

ANALISIS KOMBINASI CITRA SENTINEL-1A DAN CITRA SENTINEL-2A UNTUK KLASIFIKASI TUTUPAN LAHAN (STUDI KASUS: KABUPATEN DEMAK, JAWA TENGAH)

Dini Ramanda Putri^{*)}, Abdi Sukmono, Bambang Sudarsono

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : diniramanda54@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara yang telah memanfaatkan perkembangan teknologi citra satelit untuk memudahkan pengambilan keputusan dalam bidang pemetaan. Namun, dikarenakan letak Indonesia yang berada pada daerah dengan iklim tropis dan kondisi cuaca yang seringkali tertutup awan dan kabut, hal ini dapat menghilangkan informasi penting dari obyek di balik area yang tertutup oleh awan tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini akan mencoba melakukan kombinasi citra radar dengan citra optis. Kedua citra ini digunakan untuk saling melengkapi kelebihan dan kekurangan yang dimiliki. Pelaksanaan kombinasi kedua citra ini, menggunakan metode teknik fusi citra transformasi PCA, IHS dan Brovey untuk menggabungkan citra Sentinel-1A GRDH *product* dengan citra Sentinel-2A komposit *band 432* serta mencoba melakukan kombinasi nilai indeks (NDVI, NDBI dan NDWI). Hasil dari pengolahan data kombinasi tersebut selanjutnya dilakukan pengklasifikasian tutupan lahan menggunakan metode *supervised classification*. Berdasarkan penelitian serta kajian yang telah dilakukan pada kedua citra tersebut, hasil proses fusi citra antara Sentinel-1A dengan Sentinel-2A dari metode PCA, Brovey dan IHS memiliki tampilan visual yang terlihat dari segi pewarnaan, mengadopsi warna dari citra Sentinel-2A, tetapi dengan perentangan kontras yang berbeda, sedangkan dari segi kualitas piksel terintegrasi oleh citra Sentinel-1A. Pada daerah perbukitan, hasil fusi citra memperlihatkan adanya kenampakan relief yang tidak terlihat pada citra Sentinel-2A, sehingga sangat tepat untuk menganalisis morfologi dan struktur geologi suatu kawasan di area perbukitan atau pegunungan. Citra baru yang dihasilkan dari ketiga metode tersebut memiliki keunggulan yang lebih terlihat pada wilayah yang mengandung vegetasi rapat atau lebat, pemukiman serta perairan dan menguntungkan jika digunakan untuk melihat bentuk serta lekukan sungai. Sedangkan pada kombinasi nilai indeks dapat digunakan untuk menganalisis obyek sawah, hutan rawa, hutan, perairan dan lahan terbangun.

Kata kunci: Fusi Citra, Klasifikasi Tutupan Lahan, Kombinasi Nilai Indeks, Sentinel-1A, Sentinel-2A

ABSTRACT

Indonesia is one of the countries that have taken advantage of the development of satellite imagery technology to facilitate decision making in the field of mapping. However, due to the location of Indonesia which is in an area with a tropical climate and weather conditions that are often covered in clouds and fog, it can eliminate important information from the object behind the area covered by the cloud. Therefore, this research will try to combine radar imagery with optical image. Both images are used to complement each other's advantages and disadvantages. Implementation of the combination of these two images, using the technique of fusion image transformation of PCA, IHS and Brovey to combine Sentinel-1A GRDH image with Sentinel-2A composite band 432 image and try to do combination of index values (NDVI, NDBI and NDWI). The result of the combination data processing is further classified by land cover using supervised classification method. Based on the studies and studies done on both images, the results of the image fusion process between Sentinel-1A and Sentinel-2A from PCA, Brovey and IHS methods have visual appearance seen in terms of coloring, adopt the color of Sentinel-2A image, but with Different contrast contrast, whereas in terms of pixel quality is integrated by Sentinel-1A image. In hilly areas, the fusion of images shows the presence of unseen relief in Sentinel-2A images, so it is appropriate to analyze the morphology and geological structure of a region in hilly or mountainous areas. The new imagery generated from these three methods has a more visible advantage in areas that contain dense vegetation or dense, settlements and waters and are advantageous when used to see the shape and curvature of the river. While in the combination of index values can be used to analyze the objects of paddy fields, swamp forests, forests, waters and constructed land.

Keywords: *Combination of Index Value, Image Fusion, Land Cover Classification, Sentinel-1A, Sentinel-2A*

^{*)}Penulis, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang telah memanfaatkan perkembangan teknologi citra satelit untuk memudahkan pengambilan keputusan dalam bidang pemetaan. Namun, dikarenakan letak Indonesia yang berada pada daerah dengan iklim tropis dan kondisi cuaca yang seringkali tertutup awan dan kabut, hal ini dapat menghilangkan informasi penting dari obyek di balik area yang tertutup oleh awan tersebut. Untuk mengatasi gangguan awan tersebut, dapat menggunakan pencitraan radar dengan metode SAR (*Synthetic Aperture Radar*) yang menggunakan sensor gelombang mikro sehingga dapat beroperasi siang maupun malam dan dalam cuaca apapun.

Dibalik keunggulan tersebut, metode SAR ini memiliki kelemahan yaitu sangat sulitnya memprediksikan korelasi antara gelombang mikro dengan karakteristik obyek di permukaan bumi termasuk jenis tanah dan batuan, karena citra aktif tersebut hanya menampilkan warna abu-abu dalam tampilan visualnya. Untuk mengatasi kesulitan ini, maka pada penelitian ini dilakukan kombinasi antara citra SAR dengan citra optis. Pada penelitian ini citra satelit yang digunakan adalah citra satelit radar Sentinel-1A dan citra satelit optis Sentinel-2A yang keduanya dapat diunduh gratis di internet. Kedua data tersebut akan dikombinasikan menggunakan teknik fusi citra dengan metode PCA (*Principal Component Analysis*), metode transformasi IHS (*Intensity Hue Saturation*) dan metode transformasi Brovey.

Penggunaan metode fusi citra ini merupakan metode yang paling umum digunakan dan berdasarkan pada penelitian Sitanggang, G dkk (2004) yang menjelaskan bahwa ketiga metode tersebut menunjukkan kenampakan yang lebih tajam dan jelas pada informasi relief atau permukaan lahan serta menampilkan variasi *Hue* yang mempresentasikan nilai spektral permukaan lahan dan morfologi permukaan lahan. Selain itu, penelitian ini juga akan mengkombinasikan ekstraksi nilai indeks dari citra Sentinel-2A. Nilai indeks yang akan dikombinasikan adalah nilai indeks NDVI, NDBI dan NDWI. Kemudian, hasil nilai ekstraksi tersebut akan dianalisis untuk melihat perbedaan tutupan lahannya.

Kombinasi citra ini dilakukan dengan maksud untuk saling melengkapi kekurangan dari masing-masing citra, meningkatkan ketajaman citra, karakteristik obyek-obyek yang terkandung dalam citra tersebut, serta informasi yang dibutuhkan sehingga akan menghasilkan citra baru, yang diharapkan mampu meningkatkan visualisasi citra dan dapat meningkatkan kemampuan dalam menginterpretasikan suatu citra yang lebih informatif dalam menghasilkan klasifikasi tutupan lahan.

I.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Bagaimana hasil proses fusi citra dengan menggunakan metode transformasi IHS (*Intensity Hue Saturation*), transformasi *Color Normalized* (transformasi Brovey) dan *Principal Component Analysis* (PCA)?
2. Bagaimana hasil klasifikasi tutupan lahan Kabupaten Demak berdasarkan citra Sentinel-2A, citra hasil fusi (PCA, IHS dan Brovey) serta kombinasi nilai indeks (NDVI, NDBI dan NDWI) tersebut?

I.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

I.3.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Penelitian ini bertujuan untuk melihat hasil fusi citra optis Sentinel-2A dengan citra radar Sentinel-1A menggunakan metode transformasi IHS (*Intensity Hue Saturation*), transformasi *Color Normalized* (transformasi Brovey) dan *Principal Component Analysis* (PCA).
2. Penelitian ini dilaksanakan juga bertujuan untuk melihat hasil klasifikasi tutupan lahan pada studi kasus penelitian. Klasifikasi tutupan lahan ini menggunakan hasil pengolahan klasifikasi *supervised* dari citra Sentinel-2A, citra hasil fusi (PCA, IHS dan Brovey) serta citra hasil kombinasi nilai indeks (NDVI, NDBI dan NDWI).

I.3.2 Manfaat

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah

1. Aspek Keilmuan
Memahami karakteristik citra optis dan radar serta mengetahui perbedaan metode fusi citra antara data SAR dari Citra Sentinel-1A dengan data optis dari Citra Sentinel-2A untuk klasifikasi tutupan lahan.
2. Aspek Kerekayasaan
Menyajikan metode yang kombinasi data SAR dari Citra Sentinel-1A dengan data optis dari Citra Sentinel-2A menggunakan teknik fusi citra dan kombinasi nilai indeks (NDVI, NDBI dan NDWI) untuk identifikasi tutupan lahan.

I.4. Batasan Penelitian

Penelitian tugas akhir ini memiliki batasan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini, data citra yang digunakan adalah citra Sentinel-1A GRDH *single polarization* VV, Citra Sentinel-1A SLC akuisisi mode IW dan citra Sentinel-2A ruang warna RGB (*natural colour*) komposit *band* 432, band 8 (NIR) serta band 11 (SWIR).
2. Penelitian ini melakukan fusi citra dengan menggunakan metode transformasi IHS (*Intensity Hue Saturation*), transformasi *Colour Normalized* (transformasi Brovey) dan *Principal Component Analysis* (PCA) dengan studi kasus daerah Kabupaten Demak.

3. Penelitian ini juga melakukan pengolahan NDVI, NDBI dan NDWI untuk selanjutnya dikombinasikan menggunakan *tools layer stacking*.
4. Klasifikasi tutupan lahan dilakukan menggunakan citra Sentinel-2A, citra hasil fusi radar dengan optis pada metode transformasi PCA, IHS dan Brovey, serta menggunakan citra kombinasi nilai indeks (NDVI, NDBI dan NDWI)

I.5. Ruang Lingkup Penelitian

Untuk mempermudah penulisan laporan tugas akhir ini dan agar lebih terarah serta berjalan dengan baik, maka perlu kiranya dibuat suatu ruang lingkup penelitian. Adapun ruang lingkup penelitian yang akan dibahas dalam penulisan laporan tugas akhir ini, yaitu:

1. Lokasi penelitian ini dilakukan di daerah Kabupaten Demak dengan letak secara geografis pada koordinat $06^{\circ}43'26'' - 07^{\circ}09'43''$ LS dan $110^{\circ}27'58'' - 110^{\circ}48'47''$ BT dengan visualisasi seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Peta Citra Kabupaten Demak

2. Data penelitian yang digunakan, yaitu:
 - a. Citra Sentinel-1A GRDH product
 - b. Citra Sentinel-2A
 - c. Data GCP dari hasil pengukuran GPS Mapping Geo-XT 3000 series
 - d. Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:25.000
3. Perangkat/Alat yang digunakan, yaitu:
 - a. *Hardware* (Perangkat Keras):
 - Laptop/PC OS Windows 64 bit
 - Laptop/PC OS Linux
 - GPS Mapping Geo-XT 3000 series akurasi ± 1 m
 - GPS Handheld Garmin GPSMAP 64s
 - b. *Software* (Perangkat Lunak):
 - Er Mapper 7.1
 - QGIS 2.18.11
 - ENVI 5.3
 - ArcGIS 10.4.1
 - SNAP 5.0

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Teori Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh dibedakan menjadi dua berdasarkan sensor yang digunakan yakni pencitraan optis yang menggunakan sensor pasif dengan pencahayaan yang bersumber dari cahaya matahari serta menggunakan gelombang tampak dan inframerah,

dan yang kedua yaitu pencitraan radar dengan sensor aktif yang tidak membutuhkan cahaya matahari serta menggunakan gelombang mikro.

Penginderaan jauh optik merupakan sensor optik untuk mendeteksi radiasi sinyal matahari dalam gelombang *visible* dan *near infrared* (disingkat menjadi VNIR) yang dipantulkan atau dihamburkan dari permukaan bumi. Bentuk citranya seperti fotografi dengan kamera tinggi pada wahana luar angkasa. Perbedaan material permukaan seperti air, tanah, pepohonan, gedung dan jalan terletak pada pantulan gelombang tampak dan *infrared* nya (Pradipta, I.M.D., 2015).

Penginderaan jauh dengan radar ini ialah pencitraan dengan memancarkan radiasi gelombang radar ke suatu permukaan bumi yang dicitrakan. Citra permukaan bumi dibentuk oleh pantulan atau hamburan energi gelombang radar dari permukaan daratan maupun perairan dan sinyal gelombangnya dikembalikan lagi ke sensor. Kelebihan dengan menggunakan pencitraan ini adalah perekamannya dapat dilakukan pada kondisi siang dan malam hari, serta penetrasi gelombangnya dapat menembus awan, pepohonan serta perairan dangkal tergantung dari jenis *band* yang digunakan (Pradipta, I.M.D., 2015).

II.2 Synthetic Aperture Radar (SAR)

Sistem pencitraan gelombang mikro pada radar dapat menghasilkan gambar resolusi tinggi dari permukaan bumi yakni *Synthetic Aperture Radar* (SAR). Sistem SAR ini lahir untuk mengatasi keterbatasan dari sistem RAR (*Real Aperture Radar*) yaitu penggunaan antena pada RAR yang semakin panjang untuk mendapatkan resolusi spasial citra yang semakin tinggi. Dengan ukuran antena yang kecil, sistem SAR mampu memberikan hasil ketelitian tertinggi dengan memanfaatkan keuntungan dari prinsip Doppler pada perambatan gelombang radio dengan frekuensi tertentu, terutama dari gema yang dihasilkan dari perputaran suatu benda di depan satelit untuk mensintesis sebuah antena besar. Prinsip Doppler ini mengacu pada perubahan frekuensi atau panjang gelombang yang dihasilkan dari pergerakan relatif antara sensor dan target (Hardi, A.H., 2008).

Intensitas dalam SAR bergantung jumlah hamburan kembali dari target dan diterima kembali oleh SAR antena. Mekanisme fisik untuk hamburan kembali berbeda untuk gelombang radar dibandingkan radiasi *visible* atau *infrared*. Interpretasi dari citra SAR membutuhkan pengetahuan sinya, ketika berinteraksi dengan target (Kusman, A., 2008). Sistem SAR pada citra Sentinel-1 menggunakan perekaman *C-band* yang mampu menembus vegetasi hingga 6cm.

II.3 Citra Sentinel-1A

Citra satelit Sentinel-1 adalah citra yang dihasilkan oleh satelit Sentinel-1 yang dirancang dan dikembangkan oleh ESA dan didanai oleh Komisi Eropa (*European Commission*). Citra satelit Sentinel-1 terdiri dari konstelasi dua satelit, Sentinel - 1A dan Sentinel - 1B yang berbagi bidang orbit yang sama

dengan perbedaan 180° pada pentahapan orbital. Misi dari citra ini adalah menyediakan kemampuan operasional independen untuk pemetaan radar terus menerus dari bumi dengan frekuensi, cakupan, ketepatan waktu dan keandalan ditingkatkan untuk layanan operasional dan aplikasi yang memerlukan seri lama (ESA, 2013). Penelitian kali ini menggunakan citra Sentinel-1A akuisisi mode IW produk GRDH. Karakteristik akuisisi mode IW Sentinel-1A dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Karakteristik Sentinel-1A mode perekaman IW (Fetcher, 2012 dalam Abdurrahman, 2015)

No.	Parameter	Interferometric Wide Swath Mode (IW)
1.	Polarisation	Dual (HH+HV, VV+VH)
2.	Access (Insidence Angle)	31° - 46°
3.	Azimuth Resolution	20 m
4.	Ground Range Resolution	5 m
5.	Azimuth and Range Look	Single
6.	Swath	250 km
7.	Maximum noise – equivalent sigma zero (NESZ)	-22 dB
8.	Radiometric Stability	0.5 dB (3σ)
9.	Radiometric Accuracy	1 dB (3σ)
10	Phase error	5°

II.4 Citra Sentinel-2A

Sentinel-2 merupakan pencitraan optik Eropa yang diluncurkan pada tahun 2015. Sentinel-2 merupakan satelit pertama yang diluncurkan sebagai bagian dari program European Space Agency (ESA) Copernicus. Satelit ini membawa berbagai petak-resolusi tinggi imager multispectral dengan 13 band spektral. Satelit ini akan melakukan pengamatan terestrial dalam mendukung layanan seperti pemantauan hutan, deteksi perubahan lahan tutupan, dan manajemen bencana alam. Citra Sentinel-2 memiliki karakteristik seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Karakteristik Citra Sentinel-2 (ESA, 2015)

Band	Panjang Gelombang (µm)	Resolusi Spasial (m)
Band 1 – Coastal Aerosol	0,443	60
Band 2 – Blue	0,490	10
Band 3 – Green	0,560	10
Band 4 – Red	0,665	10
Band 5 – Vegetation Red Edge	0,705	20
Band 6 – Vegetation Red Edge	0,740	20
Band 7 – Vegetation Red Edge	0,783	20
Band 8 – NIR	0,842	10
Band 8A – Vegetation Red Edge	0,865	20

Band 9 – Water Vapour	0,945	60
Band 10 – SWIR – Cirrus	1,375	60
Band 11 – SWIR	1,610	20
Band 12 – SWIR	2,190	20

II.5 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) merupakan perhitungan citra yang digunakan untuk mengetahui tingkat kehijauan yang sangat baik sebagai awal dari pembagian daerah vegetasi. NDVI dapat menunjukkan parameter yang berhubungan dengan vegetasi, antara lain: biomassa dedaunan hijau, daerah dedaunan hijau yang merupakan nilai yang dapat diperkirakan untuk pembagian vegetasi. Berikut merupakan persamaan NDVI (Assykur, A.R. dan Adnyana, I.W.S., 2009).

$$NDVI = \frac{(Band\ NIR - Band\ Red)}{(Band\ NIR + Band\ Red)} \dots\dots\dots II.1$$

Keterangan:

NDVI = Normalized Difference Vegetation Index (nilai indeks area vegetasi)

Band NIR = band Near Infrared (kanal inframerah dekat) pada citra terkoreksi radiometrik

Band Red = kanal merah pada citra terkoreksi radiometrik

II.6 Normalized Difference Built-up Index (NDBI)

Zha dkk. (2003) dalam Danoedoro (2012) menganalogikan NDVI untuk mengembangkan indeks area terbangun yang disebut Normalized Difference Built-up Index (NDBI) yang digunakan untuk mengkalkulasi Built-up area. Indeks NDBI akan fokus untuk menyoroti daerah perkotaan atau kawasan terbangun di mana biasanya ada pemantulan yang lebih tinggi pada area Shortwave Infrared (SWIR), jika dibandingkan dengan area Near-Infrared (NIR). Zha dkk. (2003) dalam Danoedoro (2012) mengembangkan perhitungan nilai NDBI dari data Landsat TM dengan menggunakan persamaan II.2.

$$NDBI = \frac{(Band\ SWIR - Band\ NIR)}{(Band\ SWIR + Band\ NIR)} \dots\dots\dots II.2$$

Keterangan:

NDBI = Normalized Difference Built-up Index (nilai indeks area terbangun)

Band SWIR = band shortwave infrared (kanal inframerah gelombang pendek) pada citra terkoreksi radiometrik

II.7 Normalized Difference Water Index (NDWI)

NDWI telah digunakan untuk mencapai tujuan memisahkan fitur air dan non-air (Ho dkk., 2010 dalam Wiweka, dkk., 2014). Ada beberapa rumus NDWI yang menggabungkan pasangan yang berbeda dari band-band dari Landsat TM atau ETM+. NDVI menggunakan dua saluran NIR, satu berpusat sekitar pada 0,86 µm, dan yang lainnya sekitar pada 1,24µm. Mengikuti model NDVI yang sederhana, indeks NDWI didefinisikan sebagai persamaan II.3 (Gao, 1996 dalam Wiweka, dkk., 2014):

$$NDWI = \frac{band\ NIR - band\ SWIR}{band\ NIR + band\ SWIR} \dots\dots\dots II.3$$

Mcfeters (1996) dalam Wiweka, dkk. (2014) mengembangkan rumus NDWI dengan menggunakan band hijau dan inframerah dekat (NIR). Pada penelitian ini menggunakan pengembangan dari Mcfeeters dengan formula NDWI tersebut sebagai berikut:

$$NDWI = \frac{band\ Green - band\ NIR}{band\ Green + band\ NIR} \dots\dots\dots II.4$$

Keterangan:

NDWI = *Normalized Difference Water Index*
(nilai indeks area perairan)

Band Green = kanal hijau pada citra terkoreksi radiometrik

II.8 Fusi Citra

Penggabungan citra (*image fusion*) merupakan salah satu teknik pemrosesan citra digital yang banyak mendapat perhatian dalam dunia penginderaan jauh. *Image fusion* dapat mengakomodasi kebutuhan citra resolusi tinggi tanpa harus mengusahakan sistem pencitraan dengan *resolving power* yang tinggi, sehingga dapat menghemat banyak waktu dan biaya. Kesimpulannya sederhana, *image fusion* dapat didefinisikan sebagai upaya penggabungan dua atau lebih citra yang berbeda dari segi resolusi (terutama spasial, *spectral*, temporal) ataupun dari segi sistem (*optic*, SAR) untuk menghasilkan citra baru yang mengintegrasikan kelebihan-kelebihan dari citra asal (Wald, 1999).

II.8.1 Metode Transformasi Brovey

Transformasi Brovey merupakan metode mudah untuk mengkombinasikan data dari sensor berbeda, hanya saja terbatas untuk komposisi tiga kanal *spectral*. Metode Brovey bertujuan untuk menormalisasikan 3 kanal *spectral* yang digunakan untuk *display RGB (Red, Green, Blue)*. Hasil dari normalisasi dikalikan dengan informasi data yang diinginkan, dalam hal ini citra *panchromatic (Pan)*, untuk menambah komponen intensitas dan kecerahan citra. Formula yang digunakan dijelaskan pada persamaan berikut (Dehghani, 2003 dalam Wandayani, A, 2007)

$$Red = \frac{Band\ 3}{Band\ 1 + Band\ 2 + Band\ 3} \times Pan \dots\dots\dots II.5$$

$$Green = \frac{Band\ 2}{Band\ 1 + Band\ 2 + Band\ 3} \times Pan \dots\dots\dots II.6$$

$$Blue = \frac{Band\ 1}{Band\ 1 + Band\ 2 + Band\ 3} \times Pan \dots\dots\dots II.7$$

Keterangan:

Pan = citra *panchromatic*

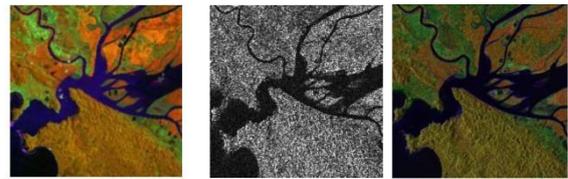
band 1 = kanal merah

band 2 = kanal hijau

band 3 = kanal biru

Transformasi ini dapat meningkatkan kontras citra hasil. Dengan demikian akan dihasilkan citra yang lebih terang dari segi spektral warna (Wandayani, A, 2007). Pada Gambar 2 merupakan contoh hasil metode transformasi brovey menggunakan citra Landsat TM dan citra Radarsat

pada penelitian Trisasongko, B.H dan Nugraha, Ery (2011) yang telah berhasil dilakukan.



a) Landsat TM b) Radarsat c) Brovey

Gambar 2 Hasil Fusi Transformasi Brovey (Trisasongko, B.H dan Nugraha, Ery., 2011)

II.8.2 Metode Intensity Hue Saturation (IHS)

Metode IHS pada awalnya dikembangkan sebagai teknik penajaman. Komponen *intensity* merefleksikan informasi kecerahan total dari suatu warna tampilan. *Hue* menunjukkan rata-rata panjang gelombang dari warna tampilan, sedangkan *Saturation* mencerminkan ke dalaman warna relatif terhadap abu-abu (Vincent, 1997 dalam Sitanggang, G, 2004).

$$I = \frac{1}{3} (R + G + B) \dots\dots\dots II.8$$

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}((R-G)+(R-B))}{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)} \right\} \dots\dots\dots II.9$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min\{R, G, B\}] \dots\dots\dots II.10$$

Keterangan:

I = ruang warna (*layer*) *Intensity*

H = ruang warna (*layer*) *Hue*

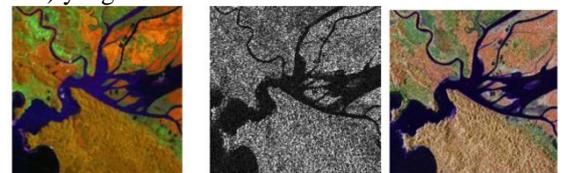
S = ruang warna (*layer*) *Saturation*

R = kanal merah

G = kanal hijau

B = kanal biru

Substitusi komponen yang paling banyak digunakan teknik *pansharpening* didasarkan pada transformasi *Intensity Hue Saturation (IHS)* (Vincent, 1997 dalam Sitanggang, G, 2004). Pada Gambar 3 merupakan contoh hasil metode transformasi IHS menggunakan citra Landsat TM dan citra Radarsat pada penelitian Trisasongko, B.H dan Nugraha, Ery (2011) yang telah berhasil dilakukan.



a) Landsat TM b) Radarsat c) IHS

Gambar 3 Hasil Fusi Transformasi IHS (Trisasongko, B.H dan Nugraha, Ery., 2011)

II.8.3 Metode Principal Component Analysis (PCA)

Teknik fusi citra PCA digunakan untuk mentransformasi citra *multispectral* beresolusi rendah untuk mendapatkan komponen penting (*principal component*) representatif baru yang saling tidak berkorelasi. Komponen penting berisi informasi umum dari keseluruhan kanal *spektral*, yang direpresentasikan dalam vektor-vektor nilai *eigen*. Proses untuk mendapatkan komponen penting ini disebut sebagai transformasi *forward*. Secara matematis dijelaskan pada persamaan II.11 dengan DN_{MS}^l adalah *digital*

number (DN) dari citra *input multispectral* resolusi spasial rendah, PC1 adalah *principal component* pertama, dan matriks transformasi v terdiri dari vektor-vektor eigen yang diurutkan berdasarkan nilai eigennya (Wang dkk., 2005).

$$\begin{bmatrix} PC1 \\ PC2 \\ \dots \\ PCn \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{21} & \dots & v_{n1} \\ v_{12} & v_{22} & \dots & v_{n2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{1n} & v_{2n} & \dots & v_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} DN_{MS1}^l \\ DN_{MS2}^l \\ \dots \\ DN_{MSn}^l \end{bmatrix} \dots\dots\dots II.11$$

Vektor *eigen* yang memiliki nilai *eigen* tertinggi merupakan komponen penting pertama (PC1). PC1 ini yang akan digantikan oleh data citra *panchromatic* beresolusi spasial tinggi, yang sebelumnya direntangkan agar memiliki rata-rata (*mean*) yang menyamai PC1. Matematisnya, transformasi *backward* dari metode fusi citra menggunakan PCA dijelaskan pada persamaan II.12, dengan DN_{MS}^h adalah citra *multispectral* hasil yang memiliki resolusi spasial lebih tinggi dan DN_{PAN}^h adalah citra *panchromatic* yang telah direntangkan agar menyamai rata-rata dari PC1 (Wang dkk.,2005).

$$\begin{bmatrix} DN_{MS1}^h \\ DN_{MS2}^h \\ \dots \\ DN_{MSn}^h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{21} & \dots & v_{n1} \\ v_{12} & v_{22} & \dots & v_{n2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{1n} & v_{2n} & \dots & v_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} DN_{PAN}^l \\ PC2 \\ \dots \\ PCn \end{bmatrix} \dots\dots\dots II.12$$

Jika digabungkan maka akan didapat persamaan II.13:

$$\begin{bmatrix} DN_{MS1}^h \\ DN_{MS2}^h \\ \dots \\ DN_{MSn}^h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} DN_{MS1}^l \\ DN_{MS2}^l \\ \dots \\ DN_{MSn}^l \end{bmatrix} + (DN_{PAN}^h - DN_{PAN}^l) = \begin{bmatrix} v_{11} \\ v_{21} \\ \dots \\ v_{n1} \end{bmatrix} \dots II.13$$

Keterangan:

- DN_{MS}^l = digital number (DN) dari citra *input multispectral* resolusi spasial rendah
- PC1 = *principal component* pertama
- v = matriks transformasi v terdiri dari vektor-vektor eigen yang diurutkan berdasarkan nilai eigennya
- DN_{MS}^h = citra *multispectral* hasil yang memiliki resolusi spasial lebih tinggi
- DN_{PAN}^h = citra *panchromatic* yang telah direntangkan agar menyamai rata-rata dari PC1
- DN_{PAN}^l = PC1
- DN_{PAN}^h = DN_{PAN}^l yang telah direntangkan agar memiliki nilai rata-rata dan ragam menyerupai PC1

II.9 Klasifikasi Tutupan Lahan

Klasifikasi tutupan lahan adalah tutupan biofisik pada permukaan bumi yang dapat diamati merupakan suatu hasil pengaturan, aktivitas dan perlakuan manusia yang dilakukan pada jenis penutup lahan tertentu untuk melakukan kegiatan produksi, perubahan, ataupun perawatan pada penutup lahan tersebut. Penggunaan sistem klasifikasi penutup lahan memungkinkan terjadinya pemantauan dan pelaporan perubahan penutup lahan pada suatu negara yang memiliki keberterimaan di tingkat internasional (SNI, 2010).

Klasifikasi tutupan lahan Kabupaten Demak yang akan digunakan pada penelitian ini sesuai dengan SNI Klasifikasi Penutup Lahan tahun 2000 dengan skala 1:10.000. Namun, kelas tutupan lahan yang

digunakan akan mengalami sedikit modifikasi untuk mempersempit pengkelasan yang dilakukan sehingga menghasilkan sembilan kelas tutupan lahan yaitu kelas lahan terbangun (permukiman, kawasan industri, dan sebagainya), perairan (sungai, waduk, danau, laut, dan sebagainya), sawah (sawah tadah hujan dan sawah irigasi), tegalan/ladang, kebun, semak belukar, hutan rawa/hutan mangrove, hutan dan tanah kosong.

III. Metode Penelitian

III.1. Tahapan Persiapan

Tahap awal penelitian ini meliputi kegiatan studi literatur. Pada tahapan ini dilakukan pengumpulan materi yang terkait dengan studi penelitian terdahulu dan sumber-sumber referensi literatur atau tinjauan pustaka yang berisikan mengenai beberapa teori yang sudah ada dan berhubungan dengan tema bahasan yang digunakan sebagai penunjang keberhasilan penelitian.

III.2. Tahapan Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan proses lanjutan dari tahap persiapan. Dalam tahap ini, segala data yang telah direncanakan dikumpulkan untuk nantinya akan diolah. Data tersebut meliputi data yang ditampilkan pada Tabel 3.

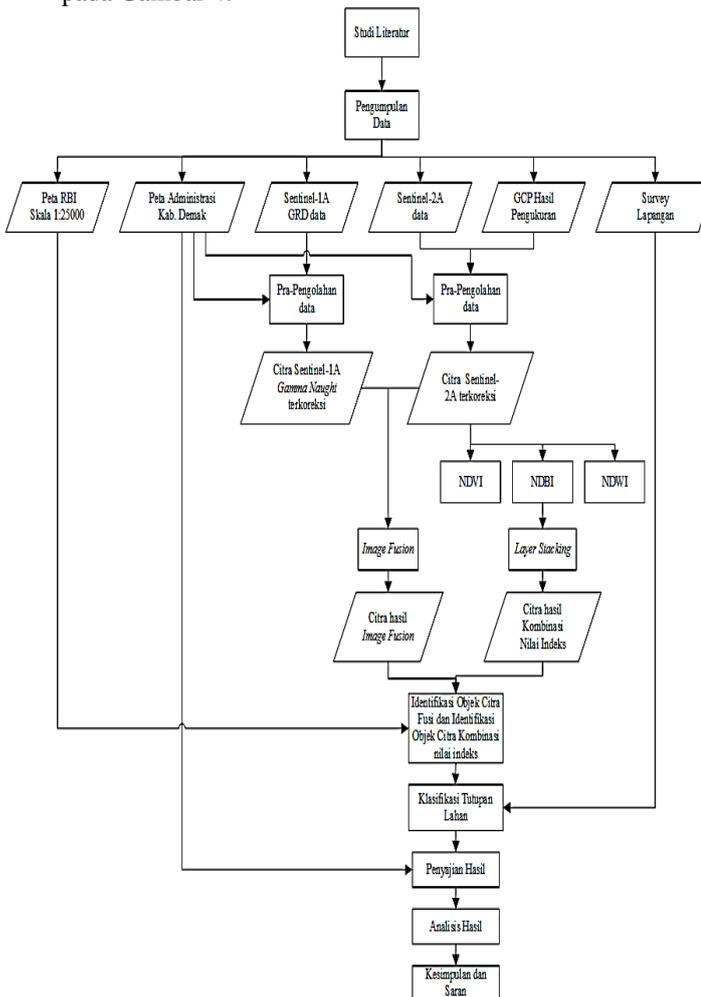
Tabel 3 Data Penelitian

No.	Data	Sumber
1.	Citra Sentinel-1A format GRD tanggal perekaman 19 Mei 2017	https://scihub.copernicus.eu/dhus/
2	Citra Sentinel-2A tanggal perekaman 19 Mei 2017	https://scihub.copernicus.eu/dhus/
3.	Peta Batas Administrasi Jawa Tengah	Badan Informasi Geospasial (BIG)
4.	Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Jawa Tengah Skala 1:25.000	Badan Informasi Geospasial (BIG)
5.	Koordinat GCP Kab. Demak	Pengukuran GPS Trimble Geo-XT 3000 series
6.	Titik Validasi Survey Lapangan	Pengukuran GPS Handheld Garmin GPSMAP 64s

III.3. Tahapan Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data merupakan tahapan penting dalam penelitian kali ini. Karena pada tahapan ini merupakan tahapan inti dari suatu penelitian dimana akan dilakukan proses penelitian dengan mengolah data yang telah dikumpulkan. Tahapan pengolahan data dibagi menjadi tiga tahapan utama yakni tahapan pra-pengolahan, tahapan fusi citra (metode PCA, IHS, dan Brovey), tahapan kombinasi nilai indeks (NDVI, NDBI dan NDWI) serta tahapan terakhir dan inti dari penelitian ini yaitu tahapan klasifikasi tutupan lahan dan uji akurasi hingga menghasilkan citra

terklasifikasi. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



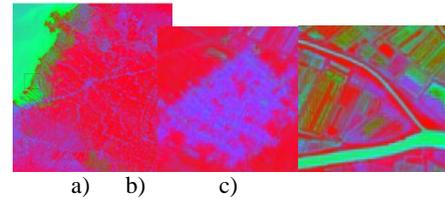
Gambar 4 Diagram alir Penelitian

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1. Hasil dan Analisis Kombinasi Nilai Indeks

Kombinasi nilai indeks ini dilakukan untuk melihat penampilan secara visual sekaligus tutupan lahan yang dihasilkan. Pada penelitian ini proses perhitungan ketiga nilai indeks yakni perhitungan NDVI untuk melihat sebaran vegetasi, perhitungan nilai NDBI untuk melihat sebaran daerah terbangun serta perhitungan NDWI untuk melihat area tergenang (perairan). Hasil perhitungan ketiga nilai indeks tersebut juga telah dilakukan kombinasi dengan memanfaatkan *tools layer stacking* pada perangkat lunak Envi 5.3. Kombinasi ketiga nilai indeks ini dilakukan untuk melihat persebaran tutupan lahan yang ada di permukaan bumi pada studi area Kabupaten Demak.

Pada Gambar 5 terlihat kombinasi nilai indeks dengan tampilan warna pada *layerRed* berisikan nilai indeks dari NDVI, pada *layerGreen* berisikan nilai NDWI dan pada *layerBlue* berisikan nilai NDBI. Pemilihan *layer* ini didasarkan pada percobaan peneliti untuk dapat membedakan setiap kelas tutupan lahan, dan tampilan *layer* inilah yang lebih terlihat jelas dalam setiap perbedaan tutupan lahan tersebut.

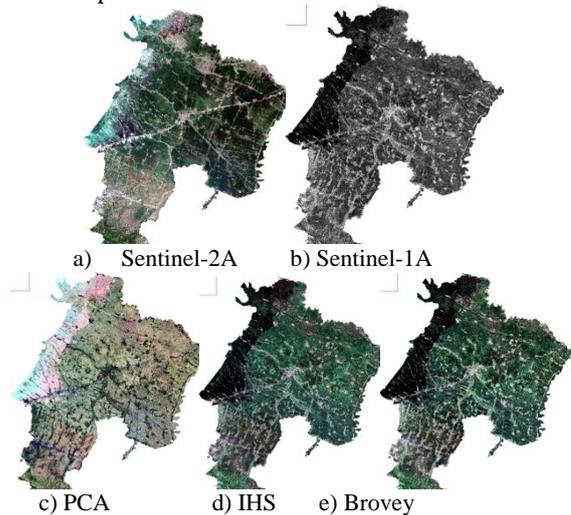


Gambar 5 Kombinasi Nilai Indeks, a) area kabupaten Demak, b) perbesaran area pemukiman, kebun dan sawah, c) perbesaran area perairan, semak, dan rawa

Kombinasi nilai indeks ini memiliki kelemahan yakni sulitnya membedakan kelas vegetasi dari segi warna, karena memiliki pewarnaan yang hampir sama, namun terdapat kelebihan yang dapat memudahkan interpretasi daerah perairan terutama daerah tergenang yang berada didaratn seperti lahan basah misalnya. Sementara itu, untuk lahan terbangun masih agak memiliki kemiripan dengan lahan terbuka seperti tegalan dan tanah kosong, sehingga dibutuhkan nilai ketinggian obyek untuk membedakan setiap kelas vegetasi berdasarkan ketinggiannya. Namun, dikarenakan hasil pengolahan ekstraksi DSM memiliki kualitas yang buruk, sehingga tidak dilakukan kombinasi nilai indeks dengan Δ DSM.

IV.2. Hasil dan Analisis Fusi Citra

Setelah dilakukan proses fusi citra antara citra optis Sentinel-2A dan citra radar Sentinel-1A dengan menggunakan metode PCA, Brovey, dan IHS, diperoleh citra baru dengan tampilan visual dan nilai spektral yang berbeda. Seperti yang di contohkan pada Gambar 6 merupakan citra Sentinel-2A komposit 432 dan hasil dari proses ketiga metode fusi citra pada studi area Kabupaten Demak.



Gambar 6 Kenampakan Citra Sentinel-1A, Citra Sentinel-2A komposit band 432 dan hasil metode fusi citra.

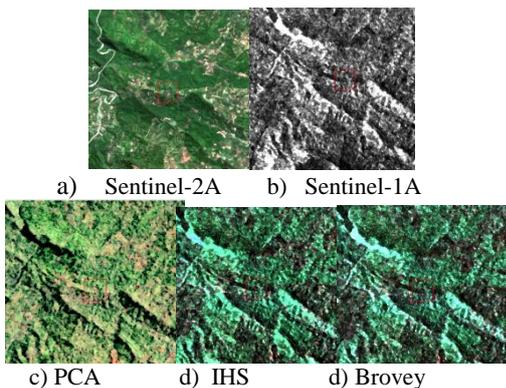
Berdasarkan Gambar 6 tersebut, memperlihatkan bahwa hasil proses fusi memiliki tampilan visual yang terintegrasi dari citra Sentinel-1A dan citra Sentinel-2A serta terlihat adanya perbedaan hasil pemrosesan fusi citra dengan citra asli dari Sentinel-2A komposit band 432 baik dari segi kenampakan warna maupun pola dan tekstur yang terlihat. Hasil proses PCA lebih

menampakan warna cerah dan beragam dengan tekstur lebih halus dibandingkan dengan hasil fusi citra Brovey dan IHS. Sedangkan pada hasil fusi citra Brovey memiliki warna yang hampir sama dengan IHS, perbedaannya hanya terletak pada kekontrasan warna, hasil fusi IHS lebih cerah dibanding hasil fusi citra Brovey dan pada skala perbesaran yang sama, citra Brovey lebih buram dibanding citra IHS. Hasil dari ketiga fusi citra ini mengalami penurunan maupun kenaikan informasi nilai spektral. Pada Tabel 4 akan dirangkum perbandingan kenaikan dan penurunan hasil informasi nilai spektral.

Tabel 4 Perbandingan Informasi Nilai Spektral

No.	Informasi Nilai Spektral	Sentinel -2A (DN)	Hasil Fusi Citra		
			PCA (DN)	IHS (DN)	Brovey (DN)
1.	Min				
	- Band 1	0	0	0	0
	- Band 2	0	0	0	0
	- Band 3	0	0	0	0
2.	Max				
	- Band 1	255	229	255	255
	- Band 2	255	231	255	255
	- Band 3	255	255	255	255
3.	Mean				
	- Band 1	75,944	79,522	56,800	17,605
	- Band 2	105,002	106,496	78,353	25,228
	- Band 3	95,974	97,267	65,861	20,721
4.	St. Deviasi				
	- Band 1	54,381	39,833	56,492	16,576
	- Band 2	45,110	41,239	65,130	20,693
	- Band 3	43,708	45,475	58,285	17,172

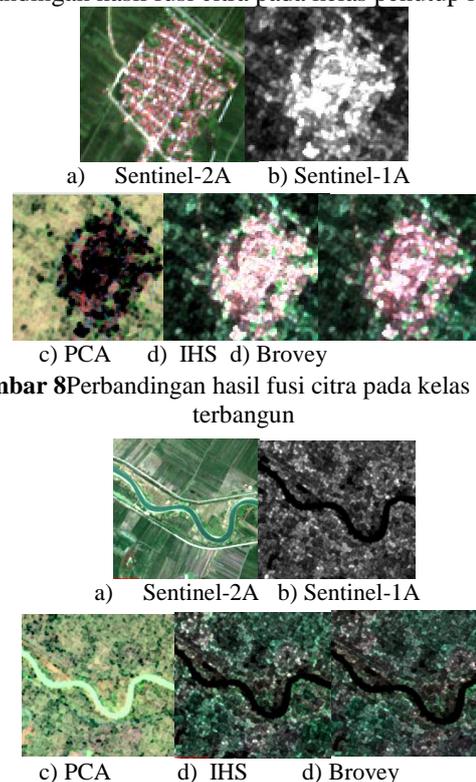
Hasil dari ketiga metode fusi citra ini juga ditemukan keunikan pada penampakan relief yang dihasilkan dari daerah sekitar perbukitan seperti pada Gambar 7.



Gambar 7 Perbandingan kenampakan relief sekitar area perbukitan

Citra Sentinel-2A hanya terlihat pewarnaan kenampakan obyek permukaan dalam tampilan dua dimensi, sedangkan pada citra Sentinel-1A hanya terlihat kenampakan reliefnya saja tanpa ada pewarnaan dari unsur kenampakan obyek yang ada, sementara hasil dari ketiga metode fusi citra memperlihatkan adanya relief yang terletak disekitar area perbukitan Kabupaten Demak yang mana area tersebut didominasi oleh kawasan hutan dan tegalan / ladang dan hanya terdapat sedikit permukiman.

Kenampakan relief ini disebabkan karena citra radar yang mengandung unsur kenampakan relief, akan tetapi penelitian ini menggunakan citra radar terkoreksi *Gamma Nought* sehingga unsur topografi dihilangkan agar dapat menghasilkan citra tutupan lahan sehingga hanya menampilkan kenampakan reliefnya saja. Selain itu, hasil fusi citra juga memperlihatkan ciri khas tersendiri pada kelas penutup lahannya, sebagai contoh berikut pada Gambar 8 dan Gambar 9 merupakan perbandingan hasil fusi citra pada kelas penutup lahan.



Gambar 8 Perbandingan hasil fusi citra pada kelas lahan terbangun

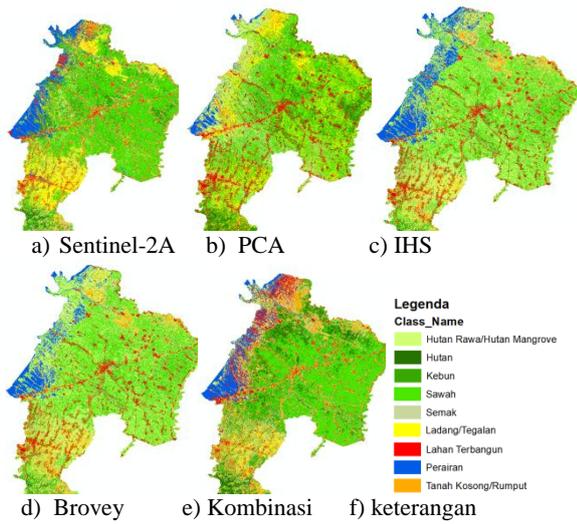
Gambar 9 Perbandingan hasil fusi citra pada kelas sekitar perairan, sawah dan tegalan

Gambar 8 dan Gambar 9 perbandingan hasil dari sebelum dan sesudah dilakukan proses fusi citra. Pada Gambar 8 menunjukkan bahwa hasil transformasi PCA daerah permukiman/lahan terbangun terlihat berwarna merah dengan campuran warna hitam. Sedangkan pada transformasi IHS dan Brovey terlihat berwarna merah dengan campuran warna putih, namun pada transformasi Brovey, kekontrasan warna yang dihasilkan agak gelap dibanding IHS.

Sedangkan pada Gambar 9 memperlihatkan bahwa area sekitar perairan (sungai), sawah dan tegalan memiliki ciri khas tersendiri, pada kelas perairan, hasil fusi transformasi PCA menghasilkan pewarnaan yang begitu halus dan menampilkan bentuk lekukan yang sangat jelas, pada hasil fusi citra transformasi IHS menghasilkan warna gelap atau hitam sama seperti transformasi Brovey. Sementara itu, pada kelas vegetasi yakni kelas sawah dan tegalan memiliki pewarnaan yang dan tekstur yang hampir sama, terutama pada hasil fusi transformasi IHS dan Brovey.

IV.2. Hasil dan Analisis Klasifikasi Tutupan Lahan

Klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode *supervised classification* telah dilakukan dengan menggunakan citra Sentinel-2A, citra hasil fusi dan citra kombinasi nilai indeks dengan studi area terletak pada Kabupaten Demak. Hasil klasifikasi dari berbagai citra yang berbeda tersebut memiliki perbedaan yang dapat dilihat dari sebaran tutupan lahan dan luas area setiap tutupan lahan yang dihasilkan. Adapun untuk hasil klasifikasi tutupan lahan seperti tampak pada Gambar 10.



Gambar 10 Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan

Gambar 10 memperlihatkan adanya perbedaan hasil klasifikasi tutupan lahan dari setiap citra yang berbeda. Perbedaan ini dikarenakan setiap citra memiliki informasi nilai piksel atau nilai spektral yang berbeda sehingga menampilkan dan mempresentasikan rona warna yang berbeda pula. Rona warna ini digunakan sebagai acuan peneliti dalam pengambilan keputusan untuk menentukan *training area* setiap kelas tutupan lahan. Setelah diperoleh klasifikasi tutupan lahan ini, maka untuk melihat perbedaan lainnya yakni dari segi luasan. Luasan masing-masing kelas pada setiap citra dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Perbandingan Luasan Klasifikasi Tutupan Lahan

No	Kelas	Luasan (Ha)				
		Sentinel-2A	PCA	IHS	Brovey	Kombinasi Indeks
1.	Lahan Terbangun	5827,4	10291,4	7668,5	7681,5	8810,3
2.	Sawah	35044,4	35058,0	27436,9	29339,3	26606,7
3.	Perairan	9060,8	10677,5	28681,1	26306,8	5751,7
4.	Tegalan/Ladang	18342,8	16580,4	3975,0	4696,5	7268,7
5.	Semak Belukar	9815,8	6513,5	9252,5	9880,2	15877,7
6.	Hutan Rawa / Mangrove	2533,2	2209,7	10167,9	10278,1	3117,3
7.	Kebun	9021,3	6271,8	6413,0	5676,0	17810,0
8.	Hutan	6975,4	9379,6	2140,7	1746,9	7752,8
9.	Tanah Kosong/	3736,5	3375,8	4621,8	4752,3	7362,382

Rumput					
Jumlah	100357,6	100357,6	100357,6	100357,6	100357,7

IV.2. Hasil dan Analisis Akurasi Klasifikasi Tutupan Lahan

Validasi lapangan atau *ground check* dilakukan dengan tujuan untuk memeriksa dan mengoreksi apakah klasifikasi tutupan lahan yang dibuat pada citra benar dan sesuai dengan kondisi sebenarnya yang ada di lapangan. Dalam penelitian ini ada 9 jenis kelas yang dibuat yakni: lahan terbangun, sawah, perairan, hutan, hutan rawa, semak, rumput/tanah kosong, kebun, ladang.

Dalam penelitian ini, jumlah sampel ditentukan dengan menggunakan rumus *multinomial distribution* pada persamaan IV.1 (Tortora, 1978 dalam Congalton, R., 2008).

$$n = \frac{B \cdot \Pi_i \cdot (1 - \Pi_i)}{b_i^2} \dots \dots \dots \text{IV.1}$$

Keterangan:

n = jumlah sampel

B = nilai yang didapat dari tabel *chi square* berdasarkan jumlah kelas dan dengan derajat kebebasan 1

Π_i = kelas khusus yang mencakup *area* terbanyak dalam peta

b_i = tingkat ketidak-percayaan dalam %

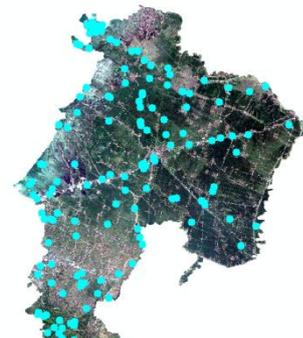
Penelitian ini menggunakan 9 kelas tutupan lahan, maka untuk nilai B yang didapat dari tabel *chi square* dan derajat kebebasan 1 adalah 13,362, kemudian dengan mengasumsikan tingkat kepercayaan sebesar 85% berdasarkan standar yang digunakan USGS (*United States Geological Survey*) dan tingkat ketidak-percayaan sebesar 15% serta cakupan kelas terbanyak adalah kelas sawah dengan cakupan *area* sebesar 30,04%. Berdasarkan data tersebut, maka jumlah sampel yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

$$n = 13,362 \times 0,3004 \times (1 - 0,3004) / 0,15^2$$

$$n = 124,807 \text{ (dibulatkan)}$$

$$n = 125 \text{ sampel}$$

Nilai n merupakan jumlah keseluruhan sampel yang akan diambil, pada penelitian ini menggunakan 9 kelas sehingga sampel perkelas yang diperlukan adalah sekitar 125 dibagi 9 yakni sebanyak 13,889 sampel atau dibulatkan menjadi 14 sampel per kelas. Untuk meningkatkan sedikit keakuratan, maka diambil 16 titik sampel pengukuran. Berikut merupakan sebaran titik validasi klasifikasi tutupan lahan seperti yang terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Persebaran titik validasi tutupan lahan

Titik validasi ini akan digunakan untuk melakukan uji akurasi untuk menghasilkan suatu peta tutupan lahan yang akurat dan dapat teruji kevalidan data peta tersebut. Perhitungan akurasi hasil klasifikasi dapat dihitung dengan menggunakan matriks kesalahan atau *confusion matrix* disertai perhitungan *User's Accuracy* dan *Producer's Accuracy* serta *commission error* dan *omission error*.

Berdasarkan perhitungan tersebut, hasil perhitungan matriks konfusi yang memenuhi kriteria asumsi tingkat kepercayaan diatas 85% hanya klasifikasi dari citra Sentinel-2A saja, namun klasifikasi hasil pengolahan transformasi PCA ini memiliki sedikit keunggulan dalam hal pengkelasan lahan terbangun sebesar 100% dan perairan sebesar 90% di mana keduanya menghasilkan *producer's accuracy* yang tinggi. Klasifikasi hasil pengolahan transformasi IHS ini memiliki sedikit keunggulan dalam hal pengkelasan lahan terbangun sebesar 100%, sawah sebesar 93,33% dan perairan sebesar 100% di mana ketiga kelas ini menghasilkan *producer's accuracy* yang tinggi.

Klasifikasi hasil pengolahan transformasi Brovey ini memiliki sedikit keunggulan dalam hal pengkelasan lahan terbangun sebesar 93,75%, sawah sebesar 93,33% dan perairan sebesar 100% di mana ketiga kelas ini menghasilkan *producer's accuracy* yang tinggi serta hasil yang cukup baik dan merata pada kelas tegalan, semak belukar, dan tanah kosong yang berkisar antara 80% - 81,25%. Sedangkan untuk klasifikasi hasil pengolahan nilai indeks ini memiliki sedikit keunggulan dalam hal pengkelasan vegetasi terutama kelas sawah sebesar 93,75%, hutan rawa sebesar 100% dan hutan 93,75% di mana ketiga kelas ini menghasilkan *producer's accuracy* yang tinggi serta hasil yang baik dan merata pada kelas lahan terbangun dan perairan masing-masing sebesar 87,50%.

Klasifikasi tutupan lahan dari setiap citra hasil pengolahan dalam penelitian ini memiliki hasil akurasi yang berbeda dalam hal *overall accuracy* dan *kappa agreement*. Akurasi ini merupakan acuan dari hasil perhitungan matriks konfusi dan penjabarannya yang mana *overall accuracy* dan *kappa agreement* digunakan untuk melihat seberapa akurat peta yang dihasilkan. Koefisien kappa digunakan karena memperhitungkan semua elemen dalam matriks kesalahan yang telah dibuat. Semakin tinggi akurasinya, baik *overall accuracy* dan koefisien Kappa, menunjukkan bahwa hasil pengklasifikasian yang dilakukan semakin baik. Hasil dan analisis matriks konfusi klasifikasi tutupan lahan setiap citra telah dipaparkan dan selanjutnya akan dibahas mengenai perbandingan hasil akurasi secara keseluruhan dari hasil klasifikasi tersebut seperti yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Perbandingan *Overall Accuracy* dan *Kappa Agreement*

No.	Citra Klasifikasi Supervised	Overall Accuracy (%)	Kappa Agreement
-----	------------------------------	----------------------	-----------------

1.	Sentinel-2A Komposit RGB	89,583	0,883
2.	Transformasi PCA	67,391	0,632
3.	Transformasi IHS	80,576	0,781
4.	Transformasi Brovey	82,734	0,806
5.	Kombinasi Nilai Indeks	73,611	0,703

Citra Sentinel-2A komposit RGB menghasilkan klasifikasi tutupan lahan dengan akurasi yang cukup baik dibanding klasifikasi pada citra lainnya. Tabel 7 menjelaskan bahwa klasifikasi yang dihasilkan pada ke lima citra tersebut hanya satu yakni hasil dari klasifikasi citra Sentinel-2A yang memenuhi kriteria tingkat kepercayaan diatas 85%. Adapun pada hasil citra kombinasi antara Sentinel-2A dan Sentinel-1A baik dalam hal fusi citra maupun kombinasi nilai indeks dengan ketinggian obyek, akurasi yang paling baik dihasilkan oleh transformasi Brovey dengan akurasi sebesar 82,734%.

V Penutup

V.I Kesimpulan

Dari kegiatan pengolahan hingga analisis data yang telah dihasilkan dalam penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Hasil proses fusi citra antara Sentinel-1A dengan Sentinel-2A dari metode PCA, Brovey dan IHS memiliki tampilan visual yang hampir sama yakni memperlihatkan karakteristik yang unik dari hasil penggabungan kedua citra tersebut. Keunikan ini terlihat dari segi pewarnaan, mengadopsi warna dari citra Sentinel-2A, tetapi dengan perentangan kontras yang berbeda, sedangkan dari segi kualitas piksel terintegrasi oleh citra Sentinel-1A. Pada daerah perbukitan, hasil fusi citra memperlihatkan adanya kenampakan relief yang tidak terlihat pada citra Sentinel-2A, sehingga sangat tepat untuk menganalisis morfologi dan struktur geologi suatu kawasan di area perbukitan atau pegunungan. Citra baru yang dihasilkan dari ketiga metode tersebut memiliki keunggulan yang lebih terlihat pada wilayah yang mengandung vegetasi rapat atau lebat, pemukiman serta perairan dan menguntungkan jika digunakan untuk melihat bentuk serta lekukan sungai.
2. Hasil klasifikasi tutupan lahan dari citra Sentinel-2A, citra hasil fusi (metode PCA, IHS, Brovey) serta citra hasil kombinasi nilai indeks mempresentasikan kenampakan tutupan lahan yang berbeda. Hal ini dapat dilihat dari luasan dan akurasi yang dihasilkan dari hasil pengolahan klasifikasi dari citra tersebut. Luasan pada setiap kelas tutupan lahan dari masing-masing citra menghasilkan luasan yang berbeda, hal ini dikarenakan perbedaan karakteristik setiap obyek tutupan lahan pada masing-masing citra. Akurasi klasifikasi tutupan lahan yang diperoleh dari perhitungan matriks

konfusi menghasilkan tingkat keakuratan sebesar 89,583% pada citra Sentinel-2A, 67,391% pada citra transformasi PCA, 80,576% pada citra transformasi IHS, 82,734% pada citra transformasi Brovey, 73,611% pada citra kombinasi nilai indeks. Hasil uji akurasi tersebut menunjukkan bahwa dari klasifikasi tutupan lahan yang telah dibuat, hanya satu saja yang memenuhi asumsi tingkat kepercayaan sebesar >85%. Akan tetapi, berdasarkan hasil perhitungan *User's Accuracy* dan *Producer's Accuracy* nya, metode kombinasi ini memiliki keunggulan masing-masing. Keunggulan ini dapat diaplikasikan untuk menganalisis obyek tertentu seperti pada transformasi PCA, dapat digunakan untuk menganalisis obyek lahan terbangun dan obyek perairan. Transformasi IHS dapat digunakan untuk menganalisis obyek lahan terbangun, sawah dan obyek perairan. Transformasi Brovey dapat digunakan untuk menganalisis obyek lahan terbangun, sawah dan obyek perairan. Sementara itu, pada kombinasi nilai indeks, dapat digunakan untuk menganalisis obyek sawah, hutan rawa, hutan, perairan dan lahan terbangun.

V.2 Saran

Berikut adalah beberapa saran yang dikemukakan penulis berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu:

1. Dibutuhkan studi literatur dan pengetahuan yang mendalam serta konsep yang lebih matang untuk melakukan kombinasi data SAR dengan data optis agar penelitian seperti ini berjalan sesuai yang diharapkan.
2. Akan lebih baik menggunakan citra dengan tanggal perekaman yang berbeda atau melakukan penggabungan secara temporal untuk melihat perbedaan dari tutupan lahan yang dihasilkan terutama pada daerah yang bervegetasi, serta menggunakan citra dengan resolusi spasial yang berbeda saat hendak melakukan fusi citra optis dengan citra radar, karena Sentinel-1A dan Sentinel-2A yang memiliki resolusi spasial yang sama sehingga tidak terlalu terlihat peningkatan kualitas citra yang diharapkan.
3. Untuk menghasilkan peta tutupan lahan yang baik, sebaiknya dalam melakukan klasifikasi tutupan lahan, perlu diperhatikan karakteristik setiap tutupan lahan sebelum melakukan pemilihan ROI agar dapat terpisahkan dengan baik dan menghasilkan akurasi yang tinggi.

Daftar Pustaka

Abdurrahman, A. 2015. *Petunjuk Manual Orthorektifikasi Data SAR Sentinel-1 dengan Menggunakan Software Sentinel-1 Toolbox (SITBX)*. Petunjuk Manual. Program Diploma Penginderaan Jauh dan Sistem Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

- Assyakur, A.R. dan Adnyana, I.W.S. 2009. *Analisis Indeks Vegetasi menggunakan Citra Alos/Avnir-2 dan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Evaluasi Tata Ruang Denpasar*. Jurnal Bumi Lestari-9. Hal 1-11.
- Danoedoro, P. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- ESA. 2013. *Sentinel-1 User Handbook. Draft User Handbook*. European Space Agency.
- ESA. 2015. *Sentinel-2 User Handbook*. ESA Standard Document *User Handbook*. European Space Agency.
- Hardi, A.H. 2008. *Studi Pemanfaatan Band yang Berbeda Pada InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar)*. Laporan Tugas Akhir. Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Kusman, A. 2008. *Studi Deformasi Gunung Api Batur dengan Menggunakan Teknologi SAR Interferometri (InSAR)*. Laporan Tugas Akhir. Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Pradipta., I.M.D. 2015. *Rancang Bangun Aplikasi Fusi Citra (Image Fusion) dari Data Penginderaan Jauh Menggunakan Metode Phansharpening*. Laporan Tugas Akhir. Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Udayana Jimbaran. Bali.
- Sitanggang, G., Carolita I., B.H. Trisasonko. 2004. *Aplikasi Teknik dan Metode Fusi Data Optik ETM-Plus Landsat dan Sar Radarsat untuk Ekstraksi Informasi Geologi Pertambangan Batu Bara*. Jurnal Lapan Vol 6, No.1 Juni Tahun 2004, Hal.11-30.
- Standar Nasional Indonesia. 2000. *SNI 19-6502.1-2000 Spesifikasi Teknis Peta Rupa Bumi Skala1: 10.000*. Badan Standar Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. 2010. *SNI 7645-2010 Klasifikasi Penutup Lahan*. Badan Standar Nasional.
- Trisasonko, B.H., Nugraha, E. 2011. *Pemantauan Lingkungan Hutan Bakau : Studi Integrasi Data Landsat TM dan Radarsat*. BBIHP. Bogor.
- Wald, L. 1999. *Some Terms Of Reference in Data Fusion*. IEEE Trans. Geosci. Remotesens, vol. 37, no.3, hlm 1190-1193.
- Wandayani, A. 2007. *Perbandingan Metode Brovey dan PCA dalam Fusi Citra Panchromatic dan Multispectral*. Laporan Tugas Akhir. Departemen Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wang, Z, et al. 2005. *A Comparative Analysis of Image Fusion Methods*. IEEE Trans. Geosei. Remote Sens, vol.43, no.6, Juni 2005. Hlm 1391-1402.

Wiweka, dkk. 2014. *Pengembangan Model Identifikasi Daerah Tergenang (Inundated Area) Menggunakan Data Landsat-8*. Jurnal Seminar Nasional Pengindraan Jauh. LAPAN. Bogor.