



**SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS PERKEBUNAN KOPI ARABIKA
(*Coffea arabica*) DI LERENG KAWASAN DATARAN TINGGI
HYANG ARGOPURO, KEC. MAESAN KAB. BONDOWOSO
BERBASIS WEBGIS**

SKRIPSI

Oleh

**Muhammad Arga Hita
NIM 161710201035**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



**SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS PERKEBUNAN KOPI ARABIKA
(*Coffea arabica*) DI LERENG KAWASAN DATARAN TINGGI
HYANG ARGOPURO, KEC. MAESAN KAB. BONDOWOSO
BERBASIS WEBGIS**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Pertanian (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

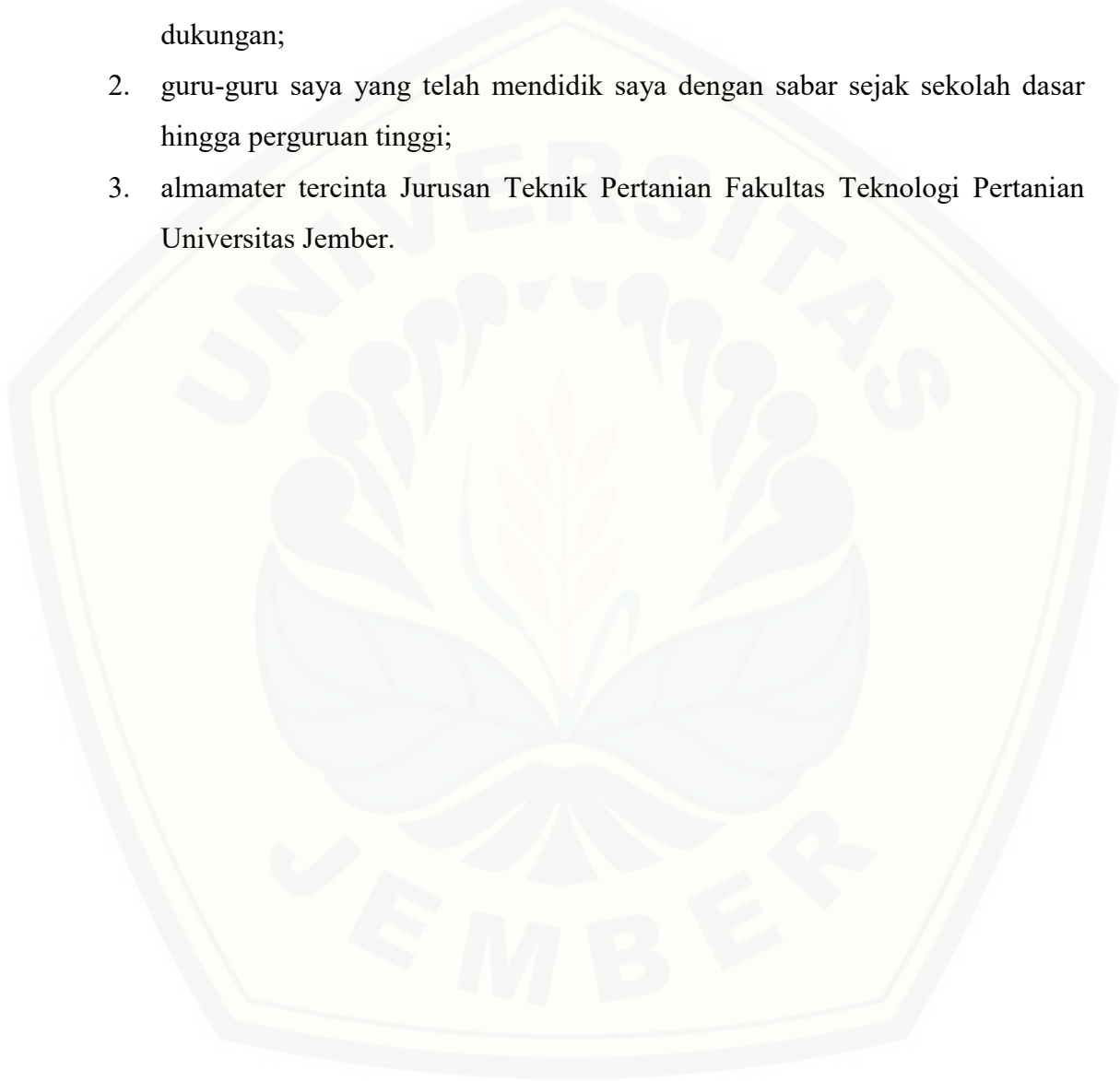
**Muhammad Arga Hita
NIM 161710201035**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan sebagai rasa terimakasih saya kepada:

1. Kedua orang tua saya tercinta, Bapak Hartono dan Ibu Titik Suciati serta kakak saya Allamanda Rachman Yogi Chatartica yang selalu memberikan doa dan dukungan;
2. guru-guru saya yang telah mendidik saya dengan sabar sejak sekolah dasar hingga perguruan tinggi;
3. almamater tercinta Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.



MOTTO

Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar). *)

(terjemahan Surat *Ar-Rum* ayat 41)

Alam menyediakan makan siang gratis tapi hanya jika kita mengendalikan selera makan kita.

(Boy Junafiah)

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

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Muhammad Arga Hita

NIM : 161710201035

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Sistem Informasi Geografis Perkebunan Kopi Arabika (*Coffea arabica*) di Lereng Kawasan Dataran Tinggi Hyang Argopuro, Kec. Maesan Kab. Bondowoso Berbasis WebGIS” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada instansi mana pun, 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 mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 28 Agustus 2020
Yang menyatakan

Muhammad Arga Hita
NIM 16171020135

SKRIPSI

**SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS PERKEBUNAN KOPI ARABIKA
(*Coffea arabica*) DI LERENG KAWASAN DATARAN TINGGI
HYANG ARGOPURO, KEC. MAESAN KAB. BONDOWOSO
BERBASIS WEBGIS**

Oleh

**Muhammad Arga Hita
NIM 161710201035**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Bayu Taruna Widjaja Putra, S.TP., M.Eng., Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Elida Novita, STP., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Sistem Informasi Geografis Perkebunan Kopi Arabika (*Coffea arabica*) di Lereng Kawasan Dataran Tinggi Hyang Argopuro, Kec. Maesan Kab. Bondowoso Berbasis WebGIS” karya Muhammad Arga Hita telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Jum’at, 03 Juli 2020

tempat : Ruang Sidang 1 Gedung D Fakultas Teknologi Pertanian

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Bayu Taruna Widjaja Putra, S.T.P., M.Eng., Ph.D.
NIP. 1984100882008121002

Dr. Elida Novita, S.T.P., M.T.
NIP. 197311301999032001

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota,

Dr. Dedy Wirawan Soedibyo, S.T.P., M.Si
NIP. 197407071999031001

Rufiani Nadzirah, S.T.P., M.Sc
NRP. 760018059

Mengesahkan,

Dekan

Fakultas Teknologi Pertanian

Dr. Siswoyo Soekarno, S.T.P., M.Eng
NIP. 19680923 199403 1 009

RINGKASAN

Sistem Informasi Geografis Perkebunan Kopi Arabika (*Coffea arabica*) di Lereng Kawasan Dataran Tinggi Hyang Argopuro, Kec. Maesan Kab. Bondowoso Berbasis WebGIS; Muhammad Arga Hita, 161710201035; 2020; 70 Halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Kopi arabika merupakan tanaman perkebunan yang diminati oleh pasar dunia dan menguasai permintaan pasar hingga 60% dari semua jenis kopi. Salah satu daerah penghasil kopi ialah Kabupaten Bondowoso, 27,87% dataran Kabupaten Bondowoso merupakan dataran di atas 1000 meter di atas permukaan laut (mdpl) yang sesuai dengan syarat tumbuh kopi arabika. Bondowoso pada tahun 2015 menghasilkan 4.150 ton kopi arabika.

Agroindustri Kopi Wulan merupakan salah satu agroindustri pengolah kopi, sebagian besar kopi berasal dari perkebunan rakyat yang terletak di Desa Tanah Wulan. Perkebunan rakyat yang terletak di lereng pegunungan menyebabkan perbedaan kondisi kebun yang berbeda dikarenakan oleh kemampuan sumber daya manusia dalam pengelolaan kebun dan ketersediaan sumberdaya alam. Kondisi kebun yang berbeda menyebabkan penanganan pada setiap kebun berbeda pula. Dengan kondisi tersebut dibutuhkan sistem informasi yang dapat menampilkan data spasial dan non-spasial perkebunan untuk memudahkan dalam hal penanganan, salah satunya ialah penanganan kesehatan tanaman yang dapat mempengaruhi hasil produksi. Penanganan kesehatan tanaman dapat menggunakan analisis citra Landsat 8 dan *ground-based remote sensing*. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui indeks vegetasi yang sesuai untuk menjelaskan keadaan kebun dan terbentuknya program webGIS yang dapat merepresentasikan keadaan kebun.

Penelitian dilakukan di lahan kopi arabika dengan luas lahan 5000 m². Analisis uji statistik menggunakan analisis regresi, analisis determinasi, uji korelasi, dan geostatistik kriging. Hasil menunjukkan bahwa variasi nilai rasio daun kopi dapat dijelaskan oleh nilai dari indeks vegetasi GMR dan EVI. Indeks EVI

satelit Landsat 8 memiliki hubungan yang lebih kuat terhadap indeks kamera RGB GMR daripada indeks NDVI satelit Landsat 8. Analisis kriging didasarkan pada indeks yang sesuai sehingga dapat diketahui perubahan luasan kesehatan tanaman yang akurat. Untuk menampilkan informasi spasial dan non-spasial dapat menggunakan *MapServer* yang dapat dijalankan menggunakan *browser*.



SUMMARY

Geographical System Information of Arabica Coffe (Coffea Arabica) Plantation on The Hillside of The Hyang Argopuro's Highland In Maesan Sub-District Bondowoso District Based on Webgis; Muhammad Arga Hita, 161710201035; 116 pages; Departement of Agrucultural Engineering; the Faculty of Agricultural Technolgy, Jember University.

Arabica coffee is a plantation that is demanded by the world market and controls market demand for up to 60% of all types of coffee. One of the coffee-producing regions is Bondowoso Regency, 27.87% of Bondowoso Regency is a plain above 1000 meters above sea level (masl) which is in accordance with arabica coffee growing requirements. In 2015 Bondowoso produced 4,150 tons of Arabica coffee.

Kopi Wulan Agroindustry is one of the coffee processing agroindustry, most of the coffee comes from folk farms located in Tanah Wulan Village. Smallholder plantations located on the slopes of the mountains cause different coffee plantation conditions due to the ability of human resources in plantation management and the availability of natural resources. Different coffee plantation conditions cause different handling for each coffee plantation. Under these conditions an information system was needed that can display spatial and non-spatial data on plantations to facilitate handling, one of which was handling plant health that can affect production yields. Plant health management can use Landsat 8 image analysis and ground-based remote sensing. The purpose of this study was to determine the appropriate vegetation index to explain the state of the garden and the establishment of the webGIS program that can represent the state of the coffee plantation.

The study was conducted in arabica coffee fields with an area of 5000 square. Statistical test analysis using regression analysis, determination analysis, correlation test, and kriging geostatistics. The results show that variations in the value of the ratio of coffee leaves can be explained by the value of the vegetation

index GMR and EVI. The EVI satellite index of Landsat 8 has a stronger relationship with the GMR RGB camera index than the NDVI satellite index. The kriging analysis was based on an appropriate index so that an accurate change in plant health can be detected. To display spatial and non-spatial information can be promised using MapServer which can be run using the browser.



PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sistem Informasi Geografis Perkebunan Kopi Arabika (*Coffea arabica*) di Lereng Kawasan Dataran Tinggi Hyang Argopuro, Kec. Maesan Kab. Bondowoso Berbasis Webgis”. 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 terima kasih kepada:

1. Bayu Taruna Widjaja Putra, S.TP., M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Dr. Elida Novita, S.TP., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
3. Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si., selaku Ketua Penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam proses penulisan skripsi ini;
4. Rufiani Nadzirah, S.TP., M.Sc., selaku Anggota Penguji dan Komisi Bimbingan Jurusan Teknik Pertanian yang telah memberikan kritik dan saran dalam proses penulisan skripsi ini;
5. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
6. Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian yang telah memberi dukungan selama penulis menjadi mahasiswa;
7. Seluruh dosen pengampu mata kuliah, terima kasih atas semua ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama masa studi di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
8. Seluruh staff dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian, terima kasih atas bantuan dalam mengurus administrasi dan yang lainnya:

9. Sahabat-sahabatku dari Tim Kopi Wulan, terima kasih telah membantu dalam penyelesaian skripsi penulis:
10. Sahabatku dari TEP-A angkatan 2016, terima kasih untuk semua dukungan motivasi, pengalaman dan kenang-kenangan tak terlupakan yang telah kita lewati selama 4 tahun bersama-sama;
11. Teman-temanku Teknik Pertanian angkatan 2016 yang diberkahi, terima kasih untuk dukungan dan doanya:
12. Keluarga besar MPA-Khatulistiwa Universitas Jember, terima kasih telah memberi semangat dan dukungan untuk berproses dan mencari pengalaman yang tidak terdapat di bangku perkuliahan;
13. Keluarga besar LPM Manifest Universitas Jember, terima kasih telah memberi semangat dan dukungan untuk berproses dan mencari pengalaman yang tidak terdapat di bangku perkuliahan:
14. 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.

Jember, 28 Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN/ <i>SUMMARY</i>	viii
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Sistem Informasi Geografis.....	5
2.1.1. Pengertian Sistem Informasi Geografis.....	5
2.1.2. Sumber Data SIG	5
2.3.2. Manfaat Sistem Informasi Geografis	6
2.3.3. Subsistem SIG	6
2.2. Penginderaan Jauh	6
2.2.1. Citra Satelit Landsat 8/OLI dan TIRS	7
2.2.2. Agriino Handle Tool	8
2.3. Kopi Arabika	8
2.4. Indeks Vegetasi.....	8
2.5. WebGIS.....	10
2.5.1. <i>MapServer</i>	10
2.5.2. <i>Pmapper</i>	11
BAB 3. METODE PENELITIAN	12
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	12
3.3. Tahapan Penelitian	13

3.3.1. Studi Literatur	14
3.3.2. Survei Lokasi Penelitian.....	15
3.3.3. Persiapan Alat dan Perangkat Pendukung.....	15
3.3.4. Pengambilan Data	15
3.3.5. Ekstraksi Citra Satelit dan Kamera RGB	16
3.3.6. Analisis Data	18
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1. Indeks Vegetasi.....	21
4.1.1. Hubungan Indeks Kamera RGB terhadap EVI Citra Satelit Landsat 8/OLI dan TIRS	22
4.1.2. Hubungan GMR Indeks Kamera RGB terhadap Indeks Vegetasi NDVI dan EVI Citra Landsat 8.....	24
4.1.3. Analisis Geostatistik Kriging	25
4.2. Hubungan Pertumbuhan dan Perkembangan Kopi terhadap Indeks Vegetasi.....	26
4.3. Hasil Pemrograman WebGIS	31
4.3.1. Langkah-langkah Pembuatan WebGIS	31
4.3.2. Performa WebGIS	32
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1. Kesimpulan	36
5.2. Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN.....	42

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Karakteristik <i>band</i> citra satelit Landsat 8/OLI dan TIRS	7
2.2 Kelas kesehatan tanaman nilai indeks vegetasi NDVI.....	9
3.1 Indeks vegetasi citra Landsat 8/OLI dan TIRS	17
3.2 Indeks vegetasi kamera RGB	18
3.3 Pengkelasan tingkat kerapatan berdasarkan warna	18
3.4 Variabel kalibrasi	19
3.5 Tingkat korelasi dan kekuatan hubungan.....	20
4.1 Hasil perhitungan indeks vegetasi.....	21
4.2 Hasil perhitungan koefisien determinasi.....	21
4.3 Perubahan luas berdasarkan kesehatan tanaman indeks vegetasi GMR	29
4.4 Perubahan luas berdasarkan kesehatan tanaman indeks vegetasi NDVI	29
4.5 Perubahan luas berdasarkan kesehatan tanaman indeks vegetasi EVI.....	29
4.6 Performa webGIS.....	33

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
3.1 Peta wilayah penelitian	12
3.2 Diagram alir penelitian.....	14
3.3 Ilustrasi pengambilan data menggunakan <i>agriino handle tool</i>	16
4.1 Daerah penelitian	21
4.2 Grafik koefisien determinasi indeks kamera RGB terhadap citra satelit	22
4.3 Hubungan indeks GMR terhadap indeks vegetasi NDVI dan EVI.....	24
4.4 Hasil analisis kriging indeks vegetasi (a) GMR; (b) EVI; dan (c) NDVI.....	25
4.5 Hasil analisis kriging indeks vegetasi GMR sebelum dan sesudah berbunga	27
4.6 Hasil analisis kriging indeks vegetasi NDVI sebelum dan sesudah berbunga	27
4.7 Hasil analisis kriging indeks vegetasi EVI sebelum dan sesudah berbunga..	27
4.8 Bunga kopi ketika menguning	31
4.9 Tampilan peta dan pembagian kolom pada webGIS.....	32
4.10 Modul pencarian kebun dan menu unduh informasi.....	34
4.11 Modul pencarian akses jalan dan menu unduh informasi	34
4.12 Modul pengaturan cetak peta	35
4.13 Hasil unduh peta dan informasi legenda	35

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Dokumentasi penelitian	42
Lampiran 2. <i>Script input</i> data.....	43
Lampiran 3. <i>Script</i> pengaturan tampilan webGIS.....	45
Lampiran 4. Hasil olah data pengambilan tanggal 30 September 2019.....	46
Lampiran 5. Hasil olah data pengambilan tanggal 8 Oktober 2019.....	47
Lampiran 6. Hasil olah data pengambilan tanggal 14 oktober 2019.....	48
Lampiran 7. Hasil olah data pengambilan tanggal 19 Oktober 2019.....	49
Lampiran 8. Hasil olah data pengambilan tanggal 26 Oktober 2019.....	50
Lampiran 9. Hasil olah data pengambilan tanggal 9 November 2019.....	51
Lampiran 10. Hasil olah data pengambilan tanggal 16 November 2019.....	52



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Menurut Chang (2002) bahwa sistem informasi geografis (SIG) adalah sebuah sistem komputer yang dapat menangkap, menyimpan, melakukan *query*, menganalisis, dan menampilkan data geografi. Pembangunan SIG dapat diintegrasikan dengan teknologi penginderaan jarak jauh untuk menganalisis suatu data, salah satunya yaitu perubahan kesehatan tanaman kopi arabika. Salah satu upaya pencegahan menurunnya kesehatan tanaman kopi arabika adalah dengan membangun sebuah SIG untuk mengelola data spasial terkait perkebunan. Penurunan kesehatan tanaman kopi arabika merupakan masalah yang serius karena dapat mengakibatkan kerugian secara ekonomi. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian kesehatan tanaman kopi arabika yang baik. Perubahan kesehatan tanaman kopi arabika dapat dipengaruhi oleh iklim yang tidak sesuai dengan syarat tumbuh kopi arabika. Menurut Rahardjo (2012) bahwa keadaan kondisi geografis yang sesuai untuk tanaman kopi arabika yaitu pada ketinggian 1.000 – 2.000 mdpl (meter di atas permukaan laut), suhu 15°C – 25°C, dan curah hujan berkisar antara 1.250 – 2.500 mm/tahun. Kondisi geografis Bondowoso menurut Jatim (2013) bahwa berdasarkan ketinggian untuk dataran >1.000 mdpl seluas 27,87% dari luas total Kabupaten Bondowoso, yaitu 1.560 km² dengan suhu 20,4°C – 25,9°C. Namun, menurut BMKG Jatim (2020) bahwa terjadi penurunan curah hujan di wilayah Jawa Timur selama 3 tahun terakhir, yakni tahun 2017 (2.123,8 mm), 2018 (2.015 mm), dan 2019 (1.862 mm). Penurunan curah hujan dapat mempengaruhi kegiatan fotosintesis dan kesehatan tanaman kopi arabika dikarenakan air dibutuhkan sebagai bahan dasar kegiatan fotosintesis, khususnya pada tanaman kopi arabika curah hujan minimal 3 – 4 mm dibutuhkan untuk mematahkan masa dormansi (stadium lilin) sehingga terjadi rangsangan pada bunga kopi arabika dan kemudian bunga kopi mekar. Penurunan aktivitas fotosintesis tanaman dapat diamati melalui pengolahan data hasil penginderaan jarak jauh melalui rekam citra atau kamera.

Perubahan kesehatan tanaman dapat diamati melalui transformasi spektral dari beberapa *band* untuk menghasilkan citra baru yang lebih representatif dalam menyajikan fenomena vegetasi. Menurut USGS (2020) bahwa NDVI (*normalized difference vegetation index*) merupakan indeks vegetasi yang sering digunakan dan EVI (*enhanced vegetation index*) merupakan indeks vegetasi yang telah mengalami koreksi distorsi cahaya pantulan awan serta aerosol yang sudah menghalangi pandangan satelit. Menurut Wang *et al.*, (2013) bahwa GMR (*green minus red*) merupakan indeks kamera RGB yang berguna untuk melakukan segmentasi terhadap kanopi tanaman yang tertangkap oleh citra dengan menetapkan nilai ambang berdasarkan besaran dari hasil pengurangan *band* hijau dan *band* merah. Untuk mengetahui perubahan luasan kesehatan tanaman digunakan analisis *kriging* berdasarkan indeks vegetasi yang sesuai untuk merepresentasikan keadaan di perkebunan kopi arabika. Perhitungan nilai indeks vegetasi dan analisis *kriging* dapat menggunakan aplikasi QGIS.

Pengembangan aplikasi SIG pada saat ini mengarah pada aplikasi berbasis web yang dikenal dengan webGIS untuk memudahkan dalam akses data terkait perkebunan kopi arabika, sehingga memudahkan pemilik kebun dalam hal penangan dan memudahkan pembeli untuk mengetahui kondisi kebun sebelum melakukan transaksi. Pada penelitian ini dibangun webGIS untuk mengelola data terkait perkebunan kopi arabika di perkebunan rakyat Dusun Barat Gunung, Desa Tanah Wulan, Kec. Maesan, Kab. Bondowoso menggunakan aplikasi *mapserver* dan *framework pmapper* yang dilengkapi dengan modul seperti modul pencarian wilayah kebun berdasarkan nama pemilik kebun dan akses jalan menuju kebun kopi arabika. Aplikasi *mapserver* dapat menjalankan beberapa bahasa pemrograman, salah satunya ialah *JavaScript*, sedangkan *framework pmapper* dapat dijalankan menggunakan bahasa pemrograman PHP/*MapScript*. Kemudian untuk menampilkan webGIS dibutuhkan internet *browser* untuk menjalankan bahasa pemrograman pada aplikasi *mapserver* dan *framework pmapper*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hubungan indeks vegetasi citra Landsat 8/OLI dan TIRS dan *agriino handle tool* pada fase pertumbuhan dan perkembangan kopi?
2. Bagaimana pengaruh analisis geostatistik *kriging* terhadap daerah penelitian?
3. Bagaimana merancang webGIS sederhana yang interaktif dan informatif?

1.3. Batasan Masalah

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui perubahan luasan kesehatan tanaman berdasarkan indeks vegetasi yang sesuai untuk menjelaskan keadaan kebun kopi arabika dan terbentuknya program webGIS yang dapat merepresentasikan keadaan kebun kopi arabika.

1.4. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini:

1. Menentukan kesehatan tanaman kopi berdasarkan hubungan indeks vegetasi citra Landsat 8/OLI dan TIRS dan *agriino handle tool* pada fase pertumbuhan dan perkembangan kopi.
2. Menentukan korelasi hasil analisis geostatistik *kriging* terhadap daerah penelitian.
3. Membangun sistem informasi geografis berbasis web yang interaktif dan informatif.

1.5. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu:

1. Manfaat bagi IPTEK yaitu sebagai salah satu bentuk kemajuan dalam pengaplikasian ilmu.
2. Manfaat bagi pemerintah yaitu dapat dijadikan referensi untuk menambah wawasan ilmu pengetahuan dan dapat dijadikan pedoman untuk penelitian selanjutnya serta besar harapan untuk dikembangkan.

3. Manfaat masyarakat yaitu hasil penelitian ini dapat memberikan informasi tentang bagaimana kondisi geografis perkebunan kopi serta memberikan manfaat dalam rangka penyusunan strategi untuk meningkatkan hasil panen kopi dalam perencanaan pembangunan agroindustri kopi Desa Tanah Wulan.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Informasi Geografis

2.1.1. Pengertian Sistem Informasi Geografis

Menurut Bonham-Carter (2014) bahwa sistem informasi geografis atau SIG adalah alat komputer untuk memanipulasi peta, gambar digital dan data tabel dari suatu lokasi. SIG didesain untuk menyatukan data spasial dari sumber yang berbeda menjadi satu kesatuan, umumnya SIG menampilkan berbagai struktur data digital secara spasial dari berbagai fenomena sebagai data layer (seperti struktur batuan dasar, batas kebun, dan jenis tanah) yang artinya semua data tumpang tindih pada semua lokasi.

2.1.2. Sumber Data SIG

Menurut Dixon dan Uddameri (2015) bahwa struktur data dapat dibedakan menjadi struktur data raster dan data *vector* berdasarkan sifat nyata objek. Data *vector* adalah tipe data yang merepresentasikan keadaan permukaan bumi pada SIG melalui geometri (poin, garis, dan poligon). Ketika menampilkan keadaan permukaan bumi menggunakan format data *vector* dalam SIG, secara tidak langsung data *vector* memiliki informasi baik data spasial dan atribut. Sebagai contoh, sebuah garis menandakan lokasi dari sebuah sungai (informasi spasial atau lokasi) dan data atribut (misalnya, nama sungai atau klasifikasi sungai). Namun, data vektor bukan yang terbaik untuk menampilkan data spasial yang berkelanjutan dan memiliki luasan yang luas seperti *elevasi* atau *slope*. Data raster lebih cocok untuk merepresentasikan objek nyata ketika tidak terdapat data geometri dan data spasial bervariasi secara terus menerus. Menurut Adnyana dan As-syakur (2012) bahwa struktur data raster bisa mempersingkat waktu *overlay* akan tetapi informasi yang ditampilkan tidak selengkap data vektor. Struktur data raster juga memerlukan ruang penyimpanan yang lebih besar dibandingkan dengan data *vector*. Akan tetapi struktur data raster memberikan keunggulan lain yaitu kemampuannya berintegrasi dengan data penginderaan jauh, karena cukup banyak data dasar SIG yang berasal dari penginderaan jauh yang juga berstruktur data raster.

2.3.2. Manfaat Sistem Informasi Geografis

Menurut Wibowo *et al.*, (2015) manfaat SIG ialah memudahkan dalam melihat fenomena kebumihan dengan perspektif yang lebih baik. SIG mampu mengakomodasi penyimpanan, pemrosesan, dan penampilan data spasial digital bahkan integrasi data yang beragam, mulai dari citra satelit, foto udara, peta dan data statistik.

2.3.3. Subsistem SIG

Menurut Ismail dan Sitanggang (2015) SIG memiliki beberapa subsistem yaitu:

- a) *input* data, berfungsi untuk mengumpulkan dan memproses data spasial dari berbagai sumber data yang berbeda.
- b) penyimpanan data (*database*), berfungsi untuk meyimpan data transformasi spektral dan subsistem ini mengatur data spasial yang dapat dipanggil, diperbarui, dan diedit.
- c) manipulasi dan analisis data, berfungsi untuk mengestimasi parameter dan kendala, serta melakukan fungsi pemodelan. Subsistem analisis dapat melakukan analisa konten pada *database*, melakukan pengumpulan data dan klasifikasi ulang data untuk analisis lebih lanjut.
- d) *output* data, berfungsi untuk menampilkan hasil dari pemanggilan *database* dalam bentuk tabel, grafik atau peta.

2.2. Penginderaan Jauh

Penginderaan jarak jauh adalah bidang teknologi yang memungkinkan manusia untuk melihat melebihi jarak jangkauannya. Melihat bumi dari tampak atas bahkan sinyal spektral yang berada diluar kemampuan manusia. Pada awalnya penginderaan jarak jauh difokuskan untuk memperluas pandangan manusia pada bidang intelejensi, strategi, taktik, dan militer serta terdapat beberapa platform dalam penggunaannya (Olsen, 2007).

Menurut Ahmad *et al.*, (2019) bahwa platform adalah keberadaan sensor atau kamera yang dipasang untuk mendapatkan informasi terkait sampel yang akan diteliti. Penggunaan platform dari pengguna hingga ke satelit dapat bermacam-

macam variasi. Ada beberapa jenis platform berdasarkan ketinggian dari atas permukaan yang dapat diklasifikasikan sebagai: 1) *ground-based-platforms*, 2) *balloon-platforms*, 3) *aircraft-platform*, 4) *rocket-platforms*, 5) *spacecraft-platforms*. Terdapat banyak jenis platform *ground-based* yang digunakan untuk penginderaan jauh. Salah satu yang paling umum digunakan ialah tripod, *tower*, dan *crane*. Untuk kegiatan penelitian tanaman tunggal atau beberapa tumbuhan kecil digunakan platform *ground-based*. Platform *ground-based* juga digunakan untuk kalibrasi sensor, kontrol kualitas dan untuk pengembangan sensor baru.

2.2.1. Citra Satelit Landsat 8/OLI dan TIRS

Menurut Sitanggung (2011) bahwa citra satelit landsat dirancang membawa sensor pencitra OLI (*operational land imager*) yang mempunyai 1 *band* inframerah dekat dan 7 *band* tampak reflektif, meliputi panjang gelombang yang direfleksikan oleh objek-objek pada permukaan bumi, dengan resolusi piksel 30x30 meter. Selain membawa sensor OLI, Landsat-8 mengalami pengembangan, yaitu membawa sensor pencitra TIRS (*thermal infrared sensor*) ditetapkan sebagai pilihan pada misi Landsat-8 yang dapat menghasilkan kontinuitas data untuk *band* inframerah termal yang tidak dicitrakan oleh OLI.

Menurut USGS (2020) bahwa Landsat-8 diluncurkan pada 11 Februari 2013 dengan membawa sensor 11 *band* dengan waktu revisit (pengambilan citra pada titik yang sama) selama 16 hari. Karakteristik *band* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik *band* citra satelit Landsat 8/OLI dan TIRS

Nama <i>Band</i>	Nomor <i>Band</i>	Panjang Gelombang (μm)
<i>Coastal/Aerosol</i>	<i>Band 1</i>	0.43 – 0.45
<i>Blue</i>	<i>Band 2</i>	0.45 – 0.51
<i>Green</i>	<i>Band 3</i>	0.53 – 0.59
<i>Red</i>	<i>Band 4</i>	0.64 – 0.67
<i>Near-Infrared</i>	<i>Band 5</i>	0.85 – 0.88
<i>Shortwave Infrared-1</i>	<i>Band 6</i>	1.57 – 1.65
<i>Shortwave Infrared-2</i>	<i>Band 7</i>	2.11 – 2.29
<i>Panchromatic</i>	<i>Band 8</i>	0.50 – 0.68
<i>Cirrus</i>	<i>Band 9</i>	1.36 – 1.38
<i>Thermal</i>	<i>Band 10T1</i>	10.60 – 11.19
<i>Thermal</i>	<i>Band 11T1</i>	11.50 – 12.51

Menurut Setiawan *et al.*, (2018) bahwa untuk melakukan analisis pada fase tanaman dapat digunakan data citra yang berdekatan sebagai bentuk toleransi yaitu 2 hari. Dalam kajian Setiawan *et al.*, (2018) bahwa digunakan data satelit LAPAN A3/IPB dengan waktu akuisis pada tanggal 17 Juni 2017 dan data citra Landsat 8 dengan waktu akuisisi pada tanggal 19 Juni 2017.

2.2.2. Agriino Handle Tool

Salah satu metode yang tidak merusak untuk area tanaman ialah platform *ground-based*. Pada saat ini penggunaan kamera standar RGB digunakan sebagai sensor pasif pada bidang penginderaan jauh (Putra dan Soni, 2017). Agriino adalah alat yang dilengkapi dengan standar kamera RGB berbasis android yang diciptakan untuk membantu petani dalam mengestimasi kandungan klorofil dan nitrogen pada setiap tanaman dengan metode yang tidak merusak. Perangkat ini menggabungkan teknologi penginderaan jauh dan mampu memberikan pemupukan tepat waktu dan sesuai dengan kebutuhan nutrisi di setiap tanaman. Aplikasi perangkat keras dan perangkat lunak digabungkan dalam satu unit yang dirancang untuk kenyamanan petani (CV. Agrimart, 2018).

2.3. Kopi Arabika

Menurut Rahardjo (2017) bahwa tanaman kopi membentuk bunga dari mata tunas yang berada di ketiak daun pada cabang plagiotrop atau cabang yang mengarah mendatar. Setiap buku dari cabang plagiotrop terdapat satu pasang daun yang saling berhadapan dengan 5 mata tunas sehingga setiap buku dari cabang terdapat 10 mata tunas. Setiap mata tunas dapat tumbuh membentuk organ vegetatif (cabang dan daun) dan membentuk organ generatif (bunga, buah, dan biji). Pemekaran bunga kopi memerlukan hujan sebagai pemicu utama untuk membangunkan kembali kuncup bunga yang dorman.

2.4. Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi merupakan suatu bentuk transformasi spektral yang diterapkan terhadap citra multisaluran untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi ataupun aspek lainnya yang berkaitan dengan kerapatan, misalnya biomassa, *leaf*

area indeks (LAI), konsentrasi klorofil, dan sebagainya. Secara praktis, indeks vegetasi ini merupakan suatu informasi matematis yang melibatkan beberapa *band* sekaligus, dan menghasilkan citra baru yang lebih representatif dalam menyajikan fenomena vegetasi. NDVI (*normalized difference vegetation index*) merupakan indeks vegetasi yang paling sering digunakan. NDVI didasarkan pada pengamatan bahwa permukaan yang berbeda-beda merefleksikan berbagai jenis gelombang cahaya yang berbeda-beda. Vegetasi yang aktif melakukan fotosintesis akan menyerap sebagian besar gelombang merah sinar matahari dan mencerminkan gelombang inframerah dekat lebih tinggi. Vegetasi yang sudah mati atau kurang sehat lebih banyak mencerminkan gelombang merah dan lebih sedikit pada gelombang inframerah dekat (Andini *et al.*, 2018). Indeks vegetasi lain yang lebih baik ialah EVI (*enhanced vegetation indeks*), yang telah mengoreksi distorsi dari cahaya pantulan oleh awan dan aerosol yang sudah menghalangi pandangan satelit (Albornoz *et al.*, 2019).

Ada beberapa indeks vegetasi warna kamera RGB yang dapat digunakan untuk membedakan tanah dan tanaman serta dapat menghapus bayangan dari tanaman diataranya ialah *visible atmospherically resistant indeks* (VARI) dan *normalized green red difference indeks* (NGRDI) (Themistocleous, 2019). *Green minus red* (GMR) merupakan indeks lain yang berguna untuk melakukan segmentasi terhadap kanopi tanaman yang tertangkap oleh citra dengan menetapkan nilai ambang berdasarkan besaran dari hasil pengurangan *band* hijau dan *band* merah (Wang *et al.*, 2013).

Menurut Putra dan Soni (2017) bahwa klasifikasi citra didasarkan pada besarnya nilai indeks vegetasi. Pengkelasan nilai indeks vegetasi dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kelas kesehatan tanaman nilai indeks vegetasi NDVI

No.	Tingkat Kesehatan	NDVI
1	Sangat Baik	0,72 – 0,92
2	Baik	0,42 – 0,72
3	Normal	0,22 – 0,42
4	Buruk	0,12 – 0,22
5	Sangat Buruk	-1,00 – 0,22

Menurut Ariwibowo (2007) bahwa klorofil merupakan pigmen fotosintesis yang paling utama. Klorofil dapat menyerap cahaya merah, biru, dan ungu dalam jumlah banyak. Adapun cahaya kuning dan hijau diserap dalam jumlah sedikit. Oleh karena itu, cahaya kuning dan hijau dipantulkan sehingga klorofil tampak berwarna hijau. Menurut Sari *et al.*, (2015) bahwa NDVI lebih sensitif terhadap klorofil, sehingga klorofil dapat membaurkan faktor kesehatan daun, karena pada prinsipnya nilai NDVI berdasar pada kontras antara absorpsi maksimum klorofil pada panjang gelombang merah dan reflektansi maksimum pada inframerah (NIR) yang disebabkan oleh struktur daun.

2.5. WebGIS

Menurut Hidayah *et al.*, (2019) bahwa webGIS merupakan aplikasi *geographic information system* (GIS) yang dapat diakses secara online melalui internet/web. Pada konfigurasi webGIS ada server yang berfungsi sebagai *map server* yang bertugas memproses permintaan peta dari *client* dan kemudian mengirimkannya kembali pada *client*. Dalam hal ini pengguna/*client* tidak perlu mempunyai *software* GIS, hanya menggunakan internet *browser* untuk mengakses GIS yang ada di *server*.

2.5.1. MapServer

Menurut Singh *et al.*, (2012) bahwa *mapserver* ialah *open source platform* untuk menampilkan data spasial dan aplikasi pemetaan interaktif ke web yang telah digunakan sebagai server data spasial. *MapServer* dapat membuat peta dari format digital informasi spasial yang tersimpan. *MapServer* dapat digunakan untuk mengolah data vektor dan raster. *MapServer* dapat mengolah lebih dari 20 format data vektor yang berbeda, termasuk shapefiles, PostGIS and ArcSDE geometri, OPeNDAP, file cakupan Arc/Info. *MapServer* berbasis template yang dapat menggunakan beberapa jenis *framework*, seperti *openlayer*, *leaflet*, dan *pmapper*.

2.5.2. Pmapper

Menurut Pratiwi *et al.*, (2013) bahwa *pmapper* merupakan salah satu *framework* yang ada pada aplikasi *MapServer* yang berbasis *PHP/Mapscript*.

Fungsi yang terdapat pada *Pmapper* adalah:

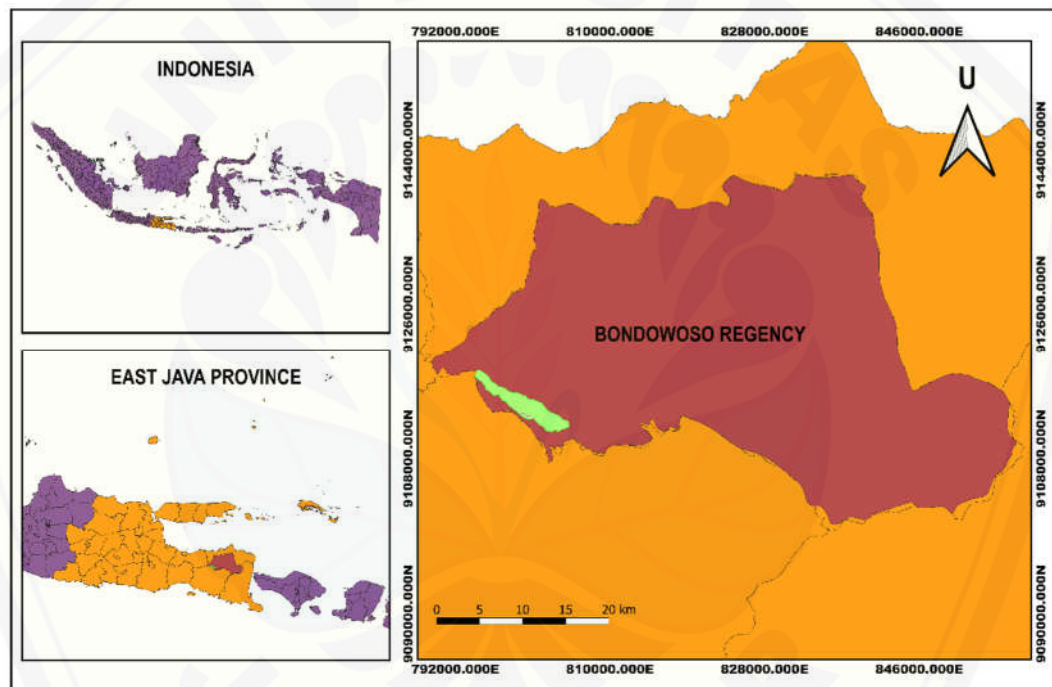
1. terdapat *tool zoom/pan*, fungsi *query (identify, select, search)*
2. *layout* dari *query* yang dapat diganti dengan *template* yang ada pada *JavaScript*
3. terdapat *plugin API* untuk membuat tambahan fungsi
4. dapat menampilkan hasil *query* dengan koneksi *database* dan *hyperlink*
5. terdapat fungsi *print, download* dan *link* serta *pop-up identify* yaitu untuk memberikan hasil *query* ketika suatu objek di sorot dengan *mouse* serta fungsi lainnya.

MapScript adalah antarmuka pemrograman *MapServer*. Saat ini *MapScript* tersedia dalam beberapa bahasa pemrograman: *PHP, Perl, Python, dan Ruby*. Modul *PHP/MapScript* biasanya dipasang bersamaan dengan instalasi *MapServer*.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan September – Desember 2019 pada saat kopi arabika berada pada fase pertumbuhan dan pemekaran bunga kopi. Penelitian ini dilaksanakan di kebun rakyat kopi arabika Dusun Barat Gunung, Desa Tanah Wulan, Kecamatan Maesan, Kabupaten Bondowoso dan laboratorium N – Computing Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Tempat penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Sumber: (DEMNAS, 2020)

Gambar 3.1 Peta wilayah penelitian

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. *Agriino handle tool*, digunakan untuk pengambilan citra daun kopi dan ekstraksi warna RGB.
2. Laptop, digunakan untuk pengolahan data primer maupun data sekunder. Laptop yang digunakan ialah Acer E 15 E5 – 553G – 114Q.

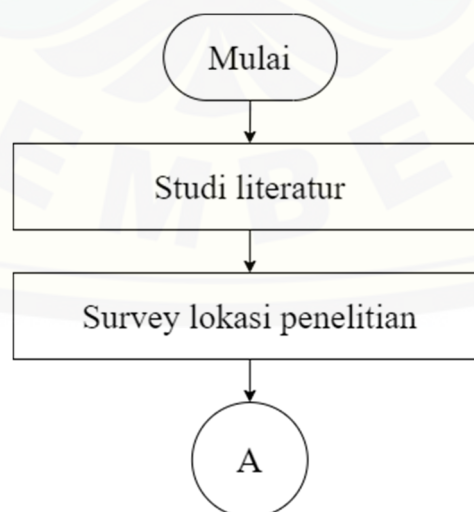
3. Handphone (HP), digunakan untuk akses aplikasi Agriino sebagai software dari *Agriino handle tool*. Handphone yang digunakan ialah Samsung S8+.
4. *Microsoft excel* 2016, untuk mengolah data, menginput, mengedit, dan memformat data sebelum dan sesudah dilakukan analisis data.
5. *Microsoft word* 2016, untuk alat penulisan naskah.
6. Aplikasi QGIS 3.10.2 untuk koreksi atmosferik, perhitungan indeks vegetasi, dan analisa *kriging*
7. Aplikasi *mapserver* 3.0.6 dan *framework Pmapper* 4.4.0 untuk membuat aplikasi webGIS

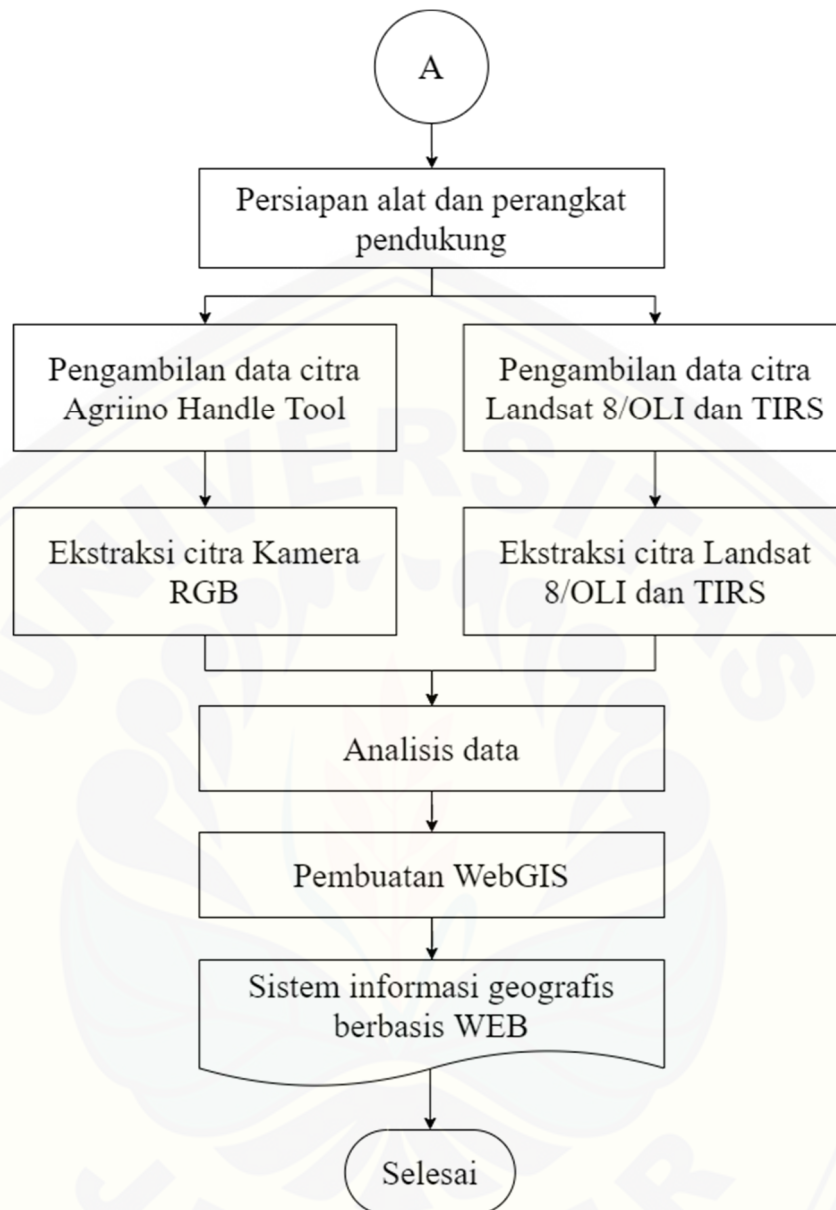
Bahan penelitian yang digunakan yaitu:

1. Perkebunan kopi arabika di Desa Tanah Wulan, Kecamatan Maesan, Kabupaten Bondowoso seluas 5000 m².
2. Citra satelit Landsat 8/OLI dan TIRS pada Bulan September – Desember 2019
3. Ekstraksi citra kamera RGB

3.3. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan prosedur kerja penelitian mulai dari studi literatur sampai dengan didapatkan hasil penelitian tersebut. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2.





Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

Tahapan penelitaian sebagai berikut:

3.3.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari informasi mengenai penelitian sistem informasi geografis perkebunan kopi berbasis webGIS khususnya informasi terkait indeks vegetasi menggunakan penginderaan jauh dari berbagai sumber seperti buku, jurnal dan internet.

3.3.2. Survei Lokasi Penelitian

Survei lokasi penelitian dilakukan untuk menentukan titik pengambilan data di lokasi yang terdapat tanaman kopi arabika. Sampel tanaman kopi arabika yang digunakan pada penelitian merupakan tanaman kopi arabika yang memiliki jarak tanam mulai dari 2 m x 2 m hingga 2,5 m x 2,5 m dengan rata-rata umur tanaman 5 tahun.

3.3.3. Persiapan Alat dan Perangkat Pendukung

Persiapan perangkat pendukung pada masing-masing alat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

a. *Agriino handle tool*, persiapan yang dilakukan adalah

1). Pemasangan filter inframerah pada kamera, 2). Instal aplikasi Agriino pada HP android, 3). Kalibrasi *agriino handle tool*

b. Laptop, persiapan yang dilakukan adalah

1). Instal aplikasi QGIS 3.10.2, 2). Instal *plugin processing* digunakan untuk *sample raster values* (pengambilan nilai piksel pada raster berdasarkan titik koordinat sampel), 3). Instal *plugin semi automatic classification* (SCP) digunakan untuk koreksi atmosferik, Instal *plugin precision agriculture tool* (PAT) digunakan untuk validasi data sampel.

3.3.4. Pengambilan Data

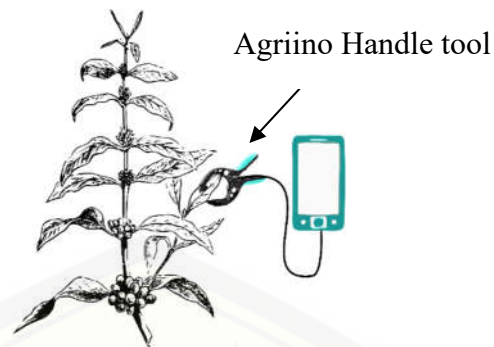
Pengambilan data pada masing-masing parameter sebagai berikut:

a. Citra satelit Landsat 8/OLI dan TIRS, cara pengambilan data sebagai berikut

1). Register ke dalam web <https://earthexplorer.usgs.gov>, 2). Mengatur lokasi pengambilan data melalui data *boundary* pada QGIS, 3). Mengatur tanggal pengambilan data, 4). Download *product* citra Citra Satelit Landsat 8/OLI dan TIRS dari bulan September sampai Nopember 2019, 5). Download data melalui QGIS.

b. *Agriino handle tool*, cara pengambilan data sebagai berikut

1). Menyiapkan *agriino handle tool* (instal *software* Agriino 1.3), 2). Pembuatan *Boundary* kebun kopi arabika yang akan digunakan untuk tempat pengambilan data, 3). Melakukan pemotretan pada daun kopi arabika nomor 3 pada cabang plagiotrop yang ada didalam *boundary* dengan cara menjepit daun tanaman kopi (lihat Gambar 3.3)



Gambar 3.3 Ilustrasi pengambilan data menggunakan *agriino handle tool*

3.3.5. Ekstraksi Citra Satelit dan Kamera RGB

a. Ekstraksi citra Landsat 8/OLI dan TIRS

Citra yang digunakan adalah citra Landsat 8/OLI dan TIRS dengan level standar tertinggi (1T) yang diterima oleh pengguna dalam bentuk nilai digital dan dapat digunakan secara langsung untuk pemetaan penutup/penggunaan lahan. Namun, data tersebut masih memiliki akurasi radiometrik yang rendah apabila akan digunakan untuk menurunkan informasi indeks vegetasi (Muchsin *et al.*, 2019). Oleh karena itu, sebelum data digunakan untuk beberapa analisis ekologi, data tersebut harus dilakukan *preprocessing* untuk menghitung efek dari sensor, sinar matahari, atmosfer, dan topografi. *Preprocessing* berfungsi untuk meminimalkan efek dari bias-bias yang ada di atmosfer. Efek tersebut ialah penghamburan dan penyerapan radiasi elektromagnetik selama pengambilan gambar oleh sensor. Koreksi atmosferik (*atmospheric correction*) digunakan untuk meminimalkan efek ini (Young *et al.*, 2017).

1). Tahap pra pengolahan citra dilakukan menggunakan *software* QGIS 3.10.2 dengan *tool plugin semi-automatic classification* yang meliputi koreksi atmosferik dan *dark object subtraction* (DOS). Tujuan dari DOS adalah untuk mengasumsikan piksel dari gambar yang terhalang oleh bayangan sehingga memengaruhi nilai dari piksel tersebut dan pancaran yang diterima satelit diklasifikasikan sebagai penghamburan oleh atmosfer (koreksi atmosferik). Proses atmosferik dan DOS dilakukan dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Koreksi atmosferik, } L_{\lambda} = M_L * Q_{cal} + A_L \dots \dots \dots (3.1)$$

$$\text{DOS, } L_{min} = M_L * DN_{min} + A_L \dots \dots \dots (3.2)$$

Ketereangan:

- L_λ = pancaran cahaya spektral pada *aperture* (bukaan) sensor (Watts/($m^2 * \text{srad} * \mu\text{m}$))
- M_L = faktor penyesuaian *band* yang terdapat pada metadata Landsat (RADIANCE_MULTI_BAND_x, dimana x adalah nomor *band*)
- Q_{cal} = nilai piksel yang telah dikuantifikasi dan kalibrasi (DN)
- A_L = Faktor penskalaan *band* yang terdapat pada metadata Landsat (RADIANCE_ADD_BAND_x, dimana x adalah nomor *band*)
- L_{min} = nilai pancaran cahaya dari semua piksel $\leq 0.01\%$
- DN_{min} = nilai pancaran cahaya (Congedo, 2016).

2). Tahap pengolahan citra melalui transformasi spektral. Penyusunan transformasi dengan melakukan perhitungan pada *band* biru (2: 0.45 – 0.51 μm), *band* hijau (3: 0.53 – 0.59 μm), *band* inframerah (4: 0.64 – 0.67 μm), dan *band* merah (5: 0.85 – 0.88 μm). Kemudian dilakukan transformasi spektral dengan menggunakan *tool raster calculator* pada *software* QGIS 3.10.2. Rumus transformasi spektral dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Indeks vegetasi citra Landsat 8/OLI dan TIRS

Indeks Vegetasi	Formula	Peruntukan	Referensi
<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>	$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R}$	Citra satelit	Jorge <i>et al.</i> , (2019)
<i>Enhanced Vegetation Indeks</i>	$2.5 * \frac{NIR-R}{NIR+C1*R-C2*B+L}$	Citra satelit	Albornoz <i>et al.</i> , (2019)

Keterangan:

- NIR = Nilai spektral *band* NIR
- R = Nilai spektral *band* merah
- B = Nilai spektral *band* biru
- G = *Gain factor*, G= 2,5
- L = Faktor kalibrasi efek kanopi dan tanah
- C1 = *Atmospheric aerosol resistance*, C1= 6
- C2 = *Atmospheric aerosol resistance*, C2= 7,5

b. Ekstraksi *image* kamera *Agriino handle tool*

Image kamera *Agriino handle tool* dilakukan segmentasi piksel dengan metode normalisasi R, G, dan B menggunakan *software* Microsoft Excel dengan cara pengolahan sebagai berikut.

1). Salin nilai R, G, dan B yang tersimpan pada *cloud* <https://apps.agrimart.id> pada *Microsoft Excel*, 2). Melakukan segmentasi dengan metode normalisasi RGB, sehingga dihasilkan $r + g + b = 1$, 3). Menghitung indeks vegetasi RGB.

Perhitungan indeks vegetasi yang digunakan pada kamera *Agriino handle tool* dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Indeks vegetasi kamera RGB

Indeks Vegetasi	Formula	Peruntukan	Referensi
<i>Normalized Difference Vegetation Indeks-Red</i>	$r = \frac{R}{R + G + B}$	Kamera	Kusumanto dan Tompunu (2011)
<i>Normalized Difference Vegetation Indeks-Green</i>	$g = \frac{G}{R + G + B}$	Kamera	Kusumanto dan Tompunu (2011)
<i>Normalized Difference Vegetation Indeks-Blue</i>	$b = \frac{B}{R + G + B}$	Kamera	Kusumanto dan Tompunu (2011)
<i>Green minus Red</i>	$GMR = g - r$	Kamera	Wang <i>et al.</i> , (2013)
<i>Normalized Green Red Difference Indeks</i>	$NGRDI = \frac{(g - r)}{(g + r)}$	Kamera	Elazab <i>et al.</i> , (2015)
<i>Visible Atmospherically Resistance Indeks</i>	$VARI = \frac{(g - r)}{(g + r - b)}$	Kamera	Jiang <i>et al.</i> , (2019)

Keterangan:

R = Nilai spektral *band* merah
 G = Nilai spektral *band* hijau
 B = Nilai spektral *band* biru






3.3.6. Analisis Data

Analisi data yang digunakan sebagai berikut:

a. Penamaan kelas tingkat kesehatan

Penamaan kelas kesehatan tanaman berdasarkan warna dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Pengkelasan tingkat kerapatan berdasarkan warna

Nomor Kelas	Tingkat Kesehatan	NDVI	Kelas Warna
1	Sangat Baik	0,72 – 0,92	
2	Baik	0,42 – 0,72	
3	Normal	0,22 – 0,42	
4	Buruk	0,12 – 0,22	
5	Sangat Buruk	-1,00 – 0,22	

b. Uji kalibrasi

Menurut *International Organization for Standardization (ISO) / International Electrotechnical Commission (IEC) Guide 17025 : 2005* (2006) bahwa pengertian kalibrasi adalah kegiatan yang menghubungkan nilai yang ditunjukkan oleh instrumen/alat ukur atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur dengan nilai yang sudah diketahui tingkat kebenarannya dalam kondisi tertentu. Pada penelitian ini digunakan beberapa data sebagai variabel kalibrasi (lihat Tabel 3.4).

Tabel 3.4 Variabel kalibrasi

x	y
Indeks vegetasi GMR	Indeks vegetasi EVI
Indeks vegetasi NGRDI	Indeks vegetasi NDVI
Indeks vegetasi VARI	

Kalibrasi dilakukan dengan cara menentukan nilai koefisien determinasi sehingga didapatkan nilai korelasi terbaik antar variabel.

c. Analisis regresi linier

Koefisien regresi merupakan koefisien yang mengukur besarnya pengaruh (X) nilai indeks vegetasi citra terhadap peubah terikat (Y) nilai indeks vegetasi RGB. Analisis regresi digunakan untuk membangun model linier dari NDVI, EVI satelit Landsat 8/OLI dan TIRS dan GMR, NGRDI, VARI kamera RGB *agriino handle tool* (Pratama *et al.*, 2019).

d. Uji koefisien determinasi (R^2)

Uji determinasi pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui seberapa baik kemampuan model regresi linier indeks vegetasi dalam menjelaskan variasi indeks vegetasi warna RGB di lapangan. Rentang nilai koefisien determinasi berada diantara 0 – 1. Nilai R^2 yang rendah menunjukkan kemampuan model linier dalam menjelaskan variasi indeks vegetasi warna RGB terbatas (Pratama *et al.*, 2019).

e. Uji korelasi

Koefisien korelasi (r) dilakukan untuk mengetahui kekuatan hubungan antara nilai indeks vegetasi Landsat 8/OLI dan TIRS dengan nilai indeks vegetasi warna RGB dari perhitungan lapang. Tingkat koefisien korelasi dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Tingkat korelasi dan kekuatan hubungan

No.	Nilai korelasi (r)	Tingkat Hubungan
1	0,00 – 0,09	Sangat Lemah
2	0,20 – 0,39	Lemah
3	0,40 – 0,59	Cukup
4	0,60 – 0,79	Kuat
5	0,80 – 1,00	Sangat Kuat

Sumber: (Pratama *et al.*, 2019)

f. *Kriging*

Kriging merupakan suatu metode analisis data geostatistika yang digunakan untuk menduga besarnya nilai yang mewakili suatu titik yang tidak tersampel berdasarkan titik tersampel yang berada di sekitarnya dengan menggunakan model struktural semivariogram. Jika dilihat secara umum, metode *kriging* adalah metode analisis geostatistik untuk menginterpolasi suatu nilai indeks vegetasi sebagai contoh nilai indeks vegetasi berdasarkan data sampel yang diambil di tempat-tempat yang tidak beraturan (Rozalia *et al.*, 2016).

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dijelaskan maka kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai indeks vegetasi GMR terhadap indeks vegetasi EVI mempunyai tingkat hubungan yang lebih kuat daripada indeks vegetasi GMR terhadap NDVI karena ditandai dengan nilai koefisien determinasi yang dihasilkan indeks vegetasi GMR terhadap indeks vegetasi EVI lebih besar daripada indeks vegetasi GMR terhadap NDVI.
2. Analisis *kriging* dapat digunakan untuk mengetahui perubahan luas tingkat kesehatan tanaman pada saat sebelum dan sesudah berbunga. Hasil analisis *kriging* pada semua indeks vegetasi mengalami penurunan tingkat kesehatan tanaman. Penurunan pada indeks vegetasi GMR seluas 97% dari tingkat kesehatan baik menjadi normal, NDVI 50,6% dari tingkat kesehatan tanaman sangat baik menjadi baik, dan EVI 33,52% dari tingkat kesehatan tanaman baik menjadi normal.
3. Penggunaan *framework Pmapper* untuk menampilkan informasi spasial dan atribut dapat dijalankan menggunakan *MapServer*. Bahasa pemrograman PHP dan *Mapscript* mudah digunakan untuk pemula, selain itu *framework Pmapper* memiliki beberapa *tool* yang dapat memudahkan pengguna untuk mencari informasi yang dibutuhkan. Untuk menjalankan *MapServer* dibutuhkan aplikasi *browser* sehingga mudah dalam melakukan akses.

5.2. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya ialah pengambilan data dapat dilakukan pada semua fase pertumbuhan kopi. Selain itu, pengambilan data lapang disesuaikan dengan revisit citra satelit dalam penelitian ini yaitu Landsat 8 setiap 16 hari agar didapatkan data kalibrasi yang akurat dan pembuatan modul webGIS secara singkat untuk memudahkan pengguna dalam melakukan akses aplikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnyana, I. W. S. dan A. R. As-syakur. 2012. Aplikasi sistem informasi geografi (sig) berbasis data raster untuk pengkelasan kemampuan lahan di provinsi bali dengan metode nilai piksel pembeda. *Manusia Dan Lingkungan*. 19(1):21–29.
- Ahmad, T., D. K. Sinha, dan P. P. Chakraborty. 2019. *Geology Module : Remote Sensing Platforms and Sensors*. 2019
- Albornoz, L., A. Navarro, dan L. Mercado. 2019. Vineyard zoning of cv bonarda argentine (*vitis vinífera* l .), from sentinel satellite images and three vegetation indexes. *Zoning from Sentinel Satellite*. 51(2):167–176.
- Andini, S. W., Y. Prasetyo, dan A. Sukmono. 2018. Analisis sebara vegetasi dengan citra sentinel menggunakan metode ndvi dan segmentasi (studi kasus: kabupaten demak). *Jurnal Geodesi Undip*. 7(1)
- Ariwibowo, F. F. P. M. 2007. *Praktis Belajar Biologi*. PT Grafindo Media Pratama.
- BMKG Jatim. 2020. BPS Provinsi Jawa Timur. <https://jatim.bps.go.id/statictable/2020/03/27/2077/pengamatan-unsur-iklim-di-stasiun-pengamatan-badan-meteorologi-klimatologi-dan-geofisika-bmkg-2017-2019.html> [Diakses pada June 13, 2020].
- Bonham-Carter, G. F. 2014. *Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS*. Computer methods in the geosciences. Elsevier Science.
- Chang, K. T. 2002. *Introduction to Geographic Information Systems*. Introduction to Geographic Information Systems. McGraw-Hill. v. 2.
- Congedo, L. 2016. Semi-Automatic Classification Plugin Documentation. Release 6.0.1.1. 2016
- CV. Agrimart. 2018. *Manual Book Mobile-Based Handle Nutrient Sensing System*. Jember: CV. Agrimart Pasar Tani Indonesia.
- DEMNAS. 2020. DEMNAS. <http://tides.big.go.id/DEMNAS/> [Diakses pada August 9, 2020].
- Dixon, B. dan V. Uddameri. 2015. *GIS and Geocomputation for Water Resource Science and Engineering*. Wiley Works. Wiley.
- Elazab, A., J. Bort, B. Zhou, M. D. Serret, M. T. Nieto-Taladriz, dan J. L. Araus. 2015. The combined use of vegetation indices and stable isotopes to

- predict durum wheat grain yield under contrasting water condition. *Agricultural Water Management*. 158:196–208.
- Gerard, F. F., C. T. George, G. Hayman, C. Chavana-Bryant, dan G. P. Weedon. 2020. Leaf phenology amplitude derived from modis ndvi and evi: maps of leaf phenology synchrony for meso- and south america. *Geoscience Data Journal*. (January 2019):1–14.
- Glacier, M. 2020. More than a pretty picture: how landsat images are made. *Landsat Science*
- Hamuda, E., M. Glavin, dan E. Jones. 2016. A survey of image processing techniques for plant extraction and segmentation in the field. *Computers and Electronics in Agriculture*. 125:184–199.
- Hidayah, N., B. Susetyo, dan F. S. F. Kusumah. 2019. Model Analisis Indeks Kecukupan Perpustakaan Berbasis Webgis. *Prosiding Seminar Nasional Geotik 2019*. 2019. Teknik Informatika, Universitas Ibn Khaldun Bogor: 88–95.
- International Organization for Standardization (ISO) / International Electrotechnical Commission (IEC) Guide 17025 : 2005. 2006. *Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian Dan Laboratorium Kalibrasi. Iso/Iec 17025*.
- Ismail, M. H. dan I. S. Sitanggang. 2015. Empowering gis education program : is gis as a science , art or tool ? *Journal of GIS Trends*. 1:1–7.
- Jatim, B. 2013. *Kabupaten Bondowoso*. Dalam Bappeda Jatim
- Jiang, J., W. Cai, H. Zheng, T. Cheng, Y. Tian, Y. Zhu, R. Ehsani, Y. Hu, Q. Niu, L. Gui, dan X. Yao. 2019. Using digital cameras on an unmanned aerial vehicle to derive optimum color vegetation indices for leaf nitrogen concentration monitoring in winter wheat. *Remote Sensing*. 11:1–17.
- Jorge, J., M. Vallbé, dan J. A. Soler. 2019. Detection of irrigation inhomogeneities in an olive grove using the ndre vegetation index obtained from uav images vegetation index obtained from uav images. *European Journal of Remote Sensing*. 52(1):169–177.
- Kusumanto, R. D. dan A. N. Tompunu. 2011. Pengolahan citra digital untuk mendeteksi obyek menggunakan pengolahan warna model normalisasi rgb. *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan*. 2011(Semantik):1–7.
- Maryantika, N., L. M. Jaelani, dan A. Setiyoko. 2011. Analisa perubahan vegetasi ditinjau dari tingkat ketinggian dan kemiringan lahan menggunakan citra

- satelit landsat dan spot 4 (studi kasus kabupaten pasuruan). *Geoid*. 7(1):94–100.
- Muchsin, F., L. Fibriawati, M. I. Rahayu, Hendayani, dan K. A. Pradhono. 2019. Koreksi atmosfer data landsat-8 menggunakan parameter atmosfer dari data modis. *Jurnal Penginderaan Jauh*. 16(2):83–90.
- Olsen, R. C. 2007. *Remote Sensing from Air and Space*. SPIE PM. Society of Photo Optical.
- Prasetyo, N. N., B. Sasmito, dan Y. Prasetyo. 2017. Analisis perubahan kerapatan hutan menggunakan metode ndvi dan evi pada citra satelit landsat-8 tahun 2013 dan 2016. *Jurnal Geodesi Undip*. 6(3):21–27.
- Pratama, I. G. M. Y., I. W. G. A. Karang, dan Y. Suteja. 2019. Distribusi spasial kerapatan mangrove menggunakan citra sentinel-2a di tahura ngurah rai bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. 5(2):192–202.
- Pratiwi, A. T. A., A. Suprayogi, dan Hani'ah. 2013. Penyajian informasi komoditas pertanian berbasis webgis di kabupaten kendal. *Jurnal Geodesi Undip*. 2(1):84719.
- Priyanto, E., K. Muludi, dan R. Irawati. 2013. Perancangan sistem informasi geografis (sig) berbasis web untuk penyediaan informasi fasilitas dan personalia di universitas lampung. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. 1(2):167–172.
- Putra, B. T. W. dan P. Soni. 2017. Enhanced broadband greenness in assessing chlorophyll a and b , carotenoid , and nitrogen in robusta coffee. *Precision Agriculture*
- Rahardjo, P. 2012. *KOPI*. Jakarta: Penebar Swadaya Grup.
- Rahardjo, P. 2017. *Berkebun Kopi*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Rozalia, G., H. Yasin, dan D. Ispriyanti. 2016. Penerapan metode ordinary kriging pada pendugaan kadar no2 di udara. *Jurnal Gaussian*. 5(2):113–121.
- Sari, V. D., M. Taufik, dan L. M. Jaelani. 2015. Perbandingan Pengaruh Koreksi Radiometrik Citra Landsat 8 Terhadap Indeks Vegetasi Pada Tanaman Padi. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah (ATPW)*. (June). 2015. 13–20.
- Setiawan, Y., L. B. Prasetyo, H. Pawitan, L. Liyantono, S. Syartinilia, A. K. Wijayanto, P. A. Permatasari, A. H. Syafrudin, dan P. R. Hakim. 2018. Pemanfaatan fusi data satelit lapan-a3/ipb dan landsat 8 untuk monitoring lahan sawah. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*

(*Journal of Natural Resources and Environmental Management*). 8(1):67–76.

- Sholikhan, M., S. Y. J. Prasetyo, dan K. D. Hartomo. 2019. Pemanfaatan webgis untuk pemetaan wilayah rawan longsor kabupaten boyolali dengan metode skoring dan pembobotan. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*. 5(1):131–143.
- Singh, P. S., D. Chutia, dan S. Sudhakar. 2012. Development of a web based gis application for spatial natural resources information system using effective open source software and standards. *Journal of Geographic Information System*. 4:261–266.
- Sitanggang, G. 2011. Kajian pemanfaatan satelit masa depan: sistem penginderaan jauh satelit ldcms (landsat-8). *Peneliti Bidang Bangfatja, LAPAN*. 11(2):47–58.
- Sudiana, D. dan E. Diasmara. 2008. Analisis Indeks Vegetasi Menggunakan Data Satelit NOAA/AVHRR Dan TERRA/AQUA-MODIS. *Seminar on Intelligent Technology and Its Application*. 2008. 423–428.
- Suhardi, D. Useng, dan Nugraha Pratiwi Johan. 2019. Pendugaan produktivitas padi sawah berdasarkan reflektansi (indeks vegetasi), warna dan kerapatan tanaman. *Prodi Keteknikaan Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hassanuddin*. 17–26.
- Themistocleous, K. 2019. DEM Modeling Using RGB-Based Vegetation Indices from UAV Images. *Seventh International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment*. 11174. 2019. 1–8.
- USGS. 2020a. Preliminary Analysis of the Performance of the Landsat 8/OLI Land Surface Reflectance Product. https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-enhanced-vegetation-index?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con [Diakses pada February 28, 2020].
- USGS. 2020b. Landsat — earth observation satellites landsat missions : imaging the earth since 1972. (August 2016):2013–2016.
- Vesali, F., M. Omid, H. Mobli, dan A. Kaleita. 2017. Feasibility of using smart phones to estimate chlorophyll content in corn plants. *Photosynthetica*. 55(4):603–610.
- Wang, Y., D. Wang, G. Zhang, dan J. Wang. 2013. Field crops research estimating nitrogen status of rice using the image segmentation of g-r thresholding method. *Field Crops Research*. 149:33–39.

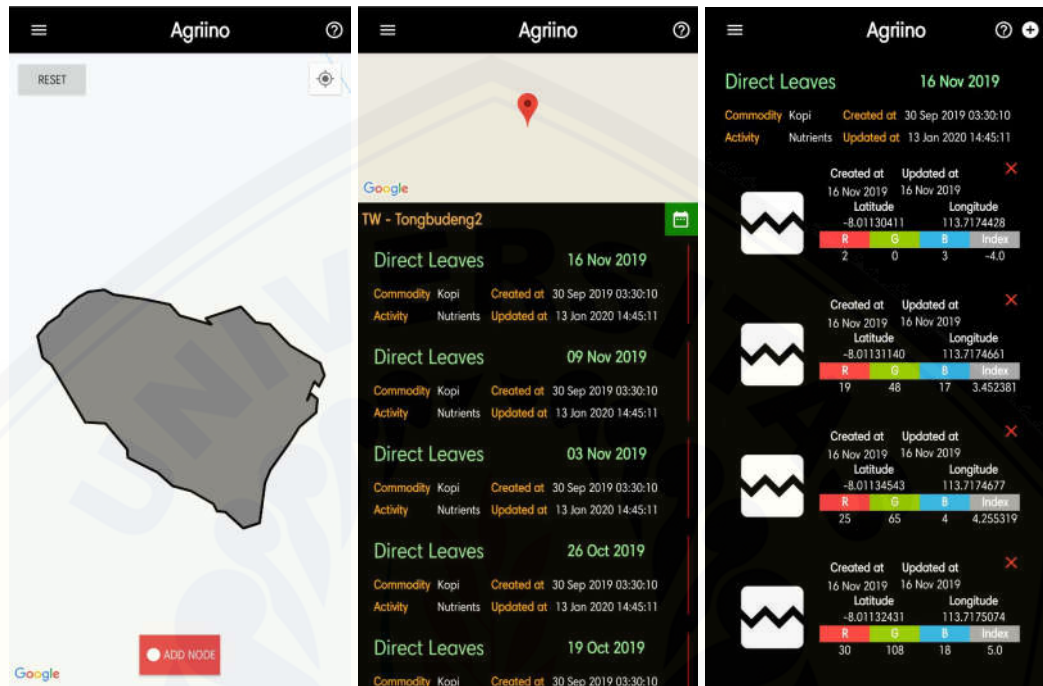
Wibowo, K. M., I. Kanedi, dan J. Jumadi. 2015. SISTEM informasi geografis (sig) menentukan lokasi pertambangan batu bara di provinsi bengkulu berbasis website. *Jurnal Media Infotamamanfaat*. 11(1):51–60.

Young, N. E., R. S. Anderson, S. M. Chignell, A. G. Vorster, R. Lawrance, dan P. H. Evangelista. 2017. A survival guide to landsat preprocessing. *Emphasizing New Ideas to Stimulate Research In Ecology*. 98(4):920–932.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi penelitian



Gambar (a) Hasil *tracking* kebun menggunakan aplikasi agriino, (b) Hasil pengambilan data berdasarkan tanggal pengambilan, dan (c) Hasil pengambilan citra daun kopi

Lampiran 2. *Script input data*

```
# Adapt settings in map file <tt>pmapper_demo.map</tt> for the following tags to
match settings
# on your machine (see additionally MapServer documentation for detailed
information):
#
# MAP
# SHAPEPATH
# FONTSET
# SYMBOLSET
#
# WEB
# IMAGEPATH
# IMAGEURL
#
#####
#####
#
# Start of map file
#
MAP
EXTENT 488843.92 9027598.36 1082976.06 9440824.48
#EXTENT 789298.94 9100355.24 857303.30 9141110.80

UNITS meters
SIZE 600 500
SHAPEPATH "../././data"
SYMBOLSET "../common/symbols/symbols-pmapper.sym"
FONTSET "../common/fonts/msfontset.txt"
RESOLUTION 96
IMAGETYPE png
```

```
INTERLACE OFF
#CONFIG "PROJ_LIB" "C:/proj/nad/"
PROJECTION
  "+proj=utm +zone=49 +south +datum=WGS84 +units=m +no_defs"
END
#
# Start of web interface definition
#
WEB
  TEMPLATE "ms4w/apps/penelitian/tanahwulan/map.html"
  IMAGEPATH "/ms4w/tmp/ms_tmp/"
  IMAGEURL "/ms_tmp/"
  METADATA
  END # Metadata
END # Web
#
# Start of Reference map definition
#
REFERENCE
  EXTENT 488843.92 9027598.36 1082976.06 9440824.48
  #EXTENT 789298.94 9100355.24 857303.30 9141110.80
  IMAGE "../images/JATIM.png"
  SIZE 228 140
  COLOR -1 -1 -1
  OUTLINECOLOR 255 0 0
END # Reference

...dst
```


Lampiran 3. *Script* pengaturan tampilan webGIS

```

<pmapper>
  <ini>
    <pmapper>
      <pmTitle>SIG TANAH WULAN</pmTitle>
      <pmHeading>SISTEM    INFORMASI    GEOGRAFIS
PERKEBUNAN KOPI ARABIKA</pmHeading>
      <debugLevel>3</debugLevel>
      <plugins>export</plugins>
      <plugins>scalebar</plugins>
      <plugins>transparency</plugins>
      <plugins>timingmap</plugins>
    </pmapper>
  <config>
    <pm_config_location>default</pm_config_location>
    <pm_javascript_location>javascript</pm_javascript_location>
    <pm_print_configfile>common/print.xml</pm_print_configfile>
    <pm_search_configfile>inline</pm_search_configfile>
  </config>
  <map>
    <mapFile>penelitian.map</mapFile>
    <tplMapFile>common/template.map</tplMapFile>
    <categories>
      <category name="jalan" description = "Akses Jalan">
        <group>Jalan-DaerahPenelitian</group>
      </category>
      <category name="kontur" description = "Kontur">
        <group>Kontur-DaerahPenelitian</group>
      </category>
    </categories>
  </map>
...dst

```

Lampiran 4. Hasil olah data pengambilan tanggal 30 September 2019

No.	Latitude	Longitude	R	G	B	Normalisasi			Agriino			Landsat	
						r	g	b	GMR	NGRDI	VARI	NDVI	EVI
1	-8,011301892	113,7174921	30	75	28	0,226	0,564	0,211	0,338	0,429	0,584	0,738	0,409
2	-8,011301892	113,7174921	19	86	20	0,152	0,688	0,160	0,536	0,638	0,788	0,738	0,409
3	-8,011301892	113,7174921	39	111	19	0,231	0,657	0,112	0,426	0,480	0,550	0,738	0,409
4	-8,011314039	113,7175035	39	74	28	0,277	0,525	0,199	0,248	0,310	0,412	0,738	0,409
5	-8,011348511	113,7175379	40	127	20	0,214	0,679	0,107	0,465	0,521	0,592	0,738	0,409
6	-8,011348511	113,7175379	44	121	19	0,239	0,658	0,103	0,418	0,467	0,527	0,738	0,409
7	-8,011325847	113,7175144	20	78	16	0,175	0,684	0,140	0,509	0,592	0,707	0,738	0,409
8	-8,011325847	113,7175144	31	107	17	0,200	0,690	0,110	0,490	0,551	0,628	0,738	0,409
9	-8,011325847	113,7175144	22	95	15	0,167	0,720	0,114	0,553	0,624	0,716	0,738	0,409
10	-8,011375229	113,7175883	15	60	15	0,167	0,667	0,167	0,500	0,600	0,750	0,737	0,392
...													
91	-8,011704227	113,7172365	10	60	14	0,119	0,714	0,167	0,595	0,714	0,893	0,768	0,390
92	-8,01171846	113,7172919	21	64	15	0,210	0,640	0,150	0,430	0,506	0,614	0,768	0,390
93	-8,01171846	113,7172919	37	109	17	0,227	0,669	0,104	0,442	0,493	0,558	0,768	0,390
94	-8,011711888	113,7173716	16	56	14	0,186	0,651	0,163	0,465	0,556	0,690	0,769	0,409
95	-8,011696977	113,7173924	40	101	22	0,245	0,620	0,135	0,374	0,433	0,513	0,769	0,409
96	-8,011722718	113,7174131	28	87	17	0,212	0,659	0,129	0,447	0,513	0,602	0,769	0,409
97	-8,0117094	113,7174622	10	27	16	0,189	0,509	0,302	0,321	0,459	0,810	0,769	0,409
98	-8,011729542	113,7174906	9	36	15	0,150	0,600	0,250	0,450	0,600	0,900	0,769	0,409
99	-8,011679911	113,7176176	10	42	16	0,147	0,618	0,235	0,471	0,615	0,889	0,793	0,443
100	-8,011640877	113,71767	26	80	16	0,213	0,656	0,131	0,443	0,509	0,600	0,793	0,443

Lampiran 5. Hasil olah data pengambilan tanggal 8 Oktober 2019

No.	Latitude	Longitude	R	G	B	Normalisasi			Agriino			Landsat	
						r	g	b	GMR	NGRDI	VARI	NDVI	EVI
1	-8,011316144	113,7174678	18	53	20	0,198	0,582	0,220	0,385	0,493	0,686	0,687	0,459
2	-8,011325314	113,7174851	39	114	63	0,181	0,528	0,292	0,347	0,490	0,833	0,708	0,439
3	-8,011367266	113,7175352	67	106	24	0,340	0,538	0,122	0,198	0,225	0,262	0,708	0,389
4	-8,011355136	113,7176002	70	131	24	0,311	0,582	0,107	0,271	0,303	0,345	0,708	0,438
5	-8,011388746	113,7176106	102	160	119	0,268	0,420	0,312	0,152	0,221	0,406	0,708	0,481
6	-8,011461836	113,7177135	38	118	19	0,217	0,674	0,109	0,457	0,513	0,584	0,675	0,452
7	-8,011460659	113,7177141	122	161	132	0,294	0,388	0,318	0,094	0,138	0,258	0,675	0,452
8	-8,011460659	113,7177141	12	54	14	0,150	0,675	0,175	0,525	0,636	0,808	0,675	0,452
9	-8,011460659	113,7177141	12	40	17	0,174	0,580	0,246	0,406	0,538	0,800	0,675	0,452
10	-8,011506135	113,7177137	9	47	17	0,123	0,644	0,233	0,521	0,679	0,974	0,675	0,452
...													
103	-8,011367266	113,7175352	70	134	87	0,241	0,460	0,299	0,220	0,314	0,547	0,708	0,481
104	-8,011392332	113,7175703	101	149	110	0,281	0,414	0,306	0,133	0,192	0,343	0,708	0,481
105	-8,011371662	113,7174963	11	44	15	0,157	0,629	0,214	0,471	0,600	0,825	0,708	0,479
106	-8,011367255	113,7174427	13	41	1	0,236	0,745	0,018	0,509	0,519	0,528	0,708	0,479
107	-8,011367255	113,7174427	96	141	103	0,282	0,415	0,303	0,132	0,190	0,336	0,708	0,479
108	-8,011405502	113,7174322	86	135	93	0,274	0,430	0,296	0,156	0,222	0,383	0,708	0,479
109	-8,011457039	113,7174706	78	137	89	0,257	0,451	0,293	0,194	0,274	0,468	0,708	0,389
110	-8,0114401	113,7175517	72	132	89	0,246	0,451	0,304	0,205	0,294	0,522	0,708	0,389
111	-8,011458387	113,7176359	21	75	14	0,191	0,682	0,127	0,491	0,563	0,659	0,708	0,389

Lampiran 6. Hasil olah data pengambilan tanggal 14 oktober 2019

No.	Latitude	Longitude	R	G	B	Normalisasi			Agriino			Landsat	
						r	g	b	GMR	NGRDI	VARI	NDVI	EVI
1	-8,01133587	113,7174549	47	91	26	0,287	0,555	0,159	0,268	0,319	0,393	0,749	0,452
2	-8,011306733	113,7174793	32	98	15	0,221	0,676	0,103	0,455	0,508	0,574	0,749	0,452
3	-8,011329222	113,7175153	46	123	21	0,242	0,647	0,111	0,405	0,456	0,520	0,749	0,452
4	-8,011329222	113,7175153	22	85	15	0,180	0,697	0,123	0,516	0,589	0,685	0,749	0,452
5	-8,011397592	113,7175929	44	133	22	0,221	0,668	0,111	0,447	0,503	0,574	0,767	0,461
6	-8,011398933	113,717612	25	91	18	0,187	0,679	0,134	0,493	0,569	0,673	0,767	0,461
7	-8,011378248	113,7176558	97	152	108	0,272	0,426	0,303	0,154	0,221	0,390	0,767	0,461
8	-8,011384686	113,7176527	30	112	17	0,189	0,704	0,107	0,516	0,577	0,656	0,767	0,461
9	-8,011448076	113,717694	25	111	17	0,163	0,725	0,111	0,562	0,632	0,723	0,767	0,461
10	-8,011500852	113,717741	13	84	14	0,117	0,757	0,126	0,640	0,732	0,855	0,767	0,461
...													
122	-8,01147433	113,717278	31	84	17	0,235	0,636	0,129	0,402	0,461	0,541	0,756	0,406
123	-8,011404826	113,7172561	16	78	19	0,142	0,690	0,168	0,549	0,660	0,827	0,756	0,406
124	-8,011379344	113,7172208	69	129	87	0,242	0,453	0,305	0,211	0,303	0,541	0,756	0,406
125	-8,011325772	113,7171933	10	55	19	0,119	0,655	0,226	0,536	0,692	0,978	0,787	0,439
126	-8,01133357	113,717176	120	166	136	0,284	0,393	0,322	0,109	0,161	0,307	0,787	0,439
127	-8,011348628	113,7171812	85	136	94	0,270	0,432	0,298	0,162	0,231	0,402	0,787	0,439
128	-8,011379344	113,7172208	131	156	135	0,310	0,370	0,320	0,059	0,087	0,164	0,756	0,406
129	-8,011251819	113,7171388	79	133	90	0,262	0,440	0,298	0,179	0,255	0,443	0,787	0,439
130	-8,011285542	113,7170987	70	130	46	0,285	0,528	0,187	0,244	0,300	0,390	0,787	0,439
131	-8,0112801	113,7170779	19	71	15	0,181	0,676	0,143	0,495	0,578	0,693	0,787	0,439

Lampiran 7. Hasil olah data pengambilan tanggal 19 Oktober 2019

No.	Latitude	Longitude	R	G	B	Normalisasi			Agriino			Landsat	
						r	g	b	GMR	NGRDI	VARI	NDVI	EVI
1	-8,011303521	113,717469	55	125	22	0,272	0,619	0,109	0,347	0,389	0,443	0,709	0,428
2	-8,011352538	113,7174944	18	67	23	0,167	0,620	0,213	0,454	0,576	0,790	0,709	0,428
3	-8,011304496	113,717504	41	81	23	0,283	0,559	0,159	0,276	0,328	0,404	0,709	0,428
4	-8,011327733	113,7174448	33	110	19	0,204	0,679	0,117	0,475	0,538	0,621	0,709	0,428
5	-8,011381206	113,7175247	74	132	91	0,249	0,444	0,306	0,195	0,282	0,504	0,731	0,430
6	-8,011421428	113,7175679	130	158	120	0,319	0,387	0,294	0,069	0,097	0,167	0,731	0,430
7	-8,011435955	113,7175848	30	95	14	0,216	0,683	0,101	0,468	0,520	0,586	0,713	0,427
8	-8,011454434	113,7176088	21	86	15	0,172	0,705	0,123	0,533	0,607	0,707	0,713	0,427
9	-8,011444397	113,717625	13	70	31	0,114	0,614	0,272	0,500	0,687	1,096	0,713	0,427
10	-8,011469801	113,7176588	33	106	16	0,213	0,684	0,103	0,471	0,525	0,593	0,713	0,427
...													
139	-8,011371928	113,7172578	130	156	136	0,308	0,370	0,322	0,062	0,091	0,173	0,701	0,381
140	-8,011355824	113,7172202	22	78	16	0,190	0,672	0,138	0,483	0,560	0,667	0,723	0,407
141	-8,011303941	113,717248	18	74	16	0,167	0,685	0,148	0,519	0,609	0,737	0,723	0,407
142	-8,011315491	113,7172154	115	165	133	0,278	0,400	0,322	0,121	0,179	0,340	0,723	0,407
143	-8,011299531	113,7171913	39	117	20	0,222	0,665	0,114	0,443	0,500	0,574	0,723	0,407
144	-8,011263762	113,7171248	17	75	19	0,153	0,676	0,171	0,523	0,630	0,795	0,723	0,407
145	-8,011239811	113,7170942	112	169	131	0,272	0,410	0,318	0,138	0,203	0,380	0,723	0,407
146	-8,011230917	113,7170842	40	111	20	0,234	0,649	0,117	0,415	0,470	0,542	0,723	0,407
147	-8,011520464	113,7173127	65	137	81	0,230	0,484	0,286	0,254	0,356	0,595	0,731	0,430
148	-8,011396376	113,7173297	16	81	17	0,140	0,711	0,149	0,570	0,670	0,813	0,731	0,430

Lampiran 8. Hasil olah data pengambilan tanggal 26 Oktober 2019

No.	Latitude	Longitude	R	G	B	Normalisasi			Agriino			Landsat	
						r	g	b	GMR	NGRDI	VARI	NDVI	EVI
1	-8,011352558	113,7174473	34	73	30	0,248	0,533	0,219	0,285	0,364	0,506	0,687	0,429
2	-8,011385643	113,7175014	64	136	87	0,223	0,474	0,303	0,251	0,360	0,637	0,687	0,429
3	-8,011386584	113,717529	40	126	18	0,217	0,685	0,098	0,467	0,518	0,581	0,687	0,429
4	-8,011388812	113,7175498	17	69	16	0,167	0,676	0,157	0,510	0,605	0,743	0,687	0,429
5	-8,011409634	113,7176372	29	94	17	0,207	0,671	0,121	0,464	0,528	0,613	0,687	0,429
6	-8,011417916	113,7176254	21	76	17	0,184	0,667	0,149	0,482	0,567	0,688	0,687	0,429
7	-8,011421054	113,7176058	36	120	18	0,207	0,690	0,103	0,483	0,538	0,609	0,687	0,429
8	-8,011397279	113,7175959	23	79	17	0,193	0,664	0,143	0,471	0,549	0,659	0,687	0,429
9	-8,011449744	113,7175923	33	78	43	0,214	0,506	0,279	0,292	0,405	0,662	0,687	0,429
10	-8,01146086	113,7176477	25	83	18	0,198	0,659	0,143	0,460	0,537	0,644	0,682	0,436
...													
134	-8,011503403	113,7171778	9	64	11	0,107	0,762	0,131	0,655	0,753	0,887	0,682	0,410
135	-8,011320583	113,7170236	36	100	12	0,243	0,676	0,081	0,432	0,471	0,516	0,738	0,444
136	-8,011344199	113,7170389	60	130	83	0,220	0,476	0,304	0,256	0,368	0,654	0,738	0,444
137	-8,011317205	113,7171064	67	128	31	0,296	0,566	0,137	0,270	0,313	0,372	0,682	0,410
138	-8,011412173	113,7171248	60	117	36	0,282	0,549	0,169	0,268	0,322	0,404	0,682	0,410
139	-8,011422141	113,7171651	82	149	56	0,286	0,519	0,195	0,233	0,290	0,383	0,682	0,410
140	-8,011438616	113,7171623	51	99	49	0,256	0,497	0,246	0,241	0,320	0,475	0,682	0,410
141	-8,011472245	113,7171696	83	149	100	0,250	0,449	0,301	0,199	0,284	0,500	0,682	0,410
142	-8,011502291	113,71723	18	63	16	0,186	0,649	0,165	0,464	0,556	0,692	0,682	0,410
143	-8,011411686	113,717281	42	78	28	0,284	0,527	0,189	0,243	0,300	0,391	0,682	0,410

Lampiran 9. Hasil olah data pengambilan tanggal 9 November 2019

No.	Latitude	Longitude	R	G	B	Normalisasi			Agriino			Landsat	
						r	g	b	GMR	NGRDI	VARI	NDVI	EVI
1	-8,011305042	113,717468	33	100	17	0,220	0,667	0,113	0,447	0,504	0,578	0,686	0,435
2	-8,011314008	113,717486	27	93	17	0,197	0,679	0,124	0,482	0,550	0,641	0,686	0,435
3	-8,011331731	113,7175045	15	47	16	0,192	0,603	0,205	0,410	0,516	0,696	0,707	0,460
4	-8,011364462	113,7175176	46	102	18	0,277	0,614	0,108	0,337	0,378	0,431	0,707	0,460
5	-8,011363791	113,7175568	21	76	17	0,184	0,667	0,149	0,482	0,567	0,688	0,707	0,460
6	-8,011373891	113,7175841	54	130	24	0,260	0,625	0,115	0,365	0,413	0,475	0,707	0,460
7	-8,011387931	113,717598	38	83	29	0,253	0,553	0,193	0,300	0,372	0,489	0,707	0,460
8	-8,011391619	113,7176151	21	59	16	0,219	0,615	0,167	0,396	0,475	0,594	0,707	0,460
9	-8,011409934	113,7176305	27	65	17	0,248	0,596	0,156	0,349	0,413	0,507	0,707	0,460
10	-8,011420411	113,7176645	18	61	18	0,186	0,629	0,186	0,443	0,544	0,705	0,702	0,456
...													
147	-8,011456495	113,7172578	37	100	20	0,236	0,637	0,127	0,401	0,460	0,538	0,684	0,422
148	-8,011484868	113,7172612	73	130	75	0,263	0,468	0,270	0,205	0,281	0,445	0,684	0,422
149	-8,011435163	113,7172754	19	65	17	0,188	0,644	0,168	0,455	0,548	0,687	0,684	0,422
150	-8,011410395	113,717246	38	96	18	0,250	0,632	0,118	0,382	0,433	0,500	0,684	0,422
151	-8,011361319	113,7172244	22	53	18	0,237	0,570	0,194	0,333	0,413	0,544	0,684	0,422
152	-8,011361319	113,7172244	22	51	23	0,229	0,531	0,240	0,302	0,397	0,580	0,684	0,422
153	-8,011348117	113,7171788	22	55	16	0,237	0,591	0,172	0,355	0,429	0,541	0,684	0,422
154	-8,011296107	113,7171481	106	154	119	0,280	0,406	0,314	0,127	0,185	0,340	0,718	0,481
155	-8,011300005	113,7171667	129	162	133	0,304	0,382	0,314	0,078	0,113	0,209	0,718	0,481

Lampiran 10. Hasil olah data pengambilan tanggal 16 November 2019

No.	Latitude	Longitude	R	G	B	Normalisasi			Agriino			Landsat	
						r	g	b	GMR	NGRDI	VARI	NDVI	EVI
1	-8,01131211	113,7174723	19	48	17	0,226	0,571	0,202	0,345	0,433	0,580	0,663	0,364
2	-8,011345435	113,7174677	25	65	4	0,266	0,691	0,043	0,426	0,444	0,465	0,663	0,364
3	-8,011324313	113,7175075	30	108	18	0,192	0,692	0,115	0,500	0,565	0,650	0,663	0,364
4	-8,011352643	113,7175513	17	70	17	0,163	0,673	0,163	0,510	0,609	0,757	0,663	0,364
5	-8,011354739	113,7175689	31	96	19	0,212	0,658	0,130	0,445	0,512	0,602	0,663	0,364
6	-8,011370329	113,7175757	24	89	18	0,183	0,679	0,137	0,496	0,575	0,684	0,710	0,418
7	-8,011383321	113,7176239	14	42	18	0,189	0,568	0,243	0,378	0,500	0,737	0,710	0,418
8	-8,011383321	113,7176239	11	50	14	0,147	0,667	0,187	0,520	0,639	0,830	0,710	0,418
9	-8,011404108	113,7176387	20	77	19	0,172	0,664	0,164	0,491	0,588	0,731	0,710	0,418
10	-8,011404653	113,7176525	27	76	15	0,229	0,644	0,127	0,415	0,476	0,557	0,710	0,418
...													
156	-8,011413161	113,7172231	28	79	15	0,230	0,648	0,123	0,418	0,477	0,554	0,686	0,370
157	-8,01144585	113,7172459	43	113	22	0,242	0,635	0,124	0,393	0,449	0,522	0,686	0,370
158	-8,011388769	113,7172527	24	70	16	0,218	0,636	0,145	0,418	0,489	0,590	0,686	0,370
159	-8,011350422	113,7172401	15	56	17	0,170	0,636	0,193	0,466	0,577	0,759	0,702	0,396
160	-8,011358595	113,7171956	30	98	20	0,203	0,662	0,135	0,459	0,531	0,630	0,702	0,396
161	-8,011333658	113,7172272	41	91	17	0,275	0,611	0,114	0,336	0,379	0,435	0,702	0,396
162	-8,011318923	113,7172453	29	83	17	0,225	0,643	0,132	0,419	0,482	0,568	0,702	0,396
163	-8,011312913	113,7172582	28	94	17	0,201	0,676	0,122	0,475	0,541	0,629	0,702	0,396
164	-8,011350422	113,7172401	36	67	19	0,295	0,549	0,156	0,254	0,301	0,369	0,702	0,396