



**DETEKSI LAHAN SUB-OPTIMAL MENGGUNAKAN ANALISIS NILAI
NDVI MUSIM KEMARAU PADA WILAYAH KECAMATAN
ARJASA, JANGKAR DAN ASEMBAGUS BERBASIS
CITRA SATELIT SENTINEL 2**

SKRIPSI

Oleh:

Hadrian Reksa Belagama

NIM 151710201054

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**DETEKSI LAHAN SUB-OPTIMAL MENGGUNAKAN ANALISIS NILAI
NDVI MUSIM KEMARAU PADA WILAYAH KECAMATAN
ARJASA, JANGKAR DAN ASEMBAGUS BERBASIS
CITRA SATELIT SENTINEL 2**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi syarat melakukan penelitian untuk tugas akhir
Program Studi Teknik Pertanian

Oleh:

Hadrian Reksa Belagama

NIM 151710201054

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan sebagai rasa terimakasih saya yang tidak terkira kepada:

1. Kedua orang tua saya, Bapak Bambang Kusdarwanto dan Ibu Khoirul Muawannah serta adik saya Gymnastyar Alma Ghifari untuk segala doa dan dukungannya dalam penyusunan naskah skripsi.
2. Guru-guru yang sudah mendidik saya sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi.
3. Almamater tercinta Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

MOTTO

Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.*)

(terjemahan Surah *Al – Insyirah*, 6 - 8)



*)Departemen Agama Republik Indonesia. 2015. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Bandung: CV. Darus Sunnah.

PERNYATAAN

Saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hadrian Reksa Belagama

NIM : 151710201054

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Deteksi Lahan Sub-Optimal Menggunakan Analisis Nilai NDVI Musim Kemarau pada Wilayah Kecamatan Arjasa, Jangkar dan Asembagus Berbasis Citra Satelit Sentinel 2” adalah benar-benar hasilnya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 30 Oktober 2019

Yang menyatakan

Hadrian Reksa Belagama

NIM 151710201054

SKRIPSI

**DETEKSI LAHAN SUB-OPTIMAL MENGGUNAKAN ANALISIS NILAI
NDVI MUSIM KEMARAU PADA WILAYAH KECAMATAN
ARJASA, JANGKAR DAN ASEMBAGUS BERBASIS
CITRA SATELIT SENTINEL 2**

Oleh

Hadrian Reksa Belagama

NIM 151710201054

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Dr. Indarto, S.TP., DEA.

Dosen Pembimbing Anggota : Bayu Taruna W.P.STP.,M. Eng, Ph. D

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Deteksi Lahan Sub-Optimal Menggunakan Analisis Nilai NDVI Musim Kemarau pada Wilayah Kecamatan Arjasa, Jangkar dan Asembagus Berbasis Citra Satelit Sentinel 2” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 30 Oktober 2019

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Prof. Dr. Indarto, S.TP., DEA.
NIP.19700101995121001

Bayu Taruna W.P. S.TP., M. Eng., Ph. D.
NIP.198410082008121002

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota,

Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T.
NIP. 197211301999032001

Ir. Tasliman, M.Eng.
NIP. 196208051993021002

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian

Universitas Jember

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP, M.Eng.
NIP. 196809231994031009

RINGKASAN

Deteksi Lahan Sub-Optimal Menggunakan Analisis Nilai NDVI Musim Kemarau pada Wilayah Kecamatan Arjasa, Jangkar dan Asembagus Berbasis Citra Satelit Sentinel 2; Hadrian Reksa Belagama; 151710201054; 2019; 34 halaman; Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) secara luas dikenal dalam pemetaan vegetasi. NDVI dapat diperoleh dari satelit, pesawat, dan data UAV. Penelitian ini menyajikan potensi penggunaan NDVI untuk memetakan lahan sub-optimal kering di bagian timur Situbondo. Wilayah studi mencakup tiga kecamatan, yaitu, Arjasa, Asembagus dan Jangkar. Daerah tersebut merupakan wilayah tropis yang memiliki ciri khas kering tertentu dimana memiliki periode kering yang lebih lama dan curah hujan yang lebih sedikit. Rekaman citra Sentinel-2 dari 2018 hingga 2019 diunduh dan dipilih sebagai data *input* utama. Kemudian, 500 Titik kontrol (GCP) dikumpulkan selama survei lapangan. Prapengolahan data menggunakan "SNAP" dan "QGIS", keduanya merupakan aplikasi GIS dan pengolahan citra yang bersifat *open source*. Prosedur penelitian ini termasuk peningkatan gambar, registrasi, dan klasifikasi. Klasifikasi ini terdiri dari tugas-tugas pra-pemrosesan, pemrosesan, dan uji akurasi. Dalam langkah pemrosesan, Enam kelas NDVI dihitung dari setiap citra untuk mendapatkan nilai NDVI bulanan (NDVIm) untuk Mei, Juni, Juli, Agustus, September, dan Oktober. Kemudian, nilai-nilai NDVIm divisualisasikan dan dibandingkan pada setiap titik GCP. Nilai-nilai NDVIm untuk Juli, Agustus, September dan Oktober dipilih. Empat bulan ini dianggap sebagai puncak musim kemarau. Nilai NDVIm relatif konstan selama empat bulan ini. Selain itu, nilai kisaran NDVIm ditentukan untuk setiap kelas penggunaan lahan (yaitu, hutan / perkebunan, luas pemukiman, badan air, sawah irigasi, lahan pertanian non-irigasi (ladang / tegalan), dan lahan kering) berdasarkan pada pengamatan nilai NDVIm dan GCP. Tabel klasifikasi kemudian dianalisis untuk mendapatkan kisaran nilai NDVIm pada enam kelas penggunaan lahan. Akhirnya, layer NDVI rata-rata (NDVIa) dihitung dari NDVIm empat bulan dari Juli hingga oktober. Peta tematik diklasifikasikan berdasarkan layer ini (NDVIa).

SUMMARY

Detection of Sub-Optimal Land Using NDVI Value of Dry and Rainy Season Based on Sentinel 2 Satellite Imagery; Hadrian Reksa Belagama, 151710201054; 2019; 33 pages; Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, University of Jember.

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) is widely known indice for vegetation mapping. NDVI can be derived from satelittes, airbornes and UAV data. This study presents the potential use of NDVI to map dry-marginal-agricultural land in the eastern part of Situbondo. The study area covers three sub districts, i.e., Arjasa, Asembagus and Jangkar. This area is subject to specific dry-tropical region having more prolonged dry periods and less rainfall received. Sentinel-2 images recording from 2018 to 2019 are downloaded and selected as primary input data. Then, 88 Ground Point Control (GCP) are collected during the fields survey. Image treatments use “SNAP” and “QGIS”, two open soure image processing and GIS packages. The procedur include image enhancement, registration, and classification. The classification co nsits of pre-processing, processing and accuracy assesment tasks. In the processing step, Sixs (6) NDVI values are calculated from each image to obtain monthly NDVI values (NDVIm) for Mei, Juni, July, August, September and October. Then, the values of NDVIm are visualised and compared for each type of GCP. The values of NDVIm for July, August, September and Oktober are selected. These four months are considered as the peak of dry-seasons. The value of NDVIm is relatively constant during these four months. Furthermore, the range values of NDVIm are determined for each class of land uses (i.e., forest/plantation, build area, water body, irrigated paddy-field, non-irrigated agricultural land (ladang/tegalan), and dry-marginal land) based on the observation of NDVIm value and the GCP. The classification table is then analyzed to obtain a range of NDVI values in six land uses classes. Finally, average NDVI layer (NDVIa) is calculated from the four months NDVIm from July to oktober. The final thematic map is classified based on this layer (NDVIa).

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas segala rahmad dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Deteksi Lahan Sub-Optimal Menggunakan Analisis Nilai NDVI Musim Kemarau dan Penghujan pada Wilayah Kabupaten Situbondo Berbasis Citra Satelit Sentinel 2”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Indarto, S. TP., DEA. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
2. Bayu Taruna W.P S.TP., M. Eng., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
3. Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.T.P., M.Si., selaku Komisi Bimbingan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
4. Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T. selaku penguji utama dan sebagai Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
5. Ir. Tasliman, M.Eng. selaku penguji anggota Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
6. Seluruh dosen pengampu mata kuliah, terimakasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi di Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
7. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, terimakasih atas bantuan dalam mengurus administrasi dan lainnya;

8. Keluarga saya, Bapak Bambang Kusdarwanto dan Ibu Khoirul Muawannah serta adik saya Gymnastyar Alma Ghifari yang selalu memberikan semangat dan doa setiap waktu;
9. Teman-teman TEP-C 2015 dan teman seangkatan 2015 atas motivasinya untuk selalu semangat dalam menyelesaikan skripsi;
10. TIM GIS 2015 yang telah berbagi pikiran tentang skripsi ini;
11. Teman-teman HMJ IMATEKTA FTP, tempat bertemu keluarga baru dan berproses belajar *soft skill*;
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu baik tenaga maupun pikiran dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Jember, 30 Oktober 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
PERSEMBAHAN.....	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN.....	v
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Penginderaan Jauh	7
2.2 Interpretasi Citra	7
2.3 Karakteristik Sentinel-2	8
2.4 Indeks Vegetasi	10
2.5 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).....	13
2.6 Penilaian Akurasi.....	15
2.7 Penelitian Terkait	17
BAB 3. METODE PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	18
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	18
3.3 Prosedur Penelitian.....	19
3.3.1 Inventarisasi Data	19
3.3.2 Tahap <i>Pre Processing</i>	22
3.3.3 Tahap <i>Processing</i>	23
3.3.4 Uji akurasi	25
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Transformasi NDVI.....	27
4.2 Identifikasi Nilai Spektral	29
4.3 Penentuan Rentang Nilai NDVI	30
4.4 Hasil Klasifikasi Citra NDVI.....	31
4.5 Perhitungan Luas Lahan.....	35
4.6 Uji Ketepatan Interpretasi.....	36

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN.....	41



DAFTAR GAMBAR

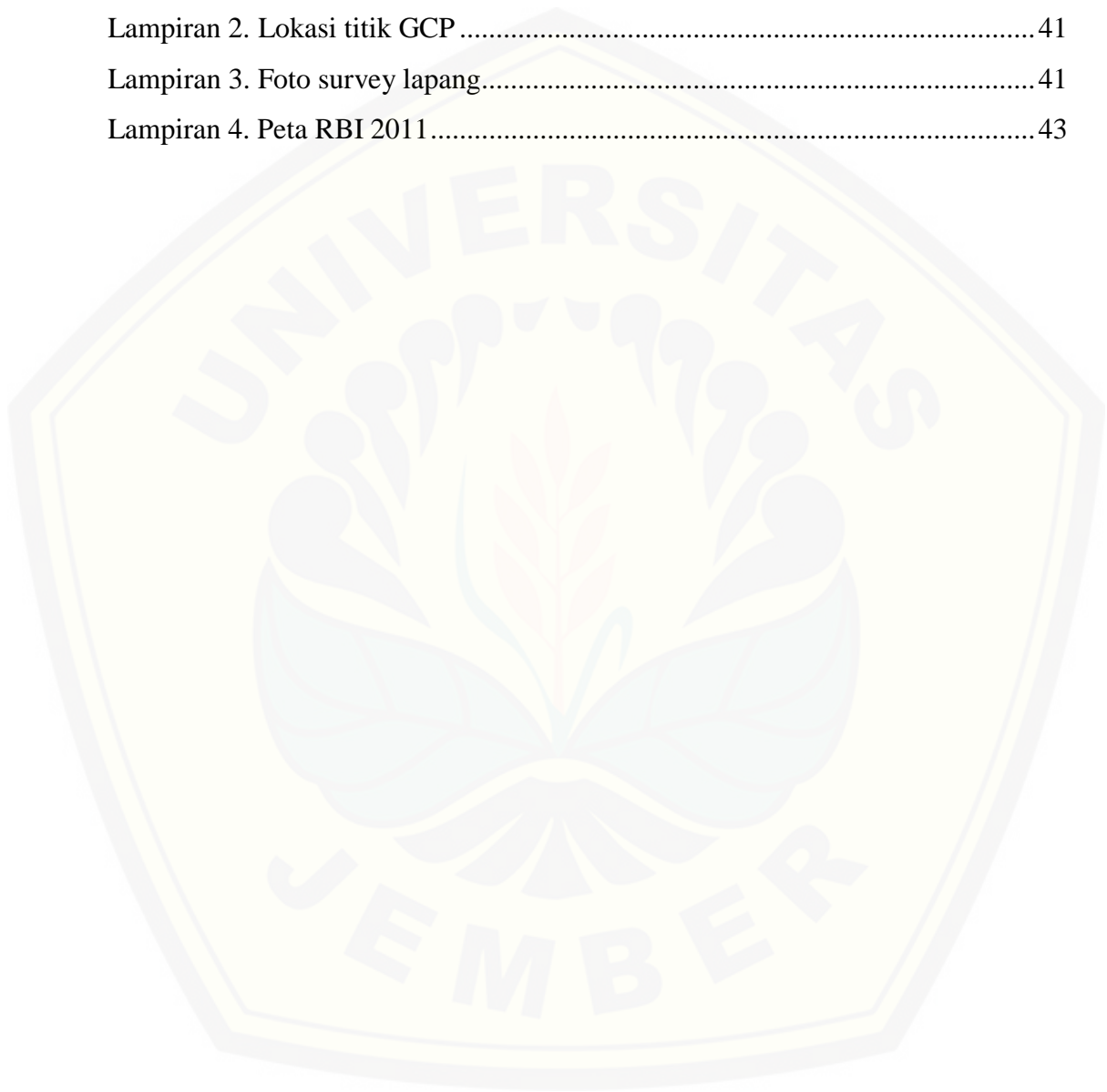
	Halaman
2.1 Pola spektral pantulan vegetasi	8
2.2 Rentang data NDVI.....	11
3.1 Lokasi penelitian	16
3.2 Diagram alir prosedur penelitian	17
3.3 Pengunduhan citra sentinel-2	18
3.4 Tutupan awan pada citra	19
3.5 Koreksi atmosferik.....	20
3.6 Proses pemotongan citra	21
3.7 Transformasi NDVI	22
3.8 Proses identifikasi nilai spektral NDVI.....	22
3.9 Proses klasifikasi.....	23
3.10 Proses perhitungan <i>value</i>	20
3.11 Proses perhitungan <i>kappa</i>	21
4.1 Tampilan citra NDVI bulan Mei-Oktober	25
4.2 Histogram NDVI bulan Mei-Oktober	26
4.3 Proses <i>overlay</i> dari keempat <i>layer</i>	29
4.4 Peta lahan sub-optimal	30
4.5 Perbandingan citra hasil klasifikasi, Citra <i>google earth</i> dan Peta RBI.....	31

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Karakteristik band citra sentinel-2	6
2.2 Fungsi <i>band</i> citra sentinel- 2	6
2.3 Tingkat kerapatan vegetasi.....	12
2.4 Pembagian obyek berdasarkan nilai NDVI.....	12
2.5 Contoh tabel matriks kesalahan	14
4.1 Nilai spektral yang telah diidentifikasi.....	27
4.2 NDVI pemukiman.....	28
4.3 Luasan lahan pada setiap kelasnya.....	33
4.4 Hasil perhitungan luas lahan dari klasifikasi NDVI	34
4.5 Hasil <i>confussion matrix</i>	35

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Titik GCP.....	39
Lampiran 2. Lokasi titik GCP.....	41
Lampiran 3. Foto survey lapang.....	41
Lampiran 4. Peta RBI 2011.....	43



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Situbondo merupakan salah satu wilayah kabupaten yang terletak di sebelah Timur wilayah Propinsi Jawa Timur. Secara geografis, wilayah Kabupaten Situbondo berada pada posisi $113^{\circ} 30'$ - $114^{\circ} 42'$ Bujur Timur dan $7^{\circ} 35'$ - $7^{\circ} 44'$ Lintang Selatan. Kabupaten Situbondo memiliki iklim tropis, dengan suhu rata-rata mencapai $25,8^{\circ}\text{C}$ – 30°C dibandingkan wilayah kabupaten lainnya. Kabupaten Situbondo pada umumnya memiliki rata-rata curah hujan antara 115,66 mm perbulan dan tergolong kering (Badan Pusat Statistik, 2016).

Akibat dari rata-rata curah hujan yang tergolong kering Kabupaten Situbondo memiliki banyak lahan sub-optimal seperti tanah tandus, tanah rusak, dan semak belukar. Lahan sub-optimal memiliki potensi pemanfaatan lebih lanjut seperti cadangan lahan pertanian dan kehutanan. Deteksi lahan sub-optimal tersebut digunakan sebagai langkah awal dalam upaya peningkatan produktivitas lahan sub-optimal. Wilayah Kecamatan Arjasa, Asembagus dan Jangkar merupakan wilayah kering-tropis tertentu yang memiliki periode kering yang lebih lama dan curah hujan yang lebih sedikit. Ciri dari lahan sub-optimal memiliki nilai indeks vegetasi yang rendah pada musim kemarau dan tinggi pada musim penghujan, hal tersebut digunakan sebagai acuan dalam ide penelitian ini untuk dijadikan sebagai sebuah peta. Indeks vegetasi merupakan metode transformasi citra berbasis data spektral yang dimanfaatkan untuk pengamatan analisis vegetasi. Metode NDVI memanfaatkan fenomena fisik pantulan gelombang cahaya yang berasal dari dedaunan sehingga memudahkan dalam mendeteksi lahan sub-optimal yang memiliki ciri-ciri tersebut (Danoedoro, 2012).

Penginderaan jauh (*remote sensing*) merupakan suatu metode untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, area atau fenomena geografis benda di permukaan bumi tanpa harus kontak langsung dengan objek yang diukur (Indarto, 2016:11). Salah satu citra satelit yang dapat digunakan untuk mendapatkan informasi indeks vegetasi adalah citra satelit sentinel-2. Satelit sentinel-2

merupakan salah satu penyedia data citra satelit yang dapat diperoleh dengan tanpa biaya, mudah diakses dan memiliki resolusi yang cukup baik.

Penelitian ini dilakukan untuk deteksi lahan sub-optimal dengan memanfaatkan nilai indeks vegetasi (NDVI) sebagai faktor klasifikasi untuk menghasilkan suatu peta lahan sub-optimal di wilayah Kecamatan Arjasa, Jangkar dan Asembagus.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut merupakan rumusan masalah dalam penelitian ini :

1. Bagaimana nilai indeks vegetasi pada wilayah Kecamatan Arjasa, Asembagus dan Jangkar Kabupaten Situbondo ?
2. Bagaimana hasil klasifikasi lahan sub-optimal menggunakan metode NDVI ?
3. Bagaimana ketelitian hasil pemetaan lahan sub-optimal setelah melalui uji akurasi?

1.3 Batasan Masalah

Berikut merupakan rumusan masalah dalam penelitian ini :

1. Wilayah penelitian ini adalah Kecamatan Arjasa, Asembagus dan Jangkar Kabupaten Situbondo.
2. Data yang digunakan adalah citra satelit sentinel 2 tahun pengambilan 2018-2019.
3. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah NDVI.

1.4 Tujuan

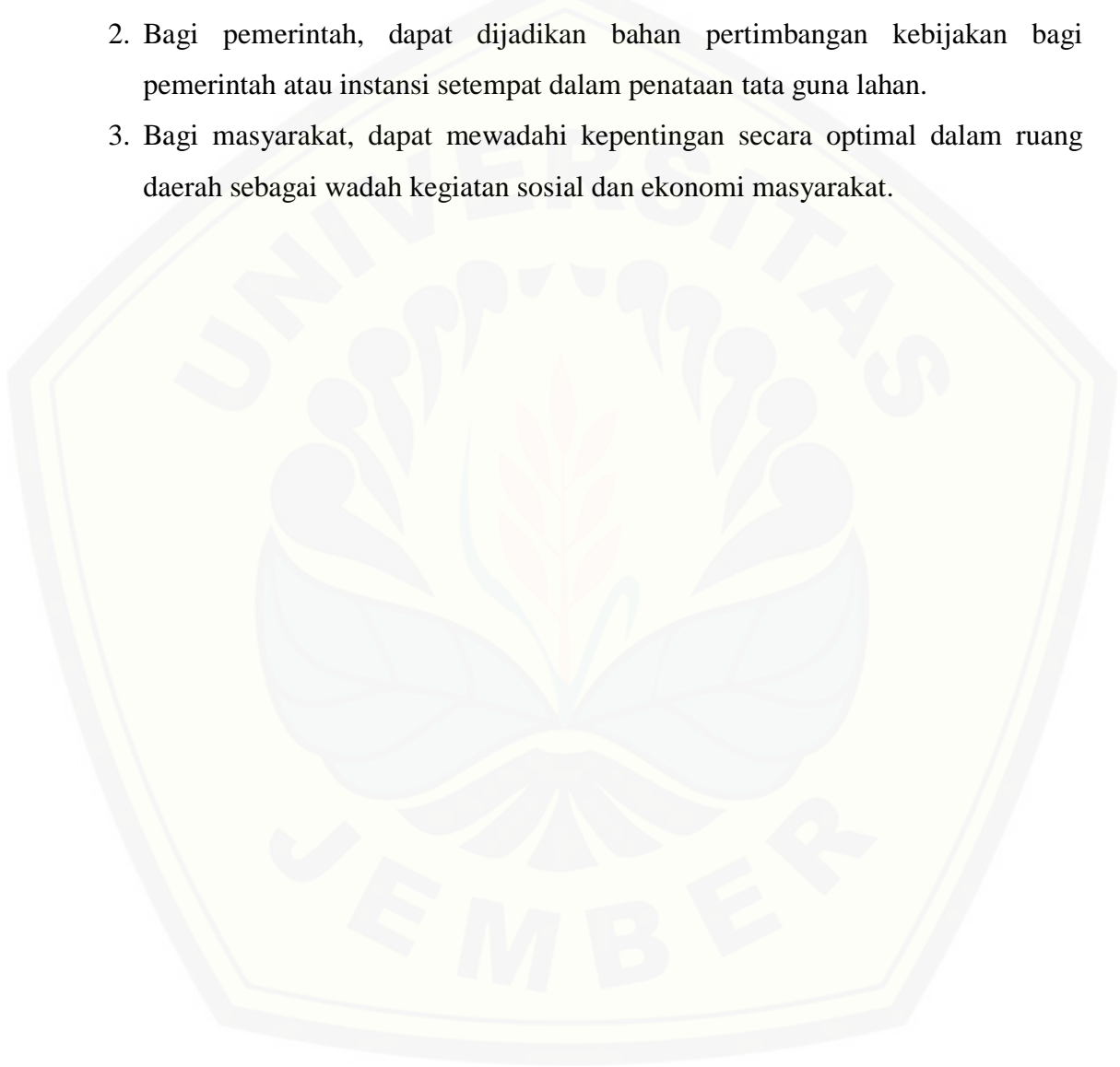
Berikut merupakan tujuan dalam penelitian ini :

1. Mengetahui rentang nilai indeks vegetasi pada tiap kelas klasifikasi
2. Mengetahui hasil klasifikasi lahan sub-optimal menggunakan metode NDVI
3. Mengetahui tingkat ketelitian pemetaan lahan sub-optimal setelah melalui uji akurasi

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi IPTEK, dapat memberikan sumber informasi terbaru mengenai pemetaan lahan sub-optimal yang ada di wilayah Kabupaten Situbondo terutama Kecamatan Arjasa, Asembagus dan Jangkar.
2. Bagi pemerintah, dapat dijadikan bahan pertimbangan kebijakan bagi pemerintah atau instansi setempat dalam penataan tata guna lahan.
3. Bagi masyarakat, dapat mewadahi kepentingan secara optimal dalam ruang daerah sebagai wadah kegiatan sosial dan ekonomi masyarakat.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lahan Sub-Optimal

Lahan sub optimal dapat diartikan sebagai lahan yang secara alamiah mempunyai produktivitas rendah disebabkan oleh faktor internal (intrinsik) seperti bahan induk, sifat fisik, kimia dan biologi tanah dan faktor eksternal seperti curah hujan dan suhu ekstrim (Las, I. dan Mulyani, 2012).

Untuk mengetahui karakteristik dan sebaran lahan sub optimal, telah dilakukan analisis terhadap data sumberdaya lahan eksplorasi yang mencakup seluruh Indonesia pada skala 1:1.000.000 (Puslitbangtanak, 2000), data tanah tinjau skala 1:250.000 (BBSDLP, 2012) dan data tipe iklim Indonesia (Balitklimat, 2003). Dari ketiga sumber data tersebut, beberapa karakteristik tanah dan iklim dijadikan pembeda dalam penentuan kelompok lahan sub optimal, yaitu nama jenis tanah dan pencirinya pada tingkat great group, bahan induk, fisiografi, landform, regim kelembaban, dan iklim (curah hujan). Berdasarkan karakteristik dan penciri dari masing-masing tipologi lahan, maka lahan sub optimal dapat dipilah menjadi lahan kering dan lahan basah. Lahan kering dikelompokkan lebih lanjut menjadi lahan kering masam dan lahan kering beriklim kering, sedangkan lahan basah dikelompokkan menjadi lahan rawa pasang surut, lahan rawa lebak, dan gambut. Selain kelima tipologi lahan tersebut, akan termasuk menjadi lahan optimal (subur), yaitu lahan kering dan lahan basah yang tidak masam (termasuk sebagian besar lahan sawah eksisting). Karakteristik masing-masing tipologi lahan sub optimal sebagai berikut (Mulyani dan Sarwani, 2013):

1. Lahan Kering Masam

Lahan kering masam adalah lahan kering yang mempunyai reaksi tanah masam dengan $\text{pH} < 5$. Dalam klasifikasi tanah skala 1:1.000.000, lahan kering masam ini dijumpai pada ordo tanah yang telah mengalami perkembangan tanah lanjut atau tanah muda atau baru berkembang atau tanah dari bahan induk sedimen dan volkan tua, dan atau tanah lainnya dengan kejenuhan basa rendah $< 50\%$ (dystrik) dan regim kelembaban tanah udik atau curah hujan > 2.000 mm per tahun. Curah hujan berkorelasi dengan kemasaman tanah, makin tinggi curah hujan makin tinggi

tingkat pelapukan tanah. Tanah yang terbentuk di daerah iklim tropika basah (humid), proses hancuran iklim (pelapukan) dan pencucian hara (basa-basa) sangat intensif, akibatnya tanah menjadi masam dengan kejenuhanbasa rendah dan kejenuhan aluminium tinggi (Subagyo et al. 2000). Tanah di lahan kering yang beriklim basah umumnya termasuk pada tanah Podsolik Merah Kuning atau termasuk pada Ultisols, Oxisols, dan Inceptisols. Secara umum lahan kering masam ini mempunyai tingkat kesuburan dan produktivitas lahan rendah. Untuk mencapai produktivitas optimal diperlukan input yang cukup tinggi.

2. Lahan Kering Iklim Kering

Lahan kering iklim kering adalah lahan kering yang mempunyai regim kelembaban tanah ustik dan atau termasuk pada iklim kering dengan jumlah curah hujan < 2.000 mm per tahun dan bulan kering > 7 bulan (< 100 mm per bulan) (Balitklimat, 2003). Kebalikan dengan di lahan kering masam, pelapukan dan hancuran batuan induk tanah tidak seintensif di wilayah beriklim basah, akibatnya pembentukan tanah terhambat dan solum tanah dangkal, berbatu dan banyak ditemukan sungkapan batuan. Bahan induk yang banyak ditemukan adalah batu kapur, batu gamping, sedimen dan volkanik. Pencucian basa-basa rendah, sehingga umumnya kejenuhan basa > 50% (eutrik), pH tanah netral dan cenderung agak alkalis, dan secara umum mempunyai tingkat kesuburan lebih baik daripada lahan kering masam. Tanah yang umum ditemukan adalah Alfisols, Mollisols, Entisols, Vertisols. Permasalahan yang umum terjadi adalah kelangkaan sumberdaya air, karena rendahnya curah hujan, sehingga jenis tanaman dan indeks pertanaman lebih terbatas.

3. Lahan Rawa Pasang Surut

Lahan rawa adalah lahan yang sepanjang tahun atau selama waktu yang panjang dalam setahun, selalu jenuh air atau tergenang (Subagyo, 2006). Sedangkan lahan rawa pasang surut adalah lahan rawa yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut, terletak dekat pantai, sebagian besar berupa tanah mineral dan sebagian lagi berupa gambut. Dari klasifikasi tanah, lahan rawa pasang surut dicirikan dengan adanya kondisi aquik (jenuh air) dan mempunyai bahan sulfidik (besi sulfida) yang lebih dikenal dengan pirit, umumnya bereaksi masam ekstrim (pH < 4) sehingga sering disebut tanah sulfat masam (Subagyo, 2006). Klasifikasi tanahnya termasuk pada

Sulfaquents, Sulfic Endoaquents, Sulfic Fluvaquents, Sulfic Hydraquents, Sulfaquepts, Sulfic Endoaquepts. Sedangkan wilayah yang dekat dengan laut dipengaruhi oleh garam (salinitas) atau dikenal dengan payau sehingga pH tanah netral atau agak alkalis (pH 6,5-7,5), diklasifikasikan sebagai Halaquents atau Halaquepts. Lahan ini umumnya mempunyai tingkat kesuburan dan produktivitas rendah sehingga untuk pengembangan pertanian diperlukan input teknologi seperti variets yang tahan masam dan genangan, tahan salinitas tinggi, dan diperlukan drainase dan tata air mikro.

4. Lahan Rawa Lebak

Lahan rawa lebak adalah lahan rawa yang tidak terpengaruh oleh pasang surut (rawa non pasang surut), tetapi dipengaruhi oleh sungai yang sangat dominan, yaitu berupa banjir besar yang secara periodik minimal 3 bulan menggenangi wilayah setinggi 50 cm (Subagyo, 2006). Rawa lebak umumnya terletak pada kiri kanan sungai dan berada lebih ke dalam dari dataran pantai ke arah hulu sungai. Selama musim hujan, rawa lebak selalu digenangi air kemudian secara berangsur-angsur air akan surut sejalan dengan perubahan musim hujan ke musim kemarau. Lebak dikelompokkan lebih lanjut berdasarkan tinggi genangan dan lama genangan menjadi lebak dangkal (tinggi genangan < 50 cm, lama genangan < 3 bulan), lebak menengah (50-100 cm, 3-6 bulan), dan lebak dalam (> 100 cm, > 3-6 bulan) (Subagyo, 2006) Jenis komoditas dan indeks pertanaman di lahan rawa lebak ini sangat tergantung dari jenis lebak, dengan tingkat kesuburan sedang karena ada pengkayaan hara dari luapan sungai.

5. Lahan Gambut

Lahan gambut adalah lahan yang terbentuk dari bahan tanah organik dengan kandungan C-organik > 12% berat jika kandungan liat 0% atau >18% berat jika kandungan liat 60% atau lebih, dengan kedalaman > 60 cm. Menurut klasifikasi tanah dikelompokkan sebagai tanah organik atau Histosols atau Organosol (Subagyo et al, 2000). Tanah gambut mempunyai kandungan C-organik berkisar antara 18-60%, berat isi 0,03-0,3 g cm⁻³, sebaran karbon di seluruh penampang sampai dasar tanah mineral, bersifat mudah terbakar dan tidak balik (irreversible) apabila sudah didrainase. Reaksi tanah gambut di seluruh lapisan sangat masam

(pH rata-rata 4), kahat hara, sehingga produktivitas rendah dan perlu pengaturan drainase dan tata air mikro apabila akan dimanfaatkan untuk pertanian. Oleh karena itu, seluruh lahan gambut dengan kematangan saprik, hemik dan fibrik, serta berbagai kedalaman dimasukkan menjadi lahan sub optimal.

2.2 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh (*remote sensing*) merupakan suatu metode untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, area atau fenomena geografis benda di permukaan bumi tanpa harus kontak langsung dengan objek yang diukur (Indarto, 2016: 11). Proses yang terjadi pada penginderaan jauh melibatkan interaksi antara radiasi sinar matahari dan objek yang menjadi target di permukaan bumi. Sumber energi matahari dibutuhkan untuk mendapatkan energi elektromagnetik yang dipancarkan pada objek di bumi. Ketika energi terpancar akan terjadi interaksi dengan atmosfer bumi, interaksi ini membutuhkan waktu dalam hitungan detik agar energi sampai ke objek. Sekali energi matahari sampai ke target, energi tersebut akan berinteraksi tergantung pada karakteristik target dan radiasi (Indarto, 2014:9).

Setelah energi diteruskan dari objek, dibutuhkan suatu sensor (yang tidak berhubungan langsung dengan objek) untuk mengumpulkan dan menyimpan radiasi elektromagnetik. Energi yang diterima oleh sensor kemudian diteruskan, umumnya dalam bentuk elektronik ke stasiun penerima di bumi, di mana data kemudian diolah dan diubah menjadi citra satelit (baik dalam bentuk visual maupun digital (Indarto, 2014). Salah satu implementasi pada penginderaan jauh adalah pemantauan cuaca bumi. Dalam hal ini, target permukaan bumi, yang melepaskan energi dalam bentuk radiasi infra merah atau energi panas. Energi merambat melalui atmosfer dan ruang angkasa untuk mencapai sensor, yang berada pada platform satelit. Beberapa level energi kemudian dicatat, dikirimkan ke stasiun penerima di bumi, dan di ubah menjadi citra (Arief et al, 2009).

2.3 Interpretasi Citra

Interpretasi citra adalah kegiatan mengidentifikasi obyek melalui citra penginderaan jauh. Interpretasi citra penginderaan jauh dapat dilakukan dengan dua

cara, yaitu interpretasi citra secara manual dan interpretasi citra secara digital (Purwadhi dan Sanjoto, 2008).

1. Interpretasi data citra secara manual, merupakan suatu cara mengidentifikasi obyek terhadap citra fotografi dan non-fotografi yang telah dikonversi kedalam bentuk foto atau citra. Interpretasi secara manual terhadap citra penginderaan jauh yang sudah terkoreksi, baik secara terkoreksi secara radiometrik maupun geometrik, sehingga pengguna hanya melakukan identifikasi obyek yang tergambar pada citra.
2. Interpretasi citra secara digital, merupakan suatu cara mengidentifikasi obyek dengan bantuan komputer, sehingga pengguna dapat melakukan mulai dari pengolahan, penajaman, hingga klasifikasi citra sesuai yang dikaji. Interpretasi citra penginderaan jauh dapat juga menggunakan data citra yang sudah terkoreksi.

2.4 Karakteristik Sentinel-2

Sentinel 2 merupakan salah satu satelit penginderaan jauh dengan sensor pasif buatan eropa *multispectral Instrument* (MSI) yang mempunyai 13 *band* spektral: 4 *band* (*Band 2, Band 3, Band 4, and Band 8*) dengan resolusi 10m (*bandingkan dengan pankromatik Landsat 15m*), enam *band* (*Band 5, Band 6, Band 7, Band 8a, Band 11, and Band 12*) dengan resolusi spasial 20 meter dan tiga *band* (*Band 1, Band 9, and Band 10*) dengan resolusi spasial 60m. Sentinel -2. Tujuan dari sentinel 2 menyajikan data untuk kepentingan monitoring lahan, dan merupakan data dasar untuk penggunaan pada beragam aplikasi, mulai dari pertanian sampai perhutanan, dari *monitoring* lingkungan sampai dengan perencanaan perkotaan, deteksi perubahan tutupan lahan, penggunaan lahan, pemetaan risiko bencana serta beragam aplikasi lainnya. Karakteristik *band* citra sentinel -2 ditunjukkan pada Tabel 2.1. Sedangkan fungsi *band* citra sentinel -2 ditunjukkan pada Tabel 2.2 (ESA, 2015).

Tabel 2.1 Karakteristik *band* citra sentinel -2

No	Saluran	Panjang gelombang	Resolusi Spasial(m)
1	<i>Band 1-Coastal Aerosol</i>	0,433-0,453	60
2	<i>Band 2-Blue</i>	0,458- 0,523	10
3	<i>Band 3- Green</i>	0,543-0,578	10

No	Saluran	Panjang gelombang	Resolusi Spasial(m)
4	<i>Band 4-Red</i>	0,650- 0,680	10
5	<i>Band 5-Red-edge 1</i>	0,698- 0,713	20
6	<i>Band 6-Red-edge 2</i>	0,733-0,748	20
7	<i>Band 7-Red-edge 3</i>	0,765- 0,785	20
8	<i>Band 8- Near Infared (NIR)</i>	0,785- 0,900	10
9	<i>Band 8A- NIR Narrow</i>	0,855- 0,875	20
10	<i>Band 9- Water Vapour</i>	0,930- 0,950	60
11	<i>Band 10- Cirrus</i>	1,365- 1,385	60
12	<i>Band 11- SWIR 1</i>	1,565- 1,655	20
13	<i>Band 12-SWIR 2</i>	2,100- 2,280	20

(Sumber : ESA, 2015)

Tabel 2.2 Fungsi *band* citra Sentinel 2

No	Saluran	Kegunaan
1	<i>Band 1-Coastal Aerosol</i>	Studi pesisir dan aerosol
2	<i>Band 2-Blue</i>	Melihat fitu permukaan air/kolom air dangkal,batimetri
3	<i>Band 3- Green</i>	Studi vegetasi di laut dan di darat serta sedimen
4	<i>Band 4-Red</i>	Membedakan mineral dan tanah (studi geoglogi)/lereng vegetasi
5	<i>Band 5-Red-edge 1</i>	Vegetasi spektral untuk menilai status vegetasi
6	<i>Band 6-Red-edge 2</i>	Vegetasi spektral untuk menilai status vegetasi
7	<i>Band 7-Red-edge 3</i>	Vegetasi spektral untuk menilai status vegetasi
8	<i>Band 8- Near Infared(NIR)</i>	Studi konten biomassa dan garis pantai
9	<i>Band 8A- NIR Narrow</i>	Vegetasi spektral untuk menilai status vegetasi
10	<i>Band 9- Water Vapour</i>	Studi deteksi uap air
11	<i>Band 10- Cirrus</i>	Peningkatan deteksi kontaminasi awan cirrus
12	<i>Band 11- SWIR 1</i>	Studi deteksi kandungan air tanah dan vegetasi
13	<i>Band 12-SWIR 2</i>	Studi deteksi kandungan air tanah dan vegetasi

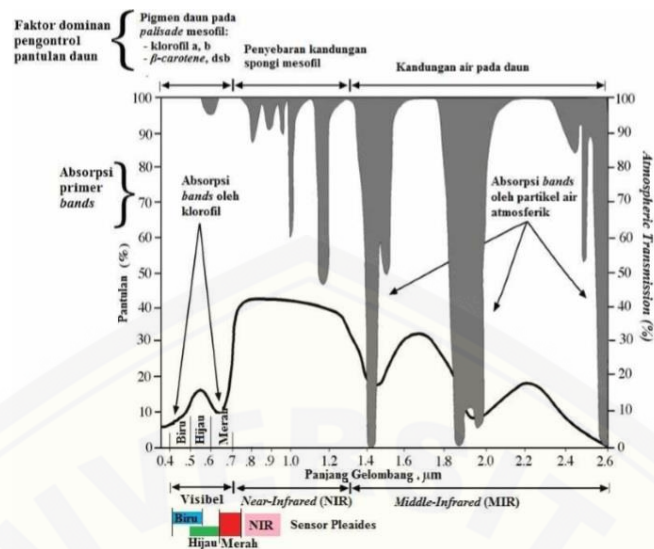
(Sumber : ESA, 2015)

Sentinel-2 *multi-spectral instrument* (MSI) memiliki 13 *band* spektral yang membentang dari yang terlihat dan *visible and near infrared* (VNIR) ke *short-wave infrared* (SWIR), dimana citra ini menampilkan empat *band* spektral di 10 m yaitu biru klasik (490 nm), hijau (560 nm), merah (665 nm) dan inframerah dekat (842 nm); enam *band* di 20 m yaitu empat *band* di vegetasi 24 spektral (705 nm, 740 nm, 783 nm dan 865 nm) dan dua *band* SWIR besar (1.610 nm dan 2190 nm); dan tiga *band* pada resolusi spasial 60 m yaitu didedikasikan untuk koreksi atmosfer dan *screening* awan (443 nm untuk pengambilan aerosol, 945 nm untuk pengambilan uap air dan 1380 nm untuk deteksi awan cirrus). Konfigurasi ini, terpilih sebagai kompromi terbaik dari segi kebutuhan pengguna dan kinerja misi, serta biaya dan risiko, tambahan domain spektral (merah) memungkinkan menilai status vegetasi, dan *band* khusus untuk koreksi awan *cirrus* pada atmosfer. Selain itu satelit ini memiliki waktu pengamatan rata-rata per orbit adalah 17 menit (ESA, 2015).

2.5 Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi adalah besaran nilai kehijauan vegetasi yang diperoleh dari pengolahan sinyal *digital* data nilai kecerahan (*brightness*) beberapa *band* data sensor satelit. Untuk pemantauan vegetasi, dilakukan proses perbandingan antara tingkat kecerahan *band* cahaya merah (*red*) dan kanal cahaya inframerah dekat *near infrared* (Fadhly, 2011). Fenomena penyerapan cahaya merah oleh klorofil dan pemantulan cahaya infra merah dekat oleh jaringan mesofil yang terdapat pada daun akan membuat nilai kecerahan yang diterima sensor satelit pada *band-band* tersebut akan jauh berbeda. Pada daratan yang tidak bervegetasi, termasuk diantaranya wilayah perairan, pemukiman penduduk, tanah kosong terbuka, dan wilayah dengan kondisi vegetasi yang rusak, tidak akan menunjukkan nilai rasio yang tinggi (minimum). Sebaliknya pada wilayah bervegetasi sangat rapat, dengan kondisi sehat, perbandingan kedua *band* tersebut akan sangat tinggi (maksimum) (Fadhly, 2011).

Pengenalan pola pantulan vegetasi terhadap spektrum tertentu sangat membantu dalam pengenalan suatu objek vegetasi. Nilai pantulan yang tinggi untuk spektral vegetasi terbentuk pada spektrum inframerah-dekat (*near infrared*). Hal ini dipengaruhi oleh struktur internal daun. Kondisi sebaliknya terjadi pada spektrum cahaya tampak/*visible* (merah, hijau, biru), karena absorpsi oleh vegetasi dipengaruhi oleh pigmen daun (klorofil, karotin, dan xantofil). Namun demikian, dalam spektrum hijau terjadi sedikit kenaikan nilai pantulan disebabkan oleh pigmen daun yang hijau. Komposit warna semu citra satelit dengan sistem RGB (*red-green-blue*) dilakukan dengan memasukkan spektrum inframerah-dekat ke R (*red*), spektrum merah ke G (*green*) dan spektrum hijau ke B (*blue*) (Jensen, 1995). Pola spektral pantulan vegetasi ditunjukkan pada Gambar 2.2 sebagai berikut.



Gambar 2.1 Pola spektral pantulan vegetasi (Jensen, 1995 dengan modifikasi)

Dalam sistem penginderaan jauh, kerapatan vegetasi diperoleh dengan menggunakan suatu algoritma indeks vegetasi (Danoedoro, 2012). Indeks vegetasi dibuat dengan membentuk kombinasi beberapa spektral kanal/*band*, dengan menggunakan operasi penambahan, pembagian, perkalian antara *band* yang satu dengan yang lain untuk mendapatkan suatu nilai yang bisa mencerminkan kelimpahan atau kesehatan vegetasi. Indeks vegetasi merupakan persentase pemantulan radiasi matahari oleh permukaan daun yang berkorelasi dengan konsentrasi klorofil. Banyaknya konsentrasi klorofil yang dikandung oleh suatu permukaan vegetasi, khususnya daun menunjukkan tingkat kehijauan vegetasi tersebut. Berikut beberapa metode dalam indeks vegetasi (Danoedoro, 2012).

1. *Ratio Vegetation Index* – RVI

Merupakan indeks vegetasi pertama yang dideskripsikan oleh Jordan (1969) dalam (Danoedoro, 2012) yang disebut sebagai *Simple Ratio* (SR), dimana dalam penginderaan jauh digunakan untuk menghilangkan pengaruh albedo. RVI banyak digunakan untuk menunjukkan komponen vegetasi, dimana saluran merah sebagai pembagi dan saluran inframerah dekat yang dibagi. Jika pembagi semakin kecil maka hasilnya akan lebih besar yang menandakan jumlah vegetasi meningkat. Rentang nilai RVI bervariasi dari 0 – 20. RVI dapat dihitung dengan persamaan 2.1.

$$RVI = \frac{NIR}{Red} \dots\dots\dots(2.1)$$

2. *Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI

Merupakan indeks vegetasi yang paling sering digunakan. Perbedaan antara saluran inframerah dekat dan merah dibagi dengan jumlah keduanya. Hal ini bertujuan untuk membatasi jika ada jumlah pantulan yang berlebih. Rentang nilai NDVI adalah -1 sampai 1 tetapi pada kenyataannya nilai NDVI memiliki rentang 0 – 1 kecuali jika ada tubuh air. Nilai 0.1 adalah tanah terbuka dan nilai 0.9 adalah vegetasi yang lebat. NDVI lebih sensitif pada vegetasi yang cenderung jarang dan RVI cenderung sensitif pada vegetasi yang rapat. NDVI dapat dihitung dengan persamaan 2.2.

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \dots\dots\dots(2.2)$$

3. *Infrared Percentage Vegetation Index* – IPVI

Dalam (Danoedoro, 2012) Crippen et al., (1991) menemukan bahwa pengurangan pada NDVI tidak relevan, dan menawarkan indeks ini untuk meningkatkan kalkulasi indeks vegetasi. Rentang nilai IPVI hanya 0 – 1 berbeda dengan NDVI yang berentang -1 sampai 1. Indeks ini bertujuan menghilangkan nilai negatif dari NDVI. IPVI dan NDVI secara fungsi adalah sama. IPVI dapat dihitung dengan persamaan 2.3.

$$IPVI = \frac{NIR}{NIR + Red} \dots\dots\dots(2.3)$$

4. *Soil Adjusted Vegetation Index* – SAVI

Indeks vegetasi ini dibuat oleh Huete (1988) dalam (Danoedoro, 2012) yang didasarkan oleh pengukuran kapas dan berbagai macam tutupan rumput dengan tanah gelap dan cerah sebagai latar belakang, dan nilai L ditemukan dengan *trial and error* sampai nilai faktor ditemukan yang sama pada nilai indeks vegetasi berdasarkan tanah gelap dan tanah cerah. Rentang nilai berkisar antara – 1 sampai 1. Dimana nilai L memiliki rentang 0 untuk vegetasi yang sangat rapat dan 1 untuk tutupan vegetasi yang rendah. Nilai 0,5 merupakan nilai yang sering dipakai. SAVI dapat dihitung dengan persamaan 2.4

$$\text{SAVI} = \frac{\text{NIR} - \text{Red}}{\text{NIR} + \text{Red} + \text{L}} \times (1 + \text{L}) \dots\dots\dots(2.4)$$

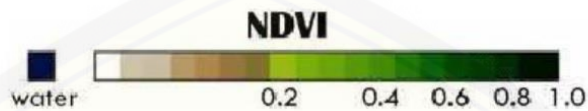
2.6 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

NDVI (*normalized difference vegetation index*) adalah perhitungan citra yang digunakan untuk mengetahui tingkat kehijauan, yang sangat baik sebagai awal dari pembagian daerah vegetasi. NDVI dapat menunjukkan parameter yang berhubungan dengan parameter vegetasi, antara lain, biomassa dedaunan hijau, daerah dedaunan hijau yang merupakan nilai yang dapat diperkirakan untuk pembagian vegetasi (Febrianti dan Parwati, 2014).

Hasil penisbahan antara *band* merah dan *band* infra-merah menghasilkan perbedaan yang maksimum antara vegetasi dan tanah. Nilai-nilai yang dihasilkan NDVI selalu berkisar antara -1 hingga +1 (Danoedoro, 2012). Nilai-nilai asli antara -1 hingga +1 hasil dari transformasi NDVI ini mempunyai presentasi yang berbeda pada penggunaan lahanya. Nilai-nilai NDVI disekitar 0.0 biasanya mempresentasikan penggunaan lahan yang mengandung unsur vegetasi sedikit sampai tidak mempunyai vegetasi sama sekali. NDVI ini merupakan nilai yang diperoleh dari gabungan beberapa spektral *band* spesifik dari citra penginderaan jauh. Gelombang indeks vegetasi diperoleh dari energi yang dipancarkan oleh vegetasi pada citra penginderaan jauh untuk menunjukkan ukuran kehidupan dan jumlah dari suatu tanaman (Menteri Kehutanan Republik Indonesia, 2012).

Pada tumbuhan sehat, pemantulan cahaya infra merah dekat (*near infrared*) akan terjadi secara signifikan pada rentang spektrum antara 0.7 μm hingga 1.2 μm . Hanya sedikit energi Infrared ini yang terserap oleh struktur daun. Sebagian besar akan terhamburkan ke atas (*reflected energy*) dan ke bawah daun (*transmitted energy*). Pada daun yang sehat umumnya mempunyai pemantulan cahaya sebesar 40% - 60%, transmisi cahaya sebesar 40% - 60%, dan penyerapan relatif sebesar 5% - 10%. Prosentase refleksi cahaya inframerah dekat (0.7-1.2 μm) oleh daun disebabkan karena penghamburan internal pada sisi dinding sel dalam daun. Namun, besar prosentasi releksi ini berkurang pada rentang frekuensi 0.92-0.98 μm .

Hal ini disebabkan karena uap air mempunyai karakteristik penyerapan cahaya pada rentang frekuensi tersebut. Oleh karena itu, rentang sepektrum cahaya inframerah dekat yang optimal digunakan oleh aplikasi penginderaan jarak jauh berkisar antara 0.74 μm hingga 0.9 μm saja. Berikut merupakan rentang data NDVI pada Gambar 2.3.



Gambar 2.2 Rentang data NDVI

Menurut (Danoedoro, 2012) citra normalisasi menggunakan data *channel* 1 dan *channel* 2. *Channel* 1 terdapat dalam bagian dari spektrum dimana klorofil menyebabkan adanya penyerapan terhadap radiasi cahaya yang datang yang dilakukan saat fotosintesis, sedangkan *channel* 2 terdapat dalam daerah spektral dimana struktur daun *spongy mesophyll* menyebabkan adanya pantulan terhadap radiasi cahaya. Perbedaan respon dari kedua *channel* ini dapat diketahui dengan transformasi rasio perbandingan satu *channel* dengan *channel* yang lain.

Perbandingan antara kedua *channel* adalah pertimbangan yang digunakan untuk mengurangi variasi yang disebabkan oleh topografi dari permukaan bumi. Hal ini merupakan kompensasi dari variasi pancaran sebagai fungsi dari elevasi matahari untuk daerah yang berbeda dalam sebuah citra satelit. Perbandingan ini tidak menghilangkan efek *additive* yang disebabkan oleh *atmospheric attenuation*, tetapi komponen dasar untuk NDVI dan vegetasi saling berhubungan. Latar belakang daratan berfungsi sebagai pemantul sinyal yang terpisah dari vegetasi, dan berinteraksi dengan vegetasi melalui hamburan yang sangat banyak dari energi radiasi. Tingkat kerapatan vegetasi ditunjukkan pada Tabel 2.3 sebagai berikut.

Tabel 2.3 Tingkat kerapatan vegetasi

Kelas	Nilai NDVI	Tingkat Kerapatan
1	-1 sampai 0,32	Jarang
2	0,32 sampai 0,42	Sedang
3	0,42 sampai 1	Tinggi

Sumber : (Departemen Kehutanan, 2013)

Menghitung perbandingan sifat respon objek terhadap pantulan sinar merah dan NIR dapat menghasilkan nilai dengan karakteristik khas yang dapat digunakan

untuk memperkirakan kerapatan atau kondisi kanopi/kehijauan tanaman pada suatu wilayah. Tanaman yang sehat umumnya memiliki warna hijau hal ini akan berbanding lurus dengan nilai indeks vegetasi yang tinggi. Disebabkan oleh hubungan terbalik antara intensitas yang dipantulkan vegetasi pada spektral sinar merah dan NIR. Pembagian obyek berdasarkan nilai NDVI ditunjukkan pada Tabel 2.4 sebagai berikut.

Tabel 2.4 Pembagian obyek berdasarkan nilai NDVI

No	Daerah Pembagian	Nilai NDVI
1	Awan es, awan air, salju	<0
2	Batuan dan lahan kosong	0-0,1
3	Padang rumput dan semak belukar	0,2-0,3
4	Hutan daerah hangat dan hutan hujan tropis	0,4-0,8

Sumber : (Wikan, 2015)

Rentang nilai NDVI adalah antara -1,0 hingga +1,0. Nilai yang lebih besar dari 0.1 biasanya menandakan peningkatan derajat kehijauan dan intensitas dari vegetasi. Nilai diantara 0 dan 0,1 umumnya merupakan karakteristik dari bebatuan dan lahan kosong, dan nilai yang kurang dari 0 kemungkinan mengindikasikan awan es, awan uap air dan salju. Permukaan vegetasi memiliki rentang nilai NDVI 0.1 untuk lahan *savanna* (padang rumput) hingga 0.8 untuk daerah hutan hujan tropis. Manfaat dari NDVI diantaranya analisis kerapatan vegetasi, mengetahui tumbuh sehatnya vegetasi, analisis tutupan lahan, analisis RTH, analisis sebaran vegetasi dan analisis hidrograf (Wikan, 2015).

2.7 Penilaian Akurasi

Penilaian uji akurasi dilakukan untuk memperoleh informasi dari tingkat ketelitian suatu hasil klasifikasi. ketelitian suatu hasil klasifikasi. Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk mengetahui tingkat akurasi suatu tutupan lahan adalah menggunakan matriks kesalahan atau matriks *kontingensi* (*confusion matrix*). Penilaian akurasi yang dianjurkan menurut (Jaya, 2010) adalah akurasi *kappa* (*kappa accuracy*), hal ini dikarenakan perhitungan pada akurasi *kappa* memperhitungkan hampir semua bagian yang terdapat dalam matriks. Pada akurasi *kappa* ada dua penduga dari ketelitian keseluruhan yaitu *producer's accuracy* dan

user's accuracy. *Producer's accuracy* atau yang sering dikenal dengan akurasi pembuat merupakan peluang rata-rata (%) dari suatu piksel yang dapat diklasifikasikan dengan benar, yang dimana hal tersebut dapat menunjukkan seberapa bagus setiap kategori telah diklasifikasi. Akurasi pembuat merupakan akurasi yang didapatkan dengan membagi piksel yang tergolong benar dengan jumlah seluruh piksel pada *training area* per kategori.

Pada tahap penilaian akurasi akan terjadi kesalahan *omisi*, maka dari itu *producer's accuracy* juga diartikan dengan istilah *omission error*. Kesalahan *omisi* merupakan kesalahan yang didapat dari proses klasifikasi yang berupa kurangnya jumlah piksel dari suatu kategori, hal ini dikarenakan masuknya piksel-piksel kategori tersebut ke dalam kategori yang lain. *User's accuracy* atau yang sering dikenal dengan akurasi pengguna merupakan peluang rata-rata (%) yang menyatakan bahwa suatu piksel dari citra hasil klasifikasi secara aktual dapat mewakili kategori-kategori sesuai dengan data di lapangan, yang dimana perhitungannya menggunakan jumlah piksel yang benar dibagi dengan jumlah total keseluruhan piksel yang ada di dalam kolom yang dikenal dengan *commission error*, perhitungan ini dapat menyatakan bahwa rata-rata dari setiap kesalahan klasifikasi diakibatkan oleh lebihnya jumlah piksel pada suatu kategori yang mengakibatkan masuknya piksel dari kategori lainnya (Venus, 2008). Pada penilaian akurasi ada syarat kriteria utama bagi sistem klasifikasi penutupan lahan dari citra satelit, menurut (LAPAN, 2015) yang menjadi pedoman pengolahan data satelit yaitu tingkat penilaian ketelitian klasifikasi yang digunakan harus tidak kurang dari 75%. Cara membuat *confussion matrix* (matriks kontingensi) pada setiap bentuk tutupan lahan dari hasil interpretasi akan dijelaskan seperti pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Contoh tabel matriks kesalahan

Data Referensi	Diklasifikasi ke kelas							Jumlah
	1	2	3	4	5	6	7	
1	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X1+
2	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27	X2+
3	X31	X32	X33	X34	X35	X36	X37	X3+
4	X41	X42	X43	X44	X45	X46	X47	X4+
5	X51	X52	X53	X54	X55	X56	X57	X5+

Data Referensi	Diklasifikasi ke kelas							Jumlah
6	X61	X62	X63	X64	X65	X66	X67	X6+
7	X71	X72	X73	X74	X75	X76	X77	X7+
Jumlah	X+1	X+2	X+3	X+4	X+5	X+6	X+7	N

Sumber : (Pertiwi, 2014)

Secara matematis akurasi di atas dapat dinyatakan Persamaan 2.5 dan 2.6 sebagai berikut.

$$User's\ accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

$$Overall\ accuracy = \frac{\sum_i X_{ii}}{N} \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

Menurut Jaya (2010) saat ini akurasi yang dianjurkan adalah akurasi *kappa*, karena *overall accuracy* secara umum masih *over estimate*. Akurasi *kappa* sering juga disebut dengan indeks *kappa*. Apabila hasil uji akurasi *kappa* diperoleh nilai (<85%) maka hasil tersebut tidak memenuhi syarat (US. Geological Survey, 2019).
 .Akurasi *kappa* dapat dihitung dengan Persamaan 2.7.

$$Kappa\ accuracy = \frac{N \sum_i X_{ii} - \sum_i X_{i+}X_{+i}}{N^2 - \sum_i X_{i+}X_{+i}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

- N = banyaknya *pixel* dalam contoh
- X = nilai diagonal dari matriks kontingensi baris ke-i dan Kolom ke-i
- X_{ii} = jumlah *pixel* dalam baris ke-i
- X_{i+} = jumlah *pixel* dalam kolom ke-i
- X_{+i} = jumlah *pixel* dalam kolom ke-i

2.8 Penelitian Terkait

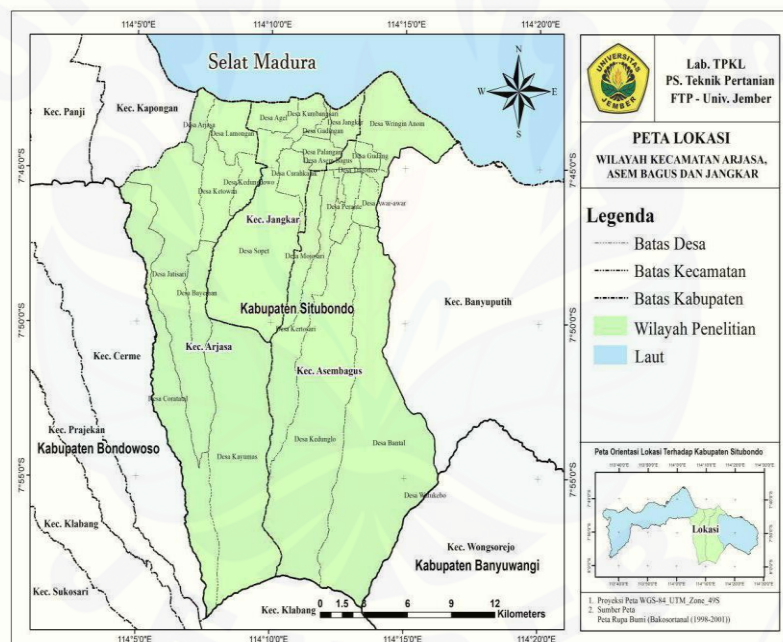
Berikut merupakan beberapa penelitian terkait dalam penelitian ini :

1. Arnanto, A. 2013. Pemanfaatan transformasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) citra Landsat TM untuk zonasi vegetasi di lereng Merapi bagian selatan. *Geomedia* 11 (2), pp. 155-170.
2. Kawamuna et al., 2017. Analisis Kesehatan Hutan Mangrove Berdasarkan Metode Klasifikasi NDVI Pada Citra Sentinel-2 (Studi Kasus : Teluk Pangpang Kabupaten Banyuwangi), Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai Juli 2019. Penelitian ini dilaksanakan di wilayah Kabupaten Situbondo yang secara astronomis terletak pada 113° 30'-114° 42' Bujur Timur dan 7° 35'- 7° 44' Lintang Selatan. Lokasi penelitian dilakukan di wilayah Kabupaten Situbondo meliputi Kecamatan Arjasa, Asembagus dan Jangkar. Pengolahan data dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember. Lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 3.1 berikut .



Gambar 3.1 Lokasi penelitian

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Berikut ini merupakan alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini.

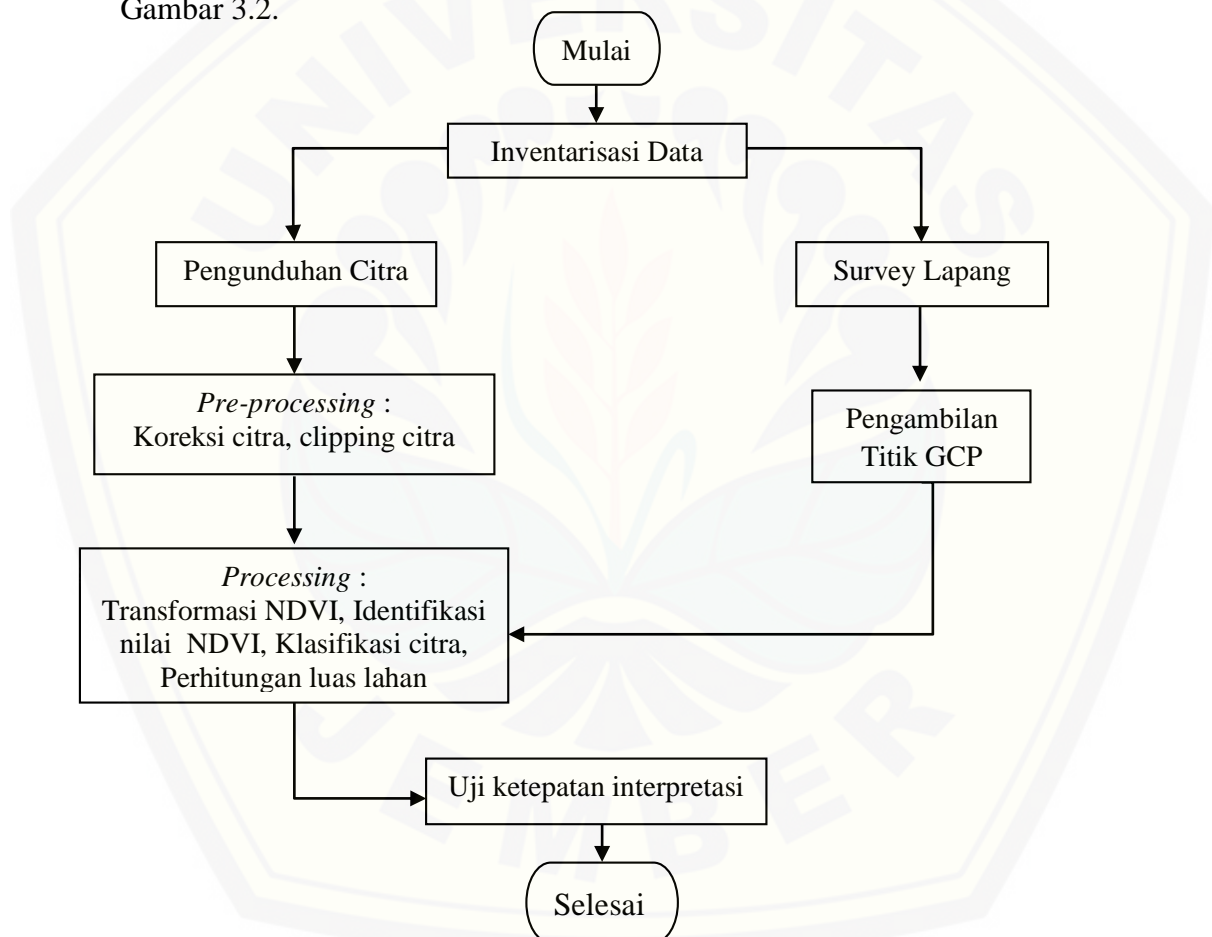
1. *Personal Computer (PC)* yang digunakan untuk mengolah data.
2. Perangkat lunak Q-GIS 3.4.9
3. Perangkat lunak ESA-SNAP 6.0
4. Kamera
5. GPS

Berikut ini merupakan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Data citra satelit sentinel waktu perekaman dari Bulan Januari sampai Desember tahun 2018 yang diperoleh dari laman <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
2. Data batas kecamatan dari laman <http://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/>
3. Data RBI 2011

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian dilaksanakan berdasarkan diagram alir prosedur penelitian pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram alir prosedur penelitian

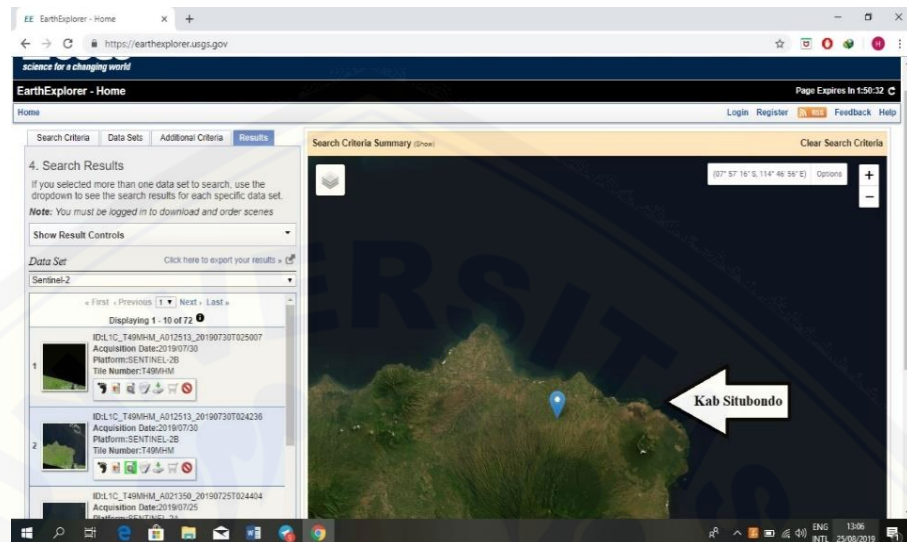
3.3.1 Inventarisasi Data

Ada beberapa hal yang dilakukan dalam proses inventarisasi data yaitu:

a. Pengunduhan citra

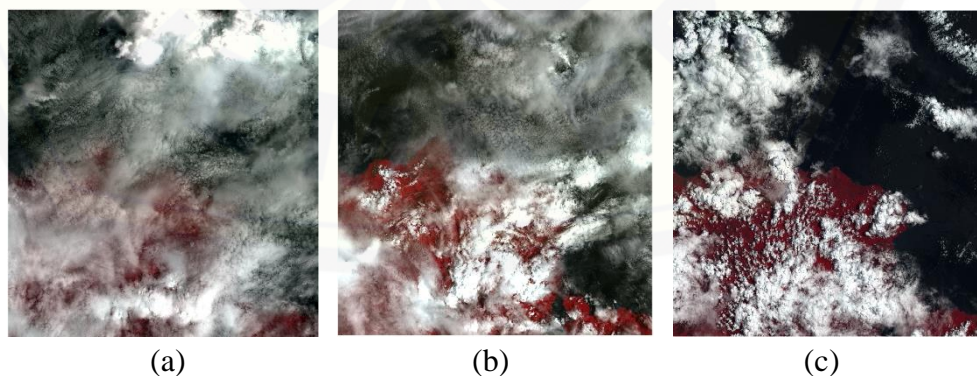
Citra Sentinel -2 dapat diunduh dari laman <https://earthexplorer.usgs.gov/>

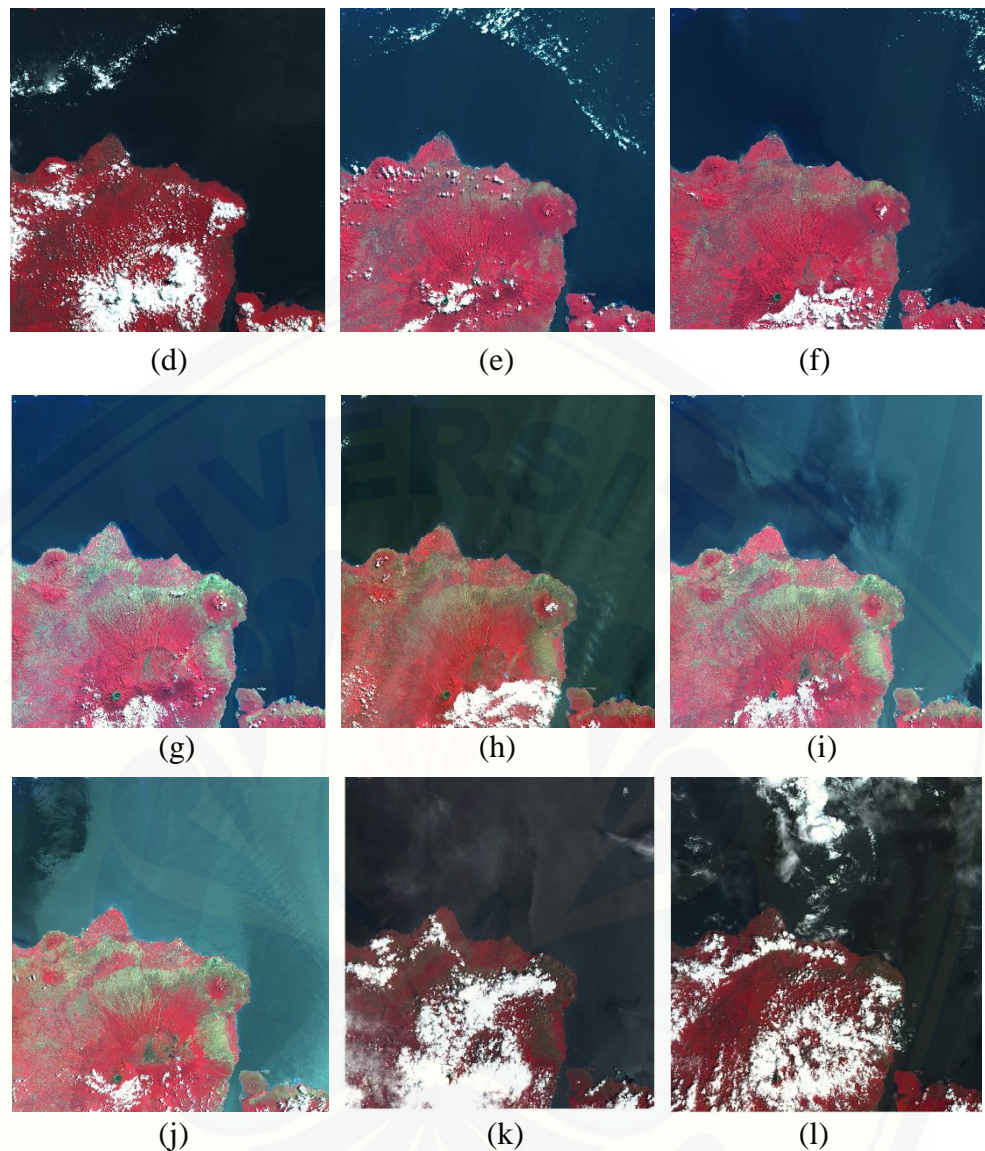
dengan format jpeg. Penetapan *scene* berhubungan dengan wilayah yang akan diteliti. Berikut gambar hasil pengunduhan citra sentinel pada tahun 2018 pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Pengunduhan Citra Sentinel-2

Seleksi data penginderaan jauh diperlukan untuk mendapatkan hasil analisis yang baik dengan melakukan pemilihan *scene* sesuai lokasi penelitian. Kriteria data sentinel yang diambil sesuai dengan penelitian dengan tutupan awan maksimal setiap *scene* yang diperbolehkan sebagai bahan analisis adalah 10 % dengan demikian diharapkan hasil analisis tidak terganggu secara signifikan. Berikut gambar hasil pengambilan citra sentinel pada tahun 2018 pada Gambar 3.4.





(a) Januari (b) Februari (c) Maret (d) Mei (f) Juni (g) Juli
(h) Agustus (i) september (j) Oktober (k) Noverber (l) Desember

Gambar 4.4 Tutupan awan pada citra

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat diketahui data yang memenuhi syarat kriteria penelitian mulai dari Bulan Mei sampai Oktober 2018. Tingkat keawanan yang tinggi terjadi pada bulan-bulan penghujan dan hal itu menyebabkan area penelitian menjadi sulit dianalisis.

b. Pengambilan titik GCP

Pengambilan titik GCP melalui proses survey lapang. Pengambilan data lapangan dilakukan dengan membuat titik kontrol menggunakan GPS. Titik

tersebut memuat informasi jenis peruntukan lahan terkini yang ada di lapangan. Titik yang diperoleh sebanyak 88 titik dan tersebar di 3 Kecamatan Arjasa, Asembagus dan Jangkar.

3.3.2 Tahap *Pre Processing*

Ada beberapa tahap yang dilakukan dalam proses pra pengolahan awal citra yaitu:

a. Koreksi Citra

Citra satelit Sentinel-2A Level 1C yang sudah terkoreksi geometrik dan radiometric bentuk nilai ref lektan Top of Atmosphere (TOA) dengan waktu akuisisi data 24 Oktober 2015, oleh sebab itu citra yang akan dianalisis hanya memerlukan proses koreksi atmosferik. Proses koreksi atmosferik dilakukan dengan menggunakan metode *sen2core* yang merupakan *plugin* dari ESA-SNAP 6.0 dapat dilihat Gambar 3.5.

Gambar 3.5 Proses koreksi atmosferik

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. 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 16 GB dan

memanfaatkan seluruh *core* yang ada. Hasil dari proses koreksi dengan *sen2cor* menghasilkan citra level 2A user.

b. *Clipping* Citra

Pemotongan citra dilakukan sesuai dengan batas wilayah dalam penelitian yang menggunakan batas wilayah Kecamatan Arjasa, Asembagus dan Jangkar untuk memotong citra yang akan digunakan. Pemotongan citra menggunakan *software* QGIS 3.4.9. Proses pemotongan citra dilakukan pada setiap *band* yang digunakan disetiap *scene* yang diperlukan. Berikut merupakan proses pemotongan citra yang ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Proses pemotongan citra

3.3.3 Tahap Processing

Ada beberapa tahap yang dilakukan dalam proses pengolahan citra yaitu:

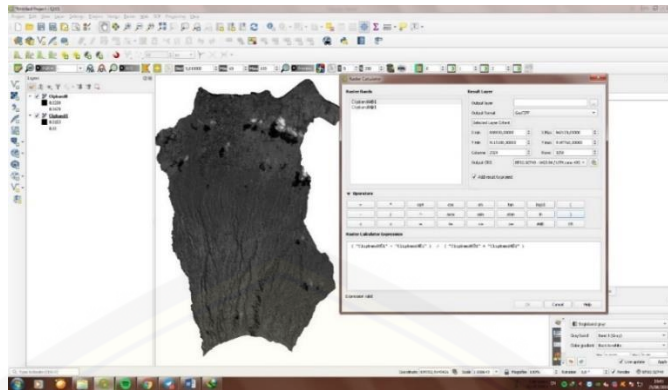
a. Transformasi NDVI

Terdapat enam *scene* yang memenuhi kriteria sebagai bahan analisis yaitu pada bulan Mei sampai Oktober 2018. Perhitungan NDVI menggunakan *software* QGIS 3.4.9. Proses penentuan nilai indeks vegetasi yaitu pertama membuka data sentinel yang sudah dilakukan proses *pre processing*, setelah itu pilih tool *raster calculator* untuk mengolah NDVI dengan algoritma :

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{Red}}{\text{NIR} + \text{Red}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Ket : NIR = *Band* 8
Red = *Band* 4

Transformasi NDVI ditunjukkan pada Gambar 3.7 sebagai berikut.



Gambar 3.7 Transformasi NDVI

Nilai NDVI diperoleh dengan perhitungan near-infrared dengan *visible light* yang dipantulkan oleh tumbuhan. Nilai NDVI diperoleh dengan membandingkan pengurangan data *near infrared* dan *visible* dengan penjumlahan kedua data tersebut.

b. Identifikasi nilai spektral NDVI

Perhitungan nilai rentang NDVI dilakukan dengan *software* QGIS 3.4.9 dengan memasukkan enam layer NDVI dan *training area* untuk mengetahui nilai spektral yang ada pada beberapa *training area* sebagai dasar dari *reclass*/klasifikasi. Proses identifikasi nilai spektral NDVI ditunjukkan Gambar 3.8 berikut.



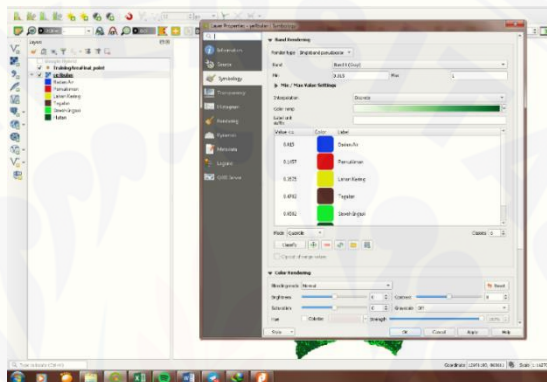
Gambar 3.8 Proses identifikasi nilai spektral NDVI

Nilai spektral pada titik *training area* dapat dilihat pada lingkaran merah dalam Gambar 3.8. Pengambilan nilai spektral dilakukan pada piksel terkecil yang terdapat pada delapan titik *training area* pemukiman, lahan kering, sawah irigasi, sawah tadah hujan/tegalan dan hutan/perkebunan dan lima titik badan air disetiap bulannya, dilanjutkan dengan mencari rentang nilai spektral

yang telah diketahui guna mencari nilai tertinggi dan terendah pada setiap kelasnya.

c. Klasifikasi citra

Proses klasifikasi citra dilakukan berdasarkan rentang nilai spektral pada citra sentinel yang sudah ditentukan. Proses klasifikasi menggunakan *software* QGIS 3.4. Proses klasifikasi dilakukan guna mengelompokkan data spektral pada kelas tertentu sesuai dengan acuan yang ada. Proses klasifikasi ditunjukkan pada Gambar 3.9 berikut.



Gambar 3.9 Proses klasifikasi

d. Perbandingan luas lahan

Perhitungan luas lahan bisa dihitung dengan cara mengalikan jumlah presentase tiap *polygon* dengan luas lahan keseluruhan pada peta.

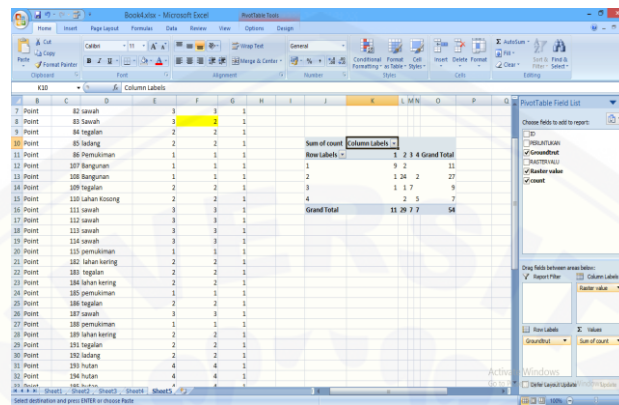
3.3.4 Uji ketepatan interpretasi

Uji akurasi menggunakan metode kontingensi atau *confussion matrix*. Cara membuat *confussion matrix* (matriks kontingensi) pada setiap bentuk klasifikasi lahan dari hasil interpretasi dapat dilihat Gambar 3.10 dan Gambar 3.11.

KATEGORI	LOKASI	SIMPULAN	X	Y	SIMPULAN	CONTOH	NILAI/PERSENTASE
Lahan Sawah	Widy. Kaban	Shabeno	114.179	2.74344	2019178		1
Lahan Perikanan	Widy. Kaban	Shabeno	114.179	2.74344	2019178		2
Lahan Hutan	Widy. Kaban	Shabeno	114.179	2.74344	2019178		3
Lahan Perkotaan	Widy. Kaban	Shabeno	114.179	2.74344	2019178		4
Lahan Sawah	Widy. Kaban	Shabeno	114.179	2.74344	2019178		5
Lahan Perikanan	Widy. Kaban	Shabeno	114.179	2.74344	2019178		6
Lahan Hutan	Widy. Kaban	Shabeno	114.179	2.74344	2019178		7
Lahan Perkotaan	Widy. Kaban	Shabeno	114.179	2.74344	2019178		8
Lahan Sawah	Widy. Kaban	Shabeno	114.179	2.74344	2019178		9
Lahan Perikanan	Widy. Kaban	Shabeno	114.179	2.74344	2019178		10
Lahan Hutan	Widy. Kaban	Shabeno	114.179	2.74344	2019178		11
Lahan Perkotaan	Widy. Kaban	Shabeno	114.179	2.74344	2019178		12
Lahan Sawah	Widy. Kaban	Shabeno	114.179	2.74344	2019178		13
Lahan Perikanan	Widy. Kaban	Shabeno	114.179	2.74344	2019178		14
Lahan Hutan	Widy. Kaban	Shabeno	114.179	2.74344	2019178		15
Lahan Perkotaan	Widy. Kaban	Shabeno	114.179	2.74344	2019178		16
Lahan Sawah	Widy. Kaban	Shabeno	114.179	2.74344	2019178		17
Lahan Perikanan	Widy. Kaban	Shabeno	114.179	2.74344	2019178		18
Lahan Hutan	Widy. Kaban	Shabeno	114.179	2.74344	2019178		19
Lahan Perkotaan	Widy. Kaban	Shabeno	114.179	2.74344	2019178		20

Gambar 3.10 Proses perhitungan *value*

Berdasarkan Gambar 3.10 proses uji akurasi yang pertama yang mencari *raster value* yang didapatkan dari *GCP training area* dengan cara pilih *arc toolbox-extract values to point* secara otomatis akan muncul nilai *raster value* dari nilai kelas klasifikasi. Proses perhitungan *kappa* ditunjukkan pada Gambar 3.11 berikut.



Gambar 3.11 proses perhitungan *kappa*

Berdasarkan Gambar 3.11 Setelah mendapatkan nilai raster value, dilakukan perhitungan manual di *microsoft excel* dengan tools pilih *insert-pivot-ground truth-raster values* dan *count*. Setelah itu dilakukan manual untuk mendapatlan nilai *kappa* yang sesuai dengan rumus berikut.

$$\text{User's accuracy} = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\text{Overall accuracy} = \frac{\sum_i^r X_{ii}}{N} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\text{Kappa accuracy} = \frac{N \sum_i^r X_{ii} - \sum_i^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_i^r X_{i+} X_{+i}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan :

- N = banyaknya *pixel* dalam contoh
- X = nilai diagonal dari matriks kontingensi baris ke-i dan Kolom ke-i
- X_{ii} = jumlah *pixel* dalam baris ke-i
- X_{i+} = jumlah *pixel* dalam kolom ke-i
- X_{+i} = jumlah *pixel* dalam kolom ke-i

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan di atas maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

- a. Rentang nilai NDVI badan air dapat diketahui nilai terendah adalah -1 dan tertinggi 0,035. Pada NDVI pemukiman nilai terendah 0,036 dan tertinggi 0,135. Pada NDVI lahan kering nilai terendah 0,136 dan tertinggi 0,357. Pada NDVI tegalan nilai terendah 0,358 dan tertinggi 0,478. Pada NDVI Sawah irigasi nilai terendah 0,479 nilai tertinggi 0,657. Pada NDVI Hutan/Perkebunan nilai 0,658 dan yang tertinggi adalah 1.
- b. Terdapat enam kelas dalam klasifikasi lahan metode NDVI yaitu badan air, pemukiman, lahan kering, hutan/perkebunan, sawah irigasi/tadah hujan dan tegalan sesuai dengan rentang nilai yang telah diperoleh.
- c. Tingkat akurasi klasifikasi metode NDVI sebesar 61%. Maka dapat disimpulkan metode NDVI belum memenuhi syarat dalam interpretasi pemetaan lahan.

5.2 Saran

Penelitian ini cocok untuk daerah yang homogen yang memiliki *value* yang seragam dan jumlah kelas klasifikasi diturunkan menjadi empat kelas sehingga kesalahan yang terjadi dapat diperkecil. Untuk penelitian selanjutnya lebih baik dilakukan kombinasi antara NDVI, NDBI dan NDBai untuk interpretasi citra yang lebih akurat pada daerah heterogen seperti Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

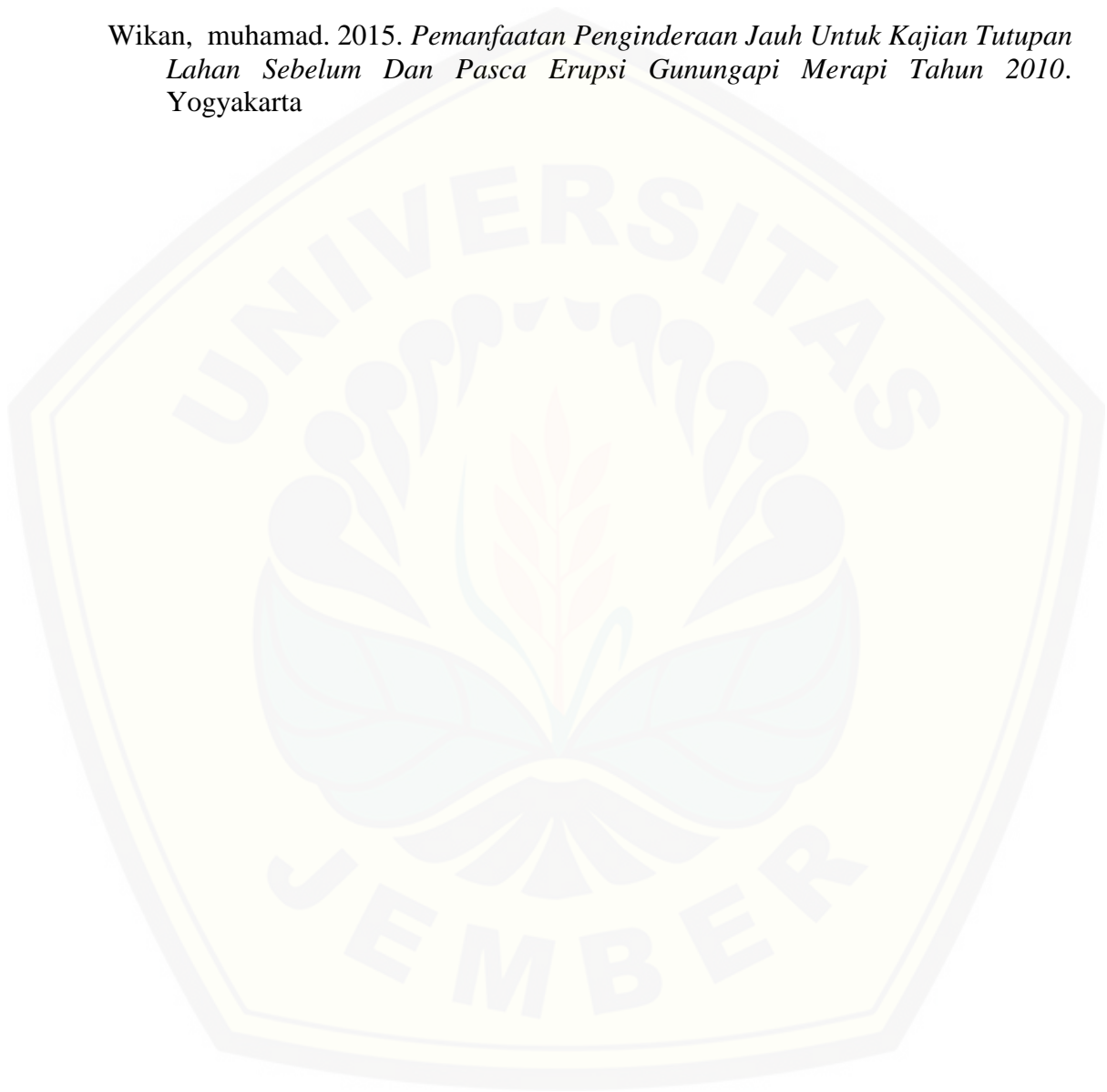
- Arief, R. H., Dadet, P., Nana, R. 2009. Klasifikasi area pada citra satelit dan penerapannya pada pedeteksian banjir di situs bengawan solo klasifikasi area pada a citra satelit dan penerapannya pada pedet teksian banjir di situs bengawan solo
- Arnanto, A. 2013. Pemanfaatan transformasi normalized difference vegetation index (ndvi) citra landsat tm untuk zonasi vegetasi di lereng merapi bagian selatan. 155–170.
- Badan Pusat Statistik. 2016. *Situbondo Dalam Angka*. Situbondo: BPS-Statistics of Situbondo Regency.
- Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. 2003. Atlas Sumberdaya Iklim Pertanian Indonesia Skala 1: 1.000.000. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor. Indonesia
- BBSDLP (Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian). 2012. Basisdata Sumberdaya Lahan Pertanian Pada Skala Tinjau (1:250.000). Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.
- Crippen, R. E., T. W. Ray, P. G. Farr, dan R. G. Blorn. 1991. *Monitoring Land Use and Degradation Using Satellite and Airbone Data*. Pasadena: California Institute of Technology.
- Danoedoro. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: Andi.
- Departemen Kehutanan. 2013. *Perkembangan Penetapan Kawasan Hutan*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- ESA. 2015. Sentinel 2. <https://earth.esa.int> [Diakses pada February 2, 2019].
- Fadhly, A. 2011. Pemanfaatan Teknik Penginderaan Jauh Untuk Identifikasi Kerapatan Vegetasi Daerah Tangkapan Air Rawa Pening. universitas negeri semarang.
- Febrianti, N. dan P. Sofan. 2014. Ruang terbuka hijau di dki jakarta berdasarkan analisis spasial dan spektral data landsat 8. *Deteksi Parameter Geobiofisik Dan Diseminasi Penginderaan Jauh*. 498–504.
- Huete, A. . 1988. *A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)*. March 2014.
- Indarto. 2014. *Teori Dan Praktek Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Andi.
- Indarto. 2016. *Penginderaan Jauh Metode Analisis Dan Interpretasi Citra Satelit*. jogjakarta: CV. ANDI OFFSET.

- Jaya INS. 2010. *Analisis Citra Digital: Perspektif Pengindraan Jauh Untuk Kehutanan*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Jensen, J. 1995. *Introductory to Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. New Jersey: Prentice Hall.
- Jordan C.F. 1969. *Derivation of Leaf Area Index from Quality Measurements of Light on the Forest Floor*. In: *Ecology*
- Kawamuna, A., A. Suprayogi, dan A. P. Wijaya. 2017. Analisis kesehatan hutan mangrove berdasarkan metode klasifikasi ndvi pada citra sentinel-2(studi kasus : teluk pangpang kabupaten banyuwangi). *Geodesi Undip*. 6:277–284.
- LAPAN. 2015. *Pedoman Pengolahan Data Satelit Multispektral Secara Digital Supervised Untuk Klasifikasi*. Jakarta: Pusat Pemanfaatan Pengindraan Jauh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional.
- Las, I., M. S. A. dan Mulyani. 2012. Kunjungan Kerja Tematik Dan Penyusunan Model/Program Percepatan Pembangunan Pertanian Berbasis Inovasi Wilayah Pengembangan Khusus Lahan Suboptimal. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.
- Menteri Kehutanan Republik Indonesia. 2012. *Penatausahaan Hasil Hutan Yang Berasal Dari Hutan Hak*
- Mulyani, A. dan M. Sarwani. 2013. Karakteristik dan potensi lahan sub optimal untuk pengembangan pertanian di indonesia. Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan, Bogor.
- Pertiwi, D. A. P. 2014. Identifikasi pola hutan rakyat dan penutupan lahan lain menggunakan citra landsat 8 oli (studi kasus di asosiasi petani hutan rakyat wonosobo)
- Purwadhi, S. H. dan T. B. Sanjoto. 2008. *Pengantar Interpretasi Citra Pengindraan Jauh*. Jakarta: Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional dan UNNES.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. 2000. Atlas Sumberdaya Lahan/Tanah Eksplorasi Indonesia Skala 1:1.000.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor. Indonesia. 37 hlm.
- Subagyo, H., N., A. Suharta, dan Siswanto. 2000. Tanah-Tanah Pertanian Di Indonesia. pada Buku Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Subagyo, H. 2006. Klasifikasi Dan Penyebaran Lahan Rawa. dalam Buku Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Rawa. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.

US. Geological Survey. 2019. *LANDSAT 8 (L8) DATA USERS HANDBOOK Version 4.0*. Sioux Falls: departement of the interior U.S Geological Survey. April.

Venus, S. 2008. *Klasifikasi Penutupan Lahan Menggunakan Citra Satelite Quickbird Di Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor*. Bogor

Wikan, muhamad. 2015. *Pemanfaatan Penginderaan Jauh Untuk Kajian Tutupan Lahan Sebelum Dan Pasca Erupsi Gunungapi Merapi Tahun 2010*. Yogyakarta



LAMPIRAN

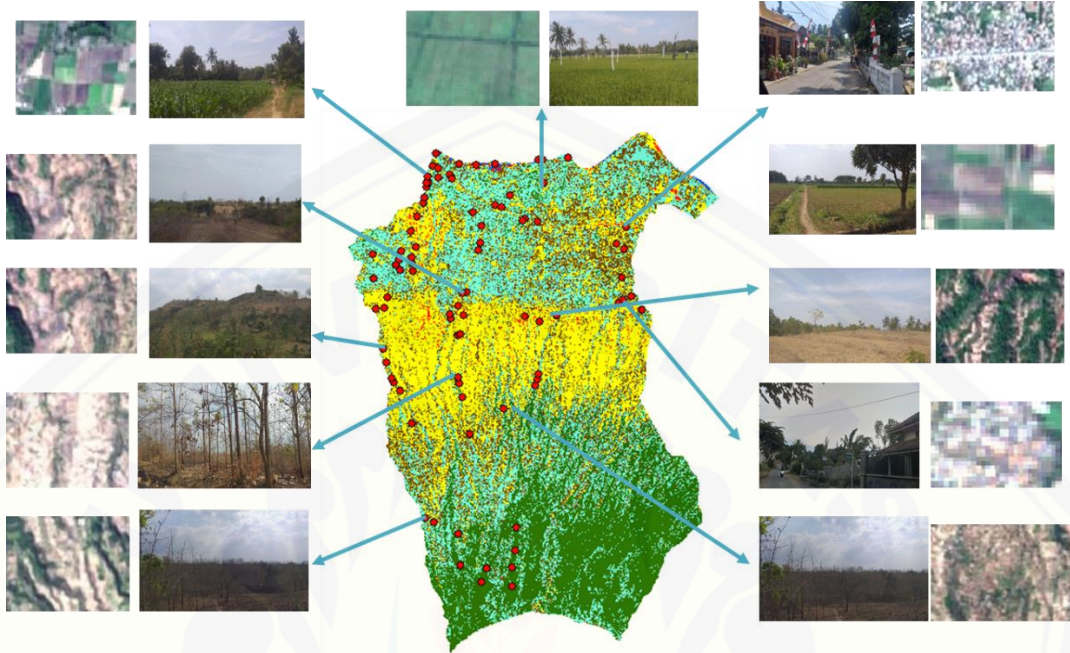
a. Titik GCP

FID	shape *	ID	PERUNTUKAN	KABUPATEN	X	Y
1	Point	33	Hutan/Perkebunan	Situbondo	114.179	-7.74844
2	Point	34	Lahan Kering	Situbondo	114.172	-7.74615
3	Point	35	Tegalan	Situbondo	114.159	-7.73973
4	Point	36	Hutan/Perkebunan	Situbondo	114.13	-7.72119
5	Point	56	Sawah	Situbondo	114.138	-7.78778
6	Point	82	Sawah	Situbondo	114.12	-7.71611
7	Point	83	Tegalan	Situbondo	114.131	-7.72353
8	Point	84	Tegalan	Situbondo	114.155	-7.73864
9	Point	85	Hutan/Perkebunan	Situbondo	114.171	-7.74741
10	Point	86	Pemukiman	Situbondo	114.229	-7.75141
11	Point	108	Pemukiman	Situbondo	114.134	-7.79588
12	Point	109	Hutan/Perkebunan	Situbondo	114.136	-7.78881
13	Point	110	Lahan Kering	Situbondo	114.13	-7.80265
14	Point	111	Hutan/Perkebunan	Situbondo	114.129	-7.80073
15	Point	112	Sawah	Situbondo	114.145	-7.76425
16	Point	113	Lahan Kering	Situbondo	114.146	-7.75994
17	Point	114	Hutan/Perkebunan	Situbondo	114.147	-7.75017
18	Point	115	Pemukiman	Situbondo	114.142	-7.74258
19	Point	182	Lahan Kering	Situbondo	114.225	-7.79488
20	Point	183	Sawah	Situbondo	114.227	-7.79271
21	Point	184	Lahan Kering	Situbondo	114.238	-7.79877
22	Point	185	Pemukiman	Situbondo	114.232	-7.79119
23	Point	186	Sawah	Situbondo	114.227	-7.78015
24	Point	187	Sawah	Situbondo	114.228	-7.76427
25	Point	188	Pemukiman	Situbondo	114.224	-7.7611
26	Point	189	Lahan Kering	Situbondo	114.14	-7.86852
27	Point	190	Pemukiman	Situbondo	114.107	-7.86267
28	Point	191	Sawah	Situbondo	114.136	-7.84751
29	Point	192	Lahan Kering	Situbondo	114.134	-7.84013
30	Point	193	Lahan Kering	Situbondo	114.133	-7.83639
31	Point	194	Lahan Kering	Situbondo	114.134	-7.81224
32	Point	195	Lahan Kering	Situbondo	114.135	-7.81168
33	Point	196	Lahan Kering	Situbondo	114.137	-7.80115
34	Point	197	Tegalan	Situbondo	114.093	-7.82756
35	Point	198	Sawah	Situbondo	114.1	-7.84371
36	Point	199	Sawah	Situbondo	114.097	-7.83927
37	Point	200	Pemukiman	Situbondo	114.096	-7.83704
38	Point	201	Lahan Kering	Situbondo	114.093	-7.82774
39	Point	202	Lahan Kering	Situbondo	114.091	-7.82009
40	Point	203	Sawah	Situbondo	114.086	-7.78014

41	Point	204	Tegalan	Situbondo	114.086	-7.76634
42	Point	205	Pemukiman	Situbondo	114.102	-7.76431
43	Point	206	Lahan Kering	Situbondo	114.107	-7.75295
44	Point	207	Lahan Kering	Situbondo	114.111	-7.74468
45	Point	208	Hutan/Perkebunan	Situbondo	114.114	-7.73714
46	Point	209	Lahan Kering	Situbondo	114.115	-7.73403
47	Point	210	Lahan Kering	Situbondo	114.116	-7.72799
48	Point	211	Lahan Kering	Situbondo	114.117	-7.72589
49	Point	212	Tegalan	Situbondo	114.117	-7.72546
50	Point	213	Lahan Kering	Situbondo	114.117	-7.7222
51	Point	214	Pemukiman	Situbondo	114.123	-7.7225
52	Point	215	Pemukiman	Situbondo	114.123	-7.71769
53	Point	216	Hutan/Perkebunan	Situbondo	114.163	-7.95528
54	Point	217	Hutan/Perkebunan	Situbondo	114.146	-7.95311
55	Point	218	Hutan/Perkebunan	Situbondo	114.134	-7.94353
56	Point	219	Hutan/Perkebunan	Situbondo	114.149	-7.94551
57	Point	220	Hutan/Perkebunan	Situbondo	114.164	-7.94458
58	Point	221	Hutan/Perkebunan	Situbondo	114.165	-7.93541
59	Point	222	Hutan/Perkebunan	Situbondo	114.133	-7.92522
60	Point	223	Hutan/Perkebunan	Situbondo	114.166	-7.92194
61	Point	224	Tegalan	Situbondo	114.119	-7.91862
62	Point	225	Tegalan	Situbondo	114.115	-7.91656
63	Point	226	Hutan/Perkebunan	Situbondo	114.178	-7.83769
64	Point	227	Hutan/Perkebunan	Situbondo	114.179	-7.83511
65	Point	228	Hutan/Perkebunan	Situbondo	114.177	-7.8413
66	Point	229	Hutan/Perkebunan	Situbondo	114.159	-7.85448
67	Point	230	Sawah	Situbondo	114.099	-7.77251
68	Point	231	Sawah	Situbondo	114.101	-7.77544
69	Point	232	Tegalan	Situbondo	114.1	-7.76924
70	Point	233	Lahan Kering	Situbondo	114.108	-7.77122
71	Point	234	Lahan Kering	Situbondo	114.108	-7.77569
72	Point	235	Lahan Kering	Situbondo	114.108	-7.76781
73	Point	236	Lahan Kering	Situbondo	114.11	-7.76194
74	Point	237	Sawah	Situbondo	114.092	-7.79693
75	Point	238	Sawah	Situbondo	114.087	-7.79696
76	Point	239	Lahan Kering	Situbondo	114.094	-7.79045
77	Point	240	Lahan Kering	Situbondo	114.172	-7.8018
78	Point	241	Lahan Kering	Situbondo	114.18	-7.80478
79	Point	242	Lahan Kering	Situbondo	114.19	-7.80172
80	Point	243	Badan Air	Situbondo	114.122	-7.70919
81	Point	244	Badan Air	Situbondo	114.135	-7.71507
82	Point	245	Badan Air	Situbondo	114.155	-7.7154
83	Point	246	Badan Air	Situbondo	114.145	-7.71563
84	Point	247	Badan Air	Situbondo	114.18	-7.71325
85	Point	248	Badan Air	Situbondo	114.182	-7.71311
86	Point	249	Badan Air	Situbondo	114.197	-7.71181
87	Point	250	Pemukiman	Situbondo	114.183	-7.72635

88 Point 251 Pemukiman Situbondo 114.164 -7.7335

b. Lokasi titik GCP



c. Foto survey lapang





d. Peta RBI

