraksi unsur dari citra satelit sentinel 2 dengan pendekatan klasifikasi tidak terbimbing. Jika pada umumnya klasifikasi tersebut dilakukan secara langsung dari kanal-kanal citra, maka dalam penelitian ini proses tersebut dilakukan pada hasil *layer stacking* citra indeks NDWI, CI, dan ARVI dari citra satelit sentinel 2

1.4. Kecamatan Wedarijaksa

Penelitian ini dilakukan pada area studi Kecamatan Wedarijaksa yang terletak pada Kabupaten Pati, Propinsi Jawa Tengah dengan luas 40.85 km². Secara administratif kecamatan ini berbatasan dengan wilayah :

Tabel 1.1. Batas Administrasi Kecamatan Wedarijaksa
(Sumber : BPS Kab. Pati, 2015)

No	Arah	Batas
1	Utara	Kecamatan Trangkil dan Laut Jawa
2	Timur	Kecamatan Juwana dan Laut Jawa
3	Selatan	Kecamatan Pati
4	Barat	Kecamatan Tlogowungu

Wilayah Administrasi Kecamatan Wedarijaksa sebelum tahun 1992 memiliki 34 desa, berdasarkan PP No. 16 Tahun 1992, Kecamatan Wedarijaksa dipecah menjadi kecamatan Wedarijaksa dan Kecamatan Trangkil sehingga sejak itu yang terbagi menjadi 18 desa.

Secara Geografis Kecamatan Wedarijaksa merupakan wilayah pesisir yang memiliki ketinggian maksimum 36 meter dengan rata-rata 4 meter di atas permukaan laut. Tercatat pada Tahun 2014, Kecamatan Wedarijaksa mengalami 101 hari hujan dengan curah hujan tertinggi 452 mm di bulan Januari dan curah hujan terendah 0 mm di bulan Juli, Agustus, dan September, adapun temperatur tertinggi pada tahun 2014 adalah 26 °C dan suhu 24 °C.



Gambar 1.1. Administrasi Kecamatan Wedarijaksa
(Sumber : BPS Kab. Pati, 2015)

Sebagian besar masyarakat Wedarijaksa bermata pencaharian di bidang pertanian dan perkebunan. Lahan pertanian yang ada di Wedarijaksa banyak ditanami tanaman pangan, palawija dan juga hortikultura. Kecamatan Wedarijaksa merupakan salah satu kecamatan yang memiliki potensi penghasil hortikultura khususnya bawang merah.

Pada tahun 2015, sebagian lahan di Kecamatan Wedarijaksa banyak ditanami tebu, selain keadaan tanah yang cocok untuk ditanami tanaman penghasil gula tersebut, Kecamatan Wedarijaksa juga dekat dengan dua pabrik gula terbesar di Kabupaten Pati, yaitu PG. Trangkil dan PG. Pakis Baru sehingga menarik minat sebagian masyarakat untuk menanam tebu daripada jenis tanaman lainnya.

1.5. Citra Satelit Sentinel 2

Satelit Sentinel 2 diluncurkan tahun 2013 dengan waktu layanan 12 tahun pada orbit Sun-Synchronous di ketinggian 786 km di atas permukaan bumi rata-rata. Satelit ini memiliki resolusi temporal 5 hari dengan perekaman dari

dua satelit yang mengorbit bersamaan. Kedua satelit ini mengorbit pada jalur yang sama namun memiliki jarak satu sama lain 180°. Cakupan dari sistem sensor satelit berkisar antara -56° hingga 83° Lintang dengan waktu perekaman maksimum dari setiap orbitnya adalah 40 menit (ESA, 2012).

Citra satelit Sentinel 2 merupakan citra satelit multispektral yang terdiri dari 13 kanal dengan 12 kanal utama namun kanal 8 pada citra tersebut terdiri dari kanal 8a dan 8b. Terdapat resolusi spasial yang berbeda-beda yaitu 60 meter (kanal 1, 9, dan 10), 20 meter (kanal 5, 6, 7, 8b, 11, dan 12) dan sisanya memiliki resolusi 10 meter.

2. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan pengolahan citra satelit sentinel 2 sebagian besar memanfaatkan aplikasi SNAP desktop versi 5 yang berjalan di sistem operasi Ubuntu versi 16.04. Fitur yang dimanfaatkan adalah fitur sen2cor untuk koreksi spektral citra, modul sentinel2 toolbox untuk pengolahan indeks dan klasifikasi citra,

Aplikasi lain yang digunakan adalah Quantum GIS versi 2.18 untuk mengedit data-data vektor serta R+ *Statistics* untuk menentukan korelasi spasial antar indeks sebagai tahap verifikasi data.

2.1. Koreksi Citra

Koreksi citra yang diterapkan pada citra satelit sentinel 2 terdiri dari koreksi spektral dan koreksi geometrik. Koreksi spektral terhadap citra sentinel 2 modul Sen2Cor. Modul tersebut mengoreksi citra masukan level 1C menjadi level 2A dengan melakukan koreksi atmosfer, koreksi medan, dan koreksi awan cirrus pada jenjang Top-of-atmosfer (TOA), Dengan kata lain proses ini menghasilkan rekaman Bottom-Of-Atmosfer (BOA) dari citra masukan (Louis, et. al. 2016).

Sebelum dapat diproses dengan modul Sen2Cor, data citra harus terlebih dahulu diresampling agar memiliki resolusi yang seragam. Proses koreksi dengan Sen2Cor memerlukan perangkat komputasi yang tinggi yaitu minimal RAM sebesar 16GB dan memanfaatkan seluruh core yang ada. Hasil dari proses koreksi dengan sen2cor menghasilkan citra level 2A user.

2.2. Subset Citra

Proses subset citra merupakan proses pemotongan citra dengan mempertahankan struktur dan karakteristik data namun secara signifikan mengurangi jumlah data yang harus diolah. Data citra satelit sentinel 2 yang telah diresample ke 10 meter memiliki ukuran lebih kurang 6 GB. Pada penelitian ini dilakukan subset secara geometrik menjadi cakupan wilayah administrasi kecamatan wedarijaksa, serta subset secara spektral dari

keseluruhan band yang ada menjadi hanya kanal yang digunakan pada proses penghitungan indeks citra.

2.3 Penghitungan Indeks Citra

ARVI atau *Atmospherically Resistant Vegetation Index* diperkenalkan oleh Kaufman and Tanre (1992). Ketahanan ARVI terhadap pengaruh kondisi atmosferik dibanding NDVI diperoleh dari proses self-correction pada band merah yang dilakukan menggunakan perbedaan radiansi antara band merah dan biru. Dibandingkan band merah, band biru lebih mudah dipengaruhi oleh partikel atmosfer dalam kondisi hamburan yang menjelaskan mengapa langit berwarna biru. ARVI memanfaatkan perbedaan tanggap terhadap hamburan dari band merah dan biru untuk mendapatkan informasi berkenaan dengan kerapatan atmosfer.

ARVI dihasilkan oleh persamaan berikut (ESA, 2016)

$$ARVI = \frac{IR_F * NIR - rb}{IR_F * NIR + rb} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

$$rb = (r_F \times r) - \gamma \times (b_F \times b - r_F \times r) \dots\dots \dots (2)$$

r = kanal merah, r_F= faktor merah

b = kanal biru, b_F = faktor biru

NIR = infra merah dekat, IR_F = faktor Infra merah
gamma = 1

CI atau *Colour Index* dikembangkan untuk membedakan jenis tanah di lapangan (Pouget, dkk 1997). Nilai CI yang rendah telah diteliti menunjukkan korelasi yang tinggi dengan kandungan karbonat atau sulfat yang tinggi. Adapun nilai CI yang tinggi menunjukkan korelasi yang tinggi dengan sedimen dan pasir di daerah kering (Escadfal, 1989). Pada kebanyakan penelitian, CI saling melengkapi dalam memberikan informasi lapangan dengan nilai Brightness Index dan NDVI. CI dapat memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai evolusi permukaan tanah dalam analisis *diachronic* (ESA 2012).

Nilai CI diperoleh dari perhitungan terhadap band merah dan hijau dengan faktor yang pada umumnya diatur menjadi (ESA, 2016) :

$$CI = \frac{r_F * r - g_F * g}{r_F * r + g_F * g} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

r = kanal merah, r_F= faktor merah

g = kanal hijau, g_F= faktor hijau

Algoritma *Normalized Difference Water Index (NDWI)* merupakan ukuran dari molekul air

pada kanopi vegetasi yang berinteraksi dengan sinar matahari (Gao, 1996). NDWI sensitif terhadap perubahan kandungan air pada kanopi vegetasi dan tidak begitu dipengaruhi oleh efek atmosfer dibandingkan NDVI. Namun NDWI tidak sepenuhnya mengeliminir efek reflektansi lahan pada latar belakangnya sehingga sebaiknya dipertimbangkan sebagai indeks vegetasi yang independen. NDWI berfungsi sebagai pelengkap dari NDVI dan bukan penggantinya.

NDWI diperoleh dari persamaan berikut ini (ESA, 2016) :

$$NDWI = \frac{IR_F * NIR - MIR_F * MIR}{IR_F * NIR + MIR_F * MIR} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

NIR = infra merah dekat, IR_F = faktor Infra merah
MIR = infra merah menengah,
 MIR_F = faktor Infra merah menengah

Dalam setiap persamaan di atas terdapat nilai faktor dari kanal-kanal yang digunakan. Dalam penelitian ini digunakan nilai bawaan yang sama dengan nilai gamma yaitu 1.0

2.4. Klasifikasi Citra

Klasifikasi tak terbimbing (*unsupervised*) pada umumnya menggunakan algoritma pengelompokan data (*clustering*). Algoritma ini mengolah kumpulan data yang harus dikelompokkan berdasarkan beberapa kesesuaian tanpa adanya deskripsi dimana setiap data harus ditempatkan dalam kelompoknya.

k-means sebagai salah satu pendekatan pengelompokan data adalah metode yang umumnya digunakan untuk mengelompokkan suatu kumpulan data secara otomatis ke dalam kelompok k. Proses pengelompokan diawali dengan dengan memilih pusat kelompok k, kemudian secara iteratif nilai dari pusat kelompok yang ada diperbaiki sebagai berikut (MacQueen, 1979 dalam Wagstaff & Cardie, 2001) :

1. Setiap sampel ditempatkan pada kelompok terdekat
2. Setiap pusat kelompok k diperbarui sesuai dengan sampel-sampel terdekatnya

Kedua proses tersebut diulang hingga konvergen jika tidak ada lagi sampel yang diinputkan

Proses pengelompokan k-means hanya dapat dilakukan pada satu layer. Untuk dapat menghasilkan keluaran dari suatu proses klasifikasi *unsupervised*, diperlukan pengolahan lebih lanjut sehingga gabungan pengelompokan menjadi satu raster hasil klasifikasi. Proses pengolahan lanjut tersebut pada umumnya dilakukan dengan algoritma Support Vector Machines (SVM).

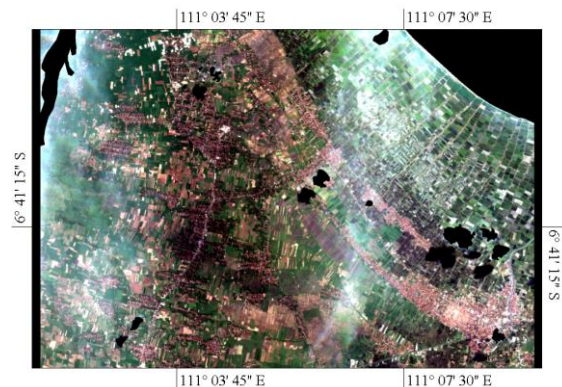
SVM menggunakan metoda kernel untuk memetakan hasil pengelompokan nilai piksel setiap kanal ke dalam ruang unsur non linear dengan dimensi yang lebih tinggi. SVM menggunakan *hyperplane* untuk membagi data-data masukan ke dalam satu atau dua kelas (Lukin, et. al., 2006).

Pada penelitian ini kelompok data yang dijadikan input dari proses klasifikasi bukan nilai piksel citra, namun nilai dari beberapa indeks yang digabungkan menjadi suatu citra multi kanal, adapun untuk mempersingkat proses pengelompokan, digunakan nilai kelompok sebanyak 5 kelas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil koreksi Citra

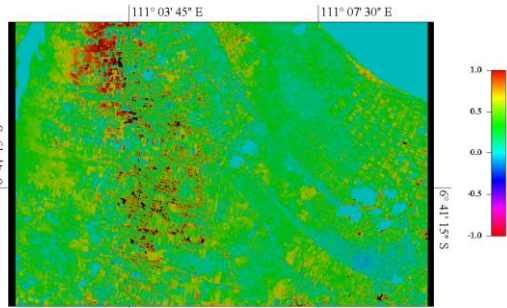
Proses koreksi citra dengan koreksi sen2cor yang juga terdiri dari tahap *cloud masking* tidak sepenuhnya dapat mengeliminir tutupan awan. Nampak pada gambar 3.1. diperlukan identifikasi awan lebih lanjut. Bersamaan dengan identifikasi perairan pantai dalam bentuk poligon mask. Area yang overlap dengan vektor mask dihilangkan agar tidak mengganggu pengolahan indeks.



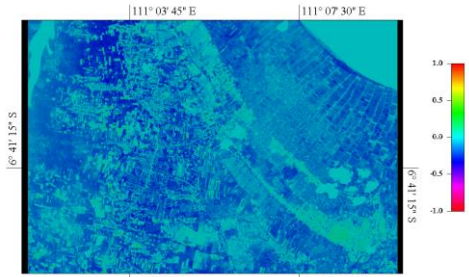
Gambar 3.1. Hasil koreksi dan Masking

3.2. Hasil pengolahan indeks

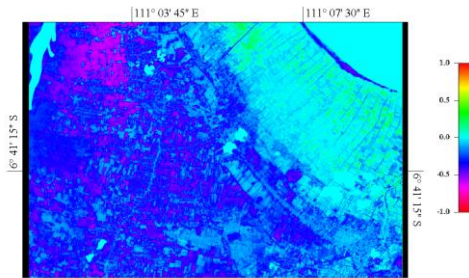
Dari data hasil koreksi dan masking citra sentinel 2, diperoleh indeks ARVI, CI, dan NDWI yang secara umum memiliki rentang antara -1 hingga 1. Sebaran indeks pada area studi di ketiga keluaran (gambar 3.2.) menunjukkan bahwa sisa dari tutupan awan yang masih ada tidak mempengaruhi indeks yang dihasilkan



Gambar 3.2.(a) Indeks ARVI

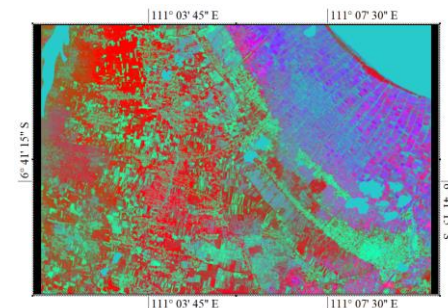


Gambar 3.2.(b) Indeks CI



Gambar 3.2.(c) Indeks NDWI

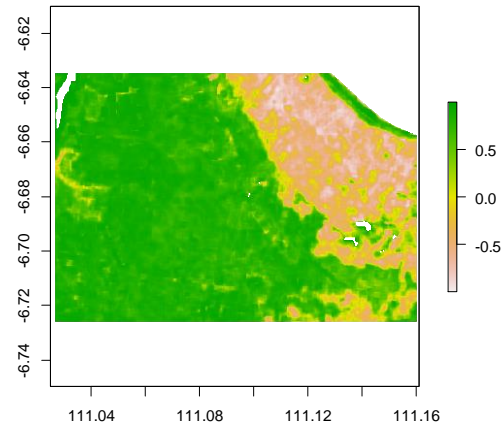
Penggabungan atau *layer stacking* pada indeks yang menghasilkan citra multi kanal menunjukkan peningkatan keseragaman warna di bagian-bagian tertentu dalam area studi kendati resolusi spasial yang dimiliki masih sama dengan citra aslinya sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.3..



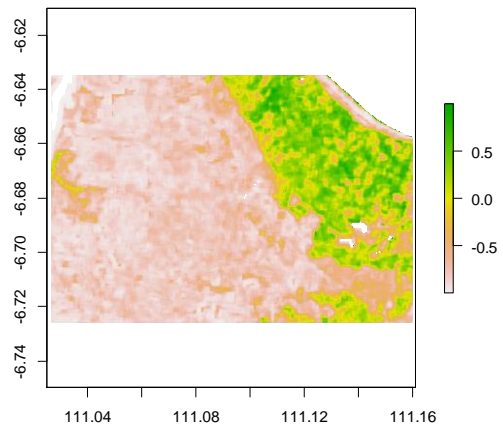
Gambar 3.3. Hasil Penggabungan Indeks Citra
Keterangan indeks gabungan:
Kanal r : NDWI
Kanal g : CI
Kanal b : ARVI

Dalam penelitian ini, sebelum gabungan indeks citra diklasifikasi, dilakukan terlebih dahulu pengkajian statistik spasial antar kanal citra untuk meninjau seberapa besar perbedaan klasifikasi dapat diperoleh. Peninjauan ini dilakukan dengan menentukan kondisi korelasi spasial antar indeks dengan penghitungan korelasi bertipe spearman pada perangkat lunak R. Proses korelasi spasial yang dilakukan berbasis moving windows dengan pengaturan jendela sebesar 25 piksel

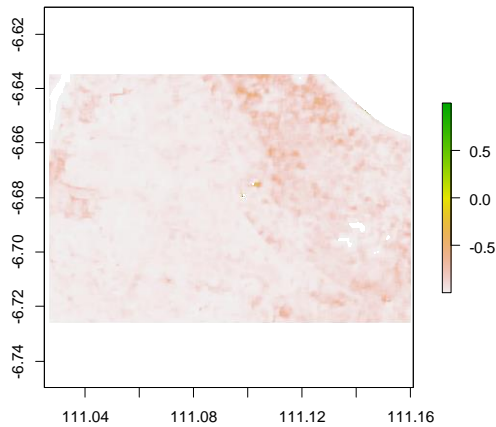
Hasil sebaran nilai *spatial correlation* pada indeks, disajikan dengan kombinasi warna palet. korelasi rendah ditandai dengan warna coklat muda sedangkan korelasi tinggi memiliki warna hijau. Nampak pada Gambar 3.4 bahwa . Ditemukan bahwa populasi nilai korelasi spasial tinggi (>0.5) pada kombinasi antara NDWI dan CI adalah yang terbanyak dibandingkan kombinasi antara NDWI dan ARVI maupun antara CI dan ARVI. Perbandingan antara gambar 3.4.(a) dan 3.4.(b). Menunjukkan lokasi dimana korelasi antara NDWI dan ARVI tinggi, menjadi rendah pada korelasi antara NDWI dan CI



Gambar 3.4.(a). Sebaran Korelasi Antara NDWI dan CI



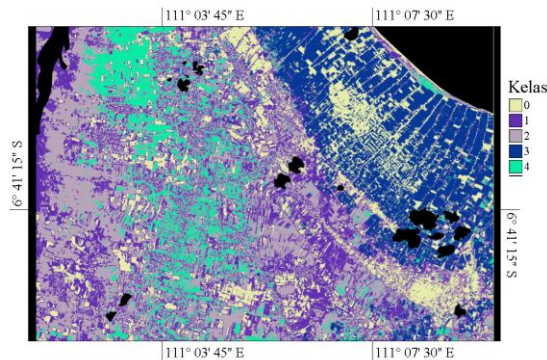
Gambar 3.4.(b). Sebaran Korelasi Antara NDWI dan ARVI



Gambar 3.4.(c) Sebaran Korelasi Antara CI dan ARVI

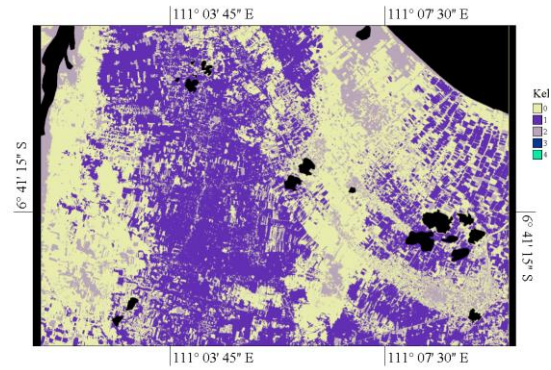
3.3. Hasil klasifikasi

Hasil proses klasifikasi dari indeks berupa data raster satu kanal yang memuat kelas-kelas dari indeks dimana kenampakannya menunjukkan karakteristik dari pengelompokan tak terbimbing dimana pada umumnya batas kelas yang dihasilkan kurang tegas sehingga membentuk unit unit kelas yang tidak kontinu.



Gambar 3.5 Layer Hasil Klasifikasi pada data indeks

Hasil klasifikasi indeks pada gambar 3.5. memiliki tingkatan pengelompokan yang lebih baik dibandingkan dengan klasifikasi tidak terbimbing pada kanal visibel, (merah, hijau, dan biru) pada gambar 3.6., Hasil Pengelompokan kelas dari gabungan indeks secara umum lebih merata dimana kelima kelas memiliki populasi sedangkan pada klasifikasi citra visibel, dari lima kelas yang menjadi pengaturan awal proses pengelompokan, pada area studi hanya terbentuk tiga kelas sebagai keluarannya.



Gambar 3.6. Layer Hasil Klasifikasi pada data citra

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari kajian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal yang diperoleh dari proses dan hasil-hasil yang dilakukan yaitu :

1. Nampak bahwa koreksi mask cloud tidak sepenuhnya menghilangkan kenampakan awan, namun keberadaan awan menjadi tidak ada dalam keluaran dari proses indeks yang dihasilkan.
2. Nilai-nilai indeks yang dihasilkan memiliki korelasi spasial yang beragam satu sama lain. Tinggi dan rendahnya korelasi spasial dapat diamati berkaitan dengan lokasi karena cenderung berkelompok. Dalam hal ini korelasi terkuat ada pada kombinasi indeks NDWI dan CI sedangkan korelasi spasial terendah dimiliki oleh kombinasi ARVI dan CI.
3. Hasil klasifikasi pada gabungan indeks memiliki sebaran ke dalam kelas yang lebih merata dibandingkan klasifikasi pada citra. Pada area studi seluruh kelas hasil klasifikasi pada indeks citra memiliki populasi, sedangkan klasifikasi pada citra secara langsung hanya menghasilkan beberapa kelas saja. Hal ini dapat terjadi karena tingginya variasi kombinasi nilai indeks citra dibandingkan dengan variasi kanal citra sehingga lebih sulit dikelompokkan.

4.2. Saran

Dari hasil dan kesimpulan pada penelitian ini terdapat beberapa hal yang perlu dipertimbangan untuk kajian selanjutnya, diantaranya :

1. Tinjauan pemanfaatan nilai indeks lainnya untuk digabung secara layer stacking, dengan tetap memperhatikan nilai korelasi spasial antar indeks yang dibuat
2. Tinjauan variasi terhadap jumlah nilai indeks yang digabungkan karena proses klasifikasi dapat dilakukan pada banyak gabungan data.
3. Tinjauan terhadap hasil klasifikasi terbimbing terhadap gabungan indeks dengan memperhatikan kesesuaian interpretasi terhadap indeks dengan kondisi sampel dari klasifikasi di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS Kabupaten Pati, 2015 Kecamatan Wedarijaksa Dalam Angka 2015, <https://patikab.bps.go.id/publication/2015/10/29/614f5ab524238217940c878d/kecamatan-wedarijaksa-dalam-angka-2015.html>, diakses tanggal 10 Januari 2018
- Brown, F., J, 2018, NDVI, The Foundation For Remote Sensing Phenology, https://phenology.cr.usgs.gov/ndvi_foundation.php, diakses tanggal 25 april 2018
- ESA, 2012. SENTINEL-2, ESA'S Optical High-Resolution Mission For GMES Operational Services, Esa Communications, Netherlands.
- ESA, 2016. Radiometric Indices, SNAP Help File, Operational Services, Esa Communications, Netherlands.
- GAO, B.C. (1996) *NDWI—A Normalized Difference Water Index For Remote Sensing Of Vegetation Liquid Water From Space*. Remote Sensing Of Environment, 58, 257-266. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3)
- Louis, J., Debaecker, V., Pflug, B., Main-Knorn, M., Bieniarz, J., Mueller-Wilm, U., Cadau, E., Gascon, F., 2016, SENTINEL-2 SEN2COR: L2A Processor For Users, *Proceeding of Living Planet Symposium 2016*, Prague, 9 Mei
- Lukin, V. Ponomarenko, N., Martínez-Trinidad, Lever, K., Pogrebnyak, O., Fernandez, P.S., F, 2006, *Approaches to Classification of Multichannel Images*, CIARP 2006, LNCS 4225, pp. 794, Cancun, November 14
- Wagstaff, K, Cardie, C., Roger, S., Schroedl, S., 2001, Constrained K-means Clustering with Background Knowledge, *Proceedings of the Eighteenth International Conference on Machine Learning*, 2001, p. 577-584, Massachusetts, Juni 28