

**KAJIAN PEMANFAATAN TEKNOLOGI *GOOGLE EARTH*
ENGINE UNTUK BIDANG PENGINDERAAN JAUH**

(Skripsi)

Oleh

**BAYU SUKOCO
NPM 1655013004**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

**KAJIAN PEMANFAATAN TEKNOLOGI *GOOGLE EARTH*
ENGINE UNTUK BIDANG PENGINDERAAN JAUH**

Oleh

BAYU SUKOCO

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

**Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

KAJIAN PEMANFAATAN TEKNOLOGI *GOOGLE EARTH ENGINE* UNTUK BIDANG PENGINDERAAN JAUH

Oleh

BAYU SUKOCO

Pesatnya perkembangan teknologi di bidang penginderaan jauh menyebabkan perubahan kebutuhan akan pengolahan data yang masif, mudah dan cepat. Trend teknologi kedepan diperkirakan akan mengarah ke sebuah sistem berbasis *cloud computing* dimana *big data* dan IOT (*Internet of things*) saling terintegrasi untuk menyelesaikan permasalahan didunia penginderaan jauh dengan baik. Salah satu teknologi baru yang tersedia untuk bidang penginderaan jauh adalah *Google Earth Engine* (GEE). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan GEE khususnya fasilitas yang disediakan untuk penginderaan jauh.

Penelitian ini dilaksanakan di kecamatan Natar dengan fokus studi kasus untuk interpretasi tutupan lahan. Data yang digunakan berupa Citra Sentinel-2 tahun 2021-2022. Metode yang digunakan untuk klasifikasi yaitu dengan eksplorasi *machine learning* pada GEE. Adapun metode *machine learning* yang digunakan pada penelitian ini yaitu CART, SVM, RFC dan NBC.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) GEE mampu melakukan proses pengolahan data citra penginderaan jauh dengan cukup baik. Terbukti dengan proses yang semakin sederhana memanfaatkan algoritma pemrograman yang mampu menggabungkan beberapa proses dalam satu script. Kegiatan klasifikasi dapat memproses menggunakan 4 metode *machine learning* hanya dengan memodifikasi formula sesuai kebutuhan. Selanjutnya untuk ketelitian citra yang dihasilkan dengan area satu kabupaten berada pada skala 1:100.000 dengan ketelitian horizontal/CE90 berada pada kelas 2, sedangkan ketelitian horizontal/CE90 pada kelas 1 berada pada skala 1:250.000. (2) Fasilitas pengolahan data yang disediakan GEE mampu menyelesaikan analisis penginderaan jauh dengan maksimal meskipun masih terdapat fasilitas yang belum tersedia seperti fasilitas layout peta, metode klasifikasi *machine learning* tertinggi yang mampu menginterpretasi tutupan lahan dengan baik adalah random forest dengan akurasi klasifikasi 93%.

Kata kunci: *Cloud Computing*, *Google Earth Engine* (GEE), CART, SVM, RFC, NBC.

ABSTRACT

STUDY ON THE UTILIZATION OF GOOGLE EARTH ENGINE TECHNOLOGY FOR THE FIELD OF REMOTE SENSING

BY

BAYU SUKOCO

The rapid development of technology in remote sensing has led to changes in the need for massive, easy and fast data processing. Future technology trends are expected to lead to a cloud computing-based system where big data and IOT (Internet of things) are integrated with each other to solve problems in the world of remote sensing properly. One of the new technologies available for remote sensing is Google Earth Engine (GEE). This study aims to examine the use of GEE, especially the facilities provided for remote sensing. This research was conducted in Natar sub-district with a case study focus on land cover interpretation. The data used is Sentinel-2 Image for 2021-2022. The method used for classification is machine learning exploration in GEE. The machine learning methods used in this research are CART, SVM, RFC and NBC. The results show that (1) GEE is capable of processing remote sensing image data quite well. It is proven by an increasingly simple process utilizing programming algorithms that are able to combine several processes in one script. Classification activities can process using 4 machine learning methods only by modifying the formula as needed. Furthermore, the accuracy of the resulting image with an area of one district is at a scale of 1:100,000 with a horizontal accuracy/CE90 being in class 2, while the horizontal accuracy/CE90 in class 1 is at a scale of 1:250.000. (2) Data processing facilities that provided that GEE is able to complete remote sensing analysis to the maximum even though there are still facilities that are not yet available such as map layouts facilities, the highest machine learning classification method that is able to interpret land cover properly is random forest with a classification accuracy 93 %.

Key words: Cloud Computing, Google Earth Engine, CART, SVM, RFC, NBC.

Judul Skripsi : **KAJIAN PEMANFAATAN TEKNOLOGI
GOOGLE EARTH ENGINE UNTUK BIDANG
PENGINDERAAN JAUH**

Nama Mahasiswa : **Bayu Sukoco**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1655013004

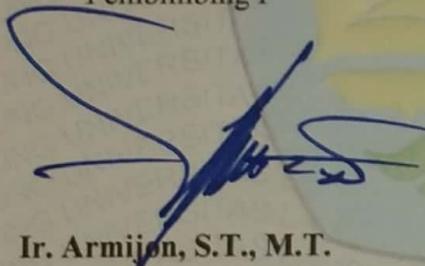
Jurusan : Teknik Geodesi & Geomatika

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

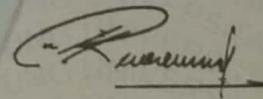
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I



Ir. Armijon, S.T., M.T.
NIP. 19730410 200801 1 008

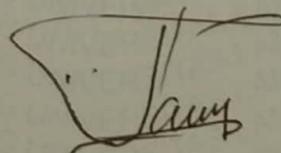
Pembimbing II



Romi Fadly, S.T., M.Eng.
NIP. 19770824 200812 1 001

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

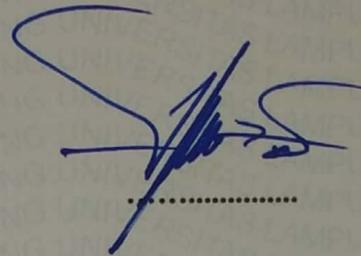


Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM
NIP. 19641012 199203 1 002

MENGESAHKAN

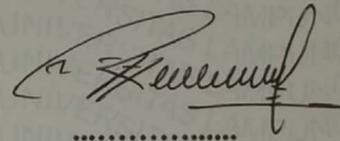
1. Tim Penguji

Ketua : Ir. Armijon, S.T., M.T.



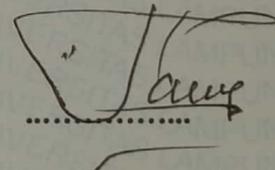
.....

Sekretaris : Romi Fadly, S.T., M.Eng.



.....

Penguji
Bukan Pembimbing : Ir. Fauzan Murdapa, M.T.,IPM



.....

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP. 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 18 April 2022

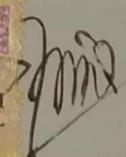
SURAT PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi berjudul “Kajian Pemanfaatan Teknologi *Google Earth Engine* Untuk Bidang Penginderaan Jauh” adalah karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulisan lain, kecuali yang secara tertulis dirujuk dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 25 Mei 2022




Bayu Sukoco

Motto

“Man Jadda Wa Wajada”

Semua orang akan mati kecuali karyanya, maka tulislah sesuatu yang akan membahagiakan dirimu di akhirat kelak

(Ali bin Abi Thalib)

Kamu tidak perlu menjadi luar biasa untuk memulai, tapi kamu harus memulai untuk menjadi luar biasa

(Zig Ziglar)

Kerja keras tidak hanya akan membawa kesuksesan, tetapi juga kebahagiaan yang merupakan anugerah terbesar dalam hidup

(Emanuel Sebastio)

“Jika kamu berbuat baik (berarti) kamu berbuat baik bagi dirimu sendiri, dan jika kamu berbuat jahat, maka kejahatan itu untuk dirimu sendiri..”

(QS. Al-Isra': 7)

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di OKU Timur, pada tanggal 27 Desember 1997, sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara pasangan Bapak Mustakim dan Ibu Darmiati.

Pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) AL-Fatah diselesaikan pada tahun 2004, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDN 1 Sugihwaras tahun 2010, Sekolah Menengah Pertama diselesaikan di SMPN 1 Belitang Madang Raya tahun 2013, dan Sekolah Menengah Atas diselesaikan di SMAN 1 Belitang pada tahun 2016. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2016 melalui jalur Mandiri.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif dalam beberapa organisasi seperti IKAM OKUT, FOSSI Fakultas Teknik, BEM Fakultas Teknik, HIMAGES Universitas Lampung, UKM Saintek Universitas Lampung dan Ikatan Mahasiswa Geodesi Indonesia (IMGI).

Penulis telah melakukan Kerja Praktik (KP) di P.T. Webgis Indonesia (Perusahaan Konsultan di Bidang Pemetaan Berbasis Web) di Jakarta Selatan selama 1 Bulan dengan judul “Kesesuaian Lahan Tahun 2015 Terhadap Rencana Pola Ruang Tahun 2010-2030 Kawasan Strategis Pariwisata Nasional Mandalika, Kabupaten Lombok Tengah Provinsi Nusa Tenggara Barat”. Penulis juga telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kedaton, Kecamatan Abung Tengah Kabupaten Lampung Utara selama 40 hari pada periode Juli-Agustus 2019.

Penulis mengambil tugas akhir dengan judul “Kajian Pemanfaatan Teknologi *Google Earth Engine* Untuk Bidang Penginderaan Jauh”.

UCAPAN TERIMAKASIH

Assalamualaikum Wr. Wb

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur senantiasa saya panjatkan kehadiran Allah S.W.T atas segala nikmat sehat, nikmat iman, dan islam sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi dengan judul “Kajian Pemanfaatan Teknologi *Google Earth Engine* Untuk Bidang Penginderaan Jauh”. Skripsi disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulusnya kepada :

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa M.T.,IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Lampung dan Dosen Penguji atas kritik, saran, serta arahannya dalam penyusunan skripsi.
3. Bapak Ir. Armijon S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama atas bimbingan dan arahannya dalam penyusunan skripsi.
4. Bapak Romi Fadly S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Kedua atas bimbingan dan arahannya dalam penyusunan skripsi.
5. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Geodesi Universitas Lampung yang telah membagikan ilmu dan pembelajaran selama masa perkuliahan.
6. Kedua orang tuaku, Ibunda tercinta Darmiati dan Almarhum Bapak Mustakim yang selalu menjadi penyemangat hidupku. Terimakasih atas semua jasa-jasanya, kesabaran, do'a dan pengorbanannya dalam mendidik, membesarkan, dan membiayai hidupku hingga aku bisa menyelesaikan studi di Teknik Geodesi.
7. Kedua saudari kandungku Rinawati dan Tria Retno Ningsih yang tiada henti membimbing, mendoakan dan mendukung perjuanganku dalam

menyelesaikan studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

8. Drs. Mustamar, bapak pengganti saya yang telah banyak sekali jasanya dalam membimbing, mengarahkan dan mendidik dari awal kedatangan hingga menyelesaikan studiku di Universitas Lampung

9. Sahabat-sahabatku Arif, Rivaldi, Danis, Aryusi, Sandi, Galang, Diki, Dewi, Intan dan kawan-kawan yang telah banyak membantu dan menyemangatiku yang tidak bisa di sebut satu persatu

10. Sahabat-sahabatku di Teknik Geodesi dan Survey Pemetaan angkatan 2016.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini belum bisa dikatakan sempurna, Penulis sangat mengharapkan saran serta kritik yang bersifat membangun. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Bandar Lampung, 25 Mei 2022

Penulis

Bayu Sukoco

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|-------------|
| ABSTRAK | iii |
| ABSTRACT | iv |
| LEMBAR PERSETUJUAN | v |
| LEMBAR PENGESAHAN | vi |
| SURAT PERNYATAAN | vii |
| MOTTO | viii |
| RIWAYAT HIDUP | ix |
| UCAPAN TERIMAKASI | x |
| DAFTAR ISI | xii |
| DAFTAR TABLE | xiv |
| DAFTAR GAMBAR | xv |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar belakang dan Masalah | 1 |
| 1.2. Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.3. Kerangka Pikiran | 3 |
| 1.3.1. Sistematika Penulisan..... | 3 |
| 1.3.2. Batasan Masalah..... | 4 |
| 1.4. Hipotesis | 4 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1. Penelitian Terdahulu | 6 |
| 2.2. Landasan Konseptual | 10 |
| 2.2.1. Google Earth Engine | 10 |
| 2.2.2. Cloud Computing | 12 |
| 2.2.3. Java Script | 13 |
| 2.2.4. Pengindraan Jauh..... | 14 |
| 2.2.5. Citra Penginderaan Jauh..... | 15 |
| 2.2.6. Pra Pengolahan Citra..... | 18 |
| 2.2.7. Pengolahan Citra | 20 |
| 2.2.8. Klasifikasi Citra..... | 21 |
| 2.2.9. Uji Akurasi | 29 |
| 2.2.10. Klasifikasi Penggunaan Lahan | 30 |

| | |
|---|--------------|
| 2.2.11. Peraturan Kepala BIG No. 6 Tahun 2018 | 32 |
| 2.3. Kerangka Konseptual | 34 |
| III. METODOLOGI PENELITIAN..... | 37 |
| 3.1. Waktu dan Tempat | 37 |
| 3.2. Alat dan Bahan..... | 37 |
| 3.2.1. Alat..... | 38 |
| 3.2.2. Bahan..... | 38 |
| 3.3. Metodologi..... | 38 |
| 3.4. Pelaksanaan..... | 41 |
| 3.4.1. Tahap Persiapan | 41 |
| 3.4.2. Pengumpulan Data | 41 |
| 3.4.3. Pengolahan Data..... | 42 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 50 |
| 4.1. Hasil Pra Prosesing | 50 |
| 4.1.1. Hasil Pengunduhan Data..... | 50 |
| 4.1.2. Hasil Filter Data | 52 |
| 4.1.3. Hasil Uji Ketelitian | 53 |
| 4.2. Hasil Prosesing | 55 |
| 4.2.1. Hasil Training Data..... | 55 |
| 4.2.2. Hasil Klasifikasi..... | 58 |
| 4.3. Hasil Uji Akurasi | 61 |
| 4.3.1. Hasil Uji Keakuratan Training Sampel..... | 61 |
| 4.3.2. Hasil Uji Akurasi Klasifikasi | 64 |
| V. SIMPULAN DAN SARAN..... | 69 |
| 5.1. Simpulan | 69 |
| 5.2. Saran..... | 70 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | xvii |
| LAMPIRAN..... | xviii |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|---------|
| 1. Penelitian Terdahulu..... | 6 |
| 2. Karakteristik..... | 17 |
| 3. Klasifikasi Penutup Lahan..... | 32 |
| 4. Ketelitian Geometri..... | 33 |
| 5. Ketentuan Ketelitian Geometri..... | 33 |
| 6. Algoritma Machine Learning..... | 47 |
| 7. Nilai CE90 Horizontal..... | 54 |
| 8. Hasil Uji CE90..... | 54 |
| 9. Interpretasi Citra..... | 56 |
| 10. Matriks Kesalahan Metode CART..... | 62 |
| 11. Matriks Kesalahan Metode SVM..... | 62 |
| 12. Matriks Kesalahan Metode RFC..... | 62 |
| 13. Matriks Kesalahan Metode NBC..... | 62 |
| 14. Akurasi Metode CART..... | 63 |
| 15. Akurasi Metode SVM..... | 63 |
| 16. Akurasi Metode RFC..... | 63 |
| 17. Akurasi Metode NBC..... | 63 |
| 18. Akurasi Keseluruhan..... | 64 |
| 19. Kesesuaian Hasil Interpretasi..... | 66 |
| 20. Matriks Kesalahan Klasifikasi CART..... | 66 |
| 21. Matriks Kesalahan Klasifikasi SVM..... | 66 |
| 22. Matriks Kesalahan Klasifikasi RFC..... | 67 |
| 24. Akurasi Klasifikasi CART..... | 67 |
| 25. Akurasi Klasifikasi SVM..... | 67 |
| 26. Akurasi Klasifikasi RFC..... | 68 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|------------------------------------|---------|
| 1. Google Earth Engine..... | 11 |
| 2. Cloud Computing..... | 12 |
| 3. Komponen Penginderaan Jauh..... | 15 |
| 4. Citra Satelit..... | 16 |
| 5. Hyperlane SVM..... | 24 |
| 6. Alur Kerangka Konseptual..... | 36 |
| 7. Lokasi Penelitian..... | 37 |
| 8. Diagram Alir Penelitian..... | 40 |
| 9. Fasilitas Pencarian Data..... | 43 |
| 10. Script Filter Awan..... | 45 |
| 11. Persebaran Titik Kontrol..... | 45 |
| 12. Script Pembagian Sampel..... | 47 |
| 13. Script Uji Akurasi..... | 48 |
| 14. Citra Hasil Pengunduhan..... | 50 |
| 15. Data Citra..... | 51 |
| 16. Tampilan Citra Sentinel-2..... | 52 |
| 17. Training Sampel..... | 56 |
| 18. Hasil CART..... | 58 |
| 19. Hasil SVM..... | 58 |
| 20. Hasil RFC..... | 59 |
| 21. Hasil NBC..... | 59 |
| 22. Perbandingan Luas..... | 60 |

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Dewasa ini, arah perkembangan teknologi di bidang penginderaan jauh semakin mengarah ke pengolahan berbasis *cloud computing*. Salah satu teknologi terobosan baru dibidang penginderaan jauh yang memanfaatkan *big data* berbasis *cloud computing* adalah *Google Earth Engine*. *Google Earth Engine* mampu memproses kumpulan data geospasial dalam skala yang sangat besar dengan data citra yang *multi-temporal* dan terbaru untuk analisis geospasial dan pengambilan keputusan. Memanfaatkan teknologi *cloud computing* artinya semua kegiatan yang terjadi di *google earth engine* memanfaatkan internet sebagai pusat manajemen data, aplikasi dan penyimpanan. Sehingga memungkinkan dalam menyelesaikan suatu masalah yang besar dalam waktu yang cepat.

Teknologi yang semakin berkembang pesat mendorong perubahan ke arah teknologi *machine learning*. *Machine learning* adalah sebuah teknologi yang terlahir di era revolusi industri 4.0 dan saat ini sudah mulai berkembang di berbagai sektor bidang keilmuan seperti kedokteran, teknologi informasi, pendidikan dan lain-lain. *Machine learning* merupakan sebuah teknologi yang menerapkan ilmu kecerdasan buatan dalam menyelesaikan suatu permasalahan dengan mempelajari pola data yang ada. Sehingga perlahan-lahan mulai merubah peran kita tidak lagi sebagai operator melainkan cukup sebagai konseptor dan analisator yang harus mampu merancang dan menganalisa hasil pekerjaan dari *machine learning* itu sendiri. *Google earth engine* adalah salah satu platform yang sudah menerapkan prinsip *machine learning* bagi bidang keilmuan penginderaan jauh.

Perkembangan teknologi penginderaan jauh di era revolusi industri 4.0 seperti saat ini menyebabkan perubahan akan kebutuhan data geospasial yang masif guna

mendapat informasi secara cepat, murah dan mudah. Perkembangan ini mengakibatkan teknologi konvensional kurang efektif untuk saat ini. Hal tersebut dikarenakan pengguna harus memiliki komputer dengan penyimpanan dan spesifikasi tinggi untuk mendukung pekerjaan karena kebutuhan akan citra satelit dan *software* pengolah yang cukup besar, belum lagi cakupan wilayah dan *time series* data terbatas, selain itu proses pengolahan yang cukup lama akan menghabiskan banyak waktu. *Google earth engine* menyediakan berbagai fasilitas yang dibutuhkan untuk saat ini sehingga dapat melakukan monitoring dan analisis fenomena alam secara *multitemporal*. Meskipun banyak fasilitas yang telah tersedia namun GEE masih mempunyai beberapa keterbatasan salah satunya fasilitas untuk melakukan layouting informasi, selain itu kajian lebih mendalam mengenai pemanfaatan GEE untuk penginderaan jauh masih jarang ditemukan. Sehingga perlu dilakukan kajian pemanfaatan GEE dalam penerapannya untuk bidang penginderaan jauh. Lantas apa saja fasilitas yang disediakan oleh GEE dan apakah penerapannya sudah lebih baik dan sesuai dengan data dilapangan?

Nampaknya tingkat kemudahan dan kecanggihan teknologi berbasis *cloud computing* khususnya GEE telah didesain untuk memenuhi semua kebutuhan pengolahan data penginderaan jauh. Sehingga fasilitas yang tersedia dirasa lebih baik dari konsep analog dan data yang dihasilkan diperkirakan telah sesuai dengan data dilapangan, namun perlu pembuktian.

Penelitian ini memanfaatkan citra sentinel-2 tahun 2022 sebagai data dasar untuk klasifikasi penutup lahan dan citra basemap *google earth engine* untuk mendukung validasi hasil klasifikasi penutup lahan. Area penelitian berada di kecamatan natar kabupaten lampung selatan. Konsep pengolahan memanfaatkan beberapa fasilitas yang tersedia di GEE termasuk beberapa metode *machine learning* yang disediakan seperti SVM, *Random Forest*, *Naïve Bayes*, dan CART seperti yang dilakukan oleh (Mustofa, 2018). Setelah didapatkan hasil klasifikasi nantinya akan dilakukan validasi lapangan untuk mengetahui tingkat kebenaran dilapangan.

Kajian ini penting untuk nantinya dijadikan referensi bagi bidang keilmuan penginderaan jauh khususnya dalam upaya percepatan penyediaan informasi

geospasial berbasis *cloud computing* menggunakan teknologi GEE. Berdasarkan uraian diatas, penulis bermaksud melakukan penelitian mengenai bagaimana pemanfaatan teknologi *google earth engine* jika diterapkan untuk bidang penginderaan jauh khususnya untuk klasifikasi tutupan lahan.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kajian proses pengolahan data citra penginderaan jauh menggunakan metode *cloud computing* pada GEE
2. Analisis fasilitas pengolahan data penginderaan jauh pada GEE untuk kegiatan pemetaan tutupan lahan.

1.3. Kerangka Pemikiran

Adapun kerangka pemikiran pada penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu sistematika penulisan dan batasan masalah. Secara lebih rinci penjelasan kerangka pemikiran bisa dijelaskan seperti dibawah ini:

1.3.1. Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan skripsi ini terdiri atas beberapa bagian yaitu bab pertama menguraikan tentang latar belakang dan permasalahan penelitian, tujuan penelitian, kerangka pemikiran dan hipotesis. Selanjutnya pada bab kedua dijelaskan mengenai dasar-dasar teori yang digunakan dalam penelitian dan segala aspek pendukungnya, yaitu diuraikan mengenai pengertian *Google Earth Engine*, *Cloud Computing*, *Java Script*, penginderaan jauh, perbaikan kualitas citra, metode klasifikasi Citra dan penggunaan lahan.

Setelah itu bab tiga menjelaskan mengenai metodologi penelitian yang terdiri dari tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, serta alur perencanaan penelitian. Metode pelaksanaan penelitian mencakup beberapa hal yaitu pra-prosesing, prosesing, uji akurasi dan validasi.

Pada bab keempat berisi tentang hasil dan pembahasan dari pengolahan citra dengan *google earth engine*.

Sedangkan pada bab terakhir atau bab lima berisi penutup tentang kesimpulan hasil penelitian dan saran-saran yang bermanfaat untuk kelanjutan pengembangan penelitian berikutnya berkaitan dengan kajian pemanfaatan teknologi *google earth engine* untuk bidang penginderaan jauh.

1.3.2. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Studi kasus dilakukan di Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan.
2. Citra satelit yang digunakan adalah citra sentinel-2 tahun perekaman 1 Januari–31 Januari 2022 yang didapat dari GEE dan semua proses pengolahan dilakukan di platform GEE
3. Data penunjang berupa vektor batas administrasi Kecamatan Natar.
4. Metode yang digunakan adalah klasifikasi SVM, *Random Forest*, *Naive Bayes*, dan CART.
5. Studi kasus adalah Tutupan Lahan yang ada di Kecamatan Natar

1.4. Hipotesis

Pesatnya perkembangan teknologi di bidang penginderaan jauh menyebabkan perubahan kebutuhan akan pengolahan data yang masif, mudah dan cepat. Keilmuan penginderaan jauh adalah salah satu bidang keilmuan yang sangat penting dalam menyediakan data geospasial untuk mendukung pekerjaan. Oleh karena itu diperlukan terobosan teknologi baru dibidang penginderaan jauh untuk menjawab permasalahan saat ini. Perkembangan teknologi kedepan diperkirakan akan mengarah ke sebuah sistem berbasis *cloud computing*. Dimana *big data* dan IOT (*Internet of things*) saling terintegrasi untuk menyelesaikan permasalahan didunia penginderaan jauh dengan mudah dan cepat. Salah satu teknologi baru yang tersedia untuk bidang penginderaan jauh adalah GEE, pemanfaatan GEE yang berbasis *cloud computing* sangat memudahkan pengolahan data citra satelit dalam

jumlah besar yang selama ini tidak memungkinkan dengan cara konvensional (Rahiem dkk., 2019). Berdasarkan uraian diatas GEE diperkirakan baik digunakan untuk keilmuan penginderaan jauh dengan beberapa kelebihan yang dimilikinya, selain itu fasilitas yang disediakan secara lebih sederhana dirasa sudah sesuai standar kebutuhan penginderaan jauh bahkan jauh lebih baik daripada fasilitas yang disediakan oleh media konvensional. Selain fasilitas yang baik, produk yang dihasilkan melalui pemrosesan yang cukup sederhana ini diperkirakan memiliki kualitas yang baik sesuai kondisi lapangan. Sehingga kehadiran GEE mampu mempermudah penyediaan data yang masif, cepat dan murah di era revolusi industri 4.0 seperti saat ini namun perlu pembuktian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu (*State Of The Art*) adalah kumpulan jurnal yang digunakan sebagai referensi dan merupakan penjabaran mengenai perbedaan antara penelitian terdahulu dan penelitian yang sedang dilakukan. Penelitian ini menggunakan kajian pustaka yang diambil dari jurnal-jurnal penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Adapun penelitian terdahulu yang digunakan penulis nantinya untuk menambah teori-teori serta bahan kajian penulis dalam melakukan penelitian. Berikut adalah penelitian terdahulu yang menjadi kajian dan referensi bagi penulis dalam melakukan penelitian ini.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

| Nama Peneliti | Judul | Perbedaan Penelitian | Persamaan Penelitian | Temuan / Hasil |
|---------------------|---|---|---|--|
| Johansen dkk., 2015 | Mapping Woody Vegetation Clearing In Queensland, Australia From Landsat Imagery Using The Google Earth Engine | <ol style="list-style-type: none">1. Lokasi : Queensland, Australia2. Jenis Vegetasi : Hutan Berkayu3. Citra yang digunakan Landsat-5 TM dan 7 ETM4. Penggunaan metode transvormasi NDVI | <ol style="list-style-type: none">1. Perangkat lunak yang digunakan <i>Google earth engine</i>2. Metode yang dipakai menggunakan klasifikasi machine learning CART, Random Forest, FPC | Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji apakah layanan cloud computing yang tersedia secara global seperti Google Earth Engine dapat digunakan untuk memprediksi penurunan vegetasi berkayu. Metode klasifikasi berbasis machine learning yang digunakan adalah CART, Random Forest, FPC, NDVI dan semua pengolahan dilakukan di GEE. Hasilnya GEE mampu memetakan penurunan vegetasi berkayu. |

| | | | | |
|----------------------------|--|--|--|---|
| Mustofa, 2018 | Perbandingan Metode Klasifikasi Berbasis Machine Learning pada Google Earth Engine Untuk Pemetaan Perubahan Penutup Lahan (Studi Kasus: Daerah Aliran Sungai OPAK-OYO) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Citra yang digunakan Landsat 7 dan ASTER 2. Studi Kasus DAS OPAK-OYO | <ol style="list-style-type: none"> 1. Citra Landsat 8 2. Metode yang digunakan adalah metode machine learning Winnow, SVM, Random Forest, Perceptron, Naïve Bayes, Minimum Distance, GmoMaxEnt, ikpamir, dan CART | <p>Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui metode yang paling baik berdasar nilai akurasi keseluruhan. Data yang digunakan citra Landsat 7, Landsat 8 dan Aster. Metode yang digunakan adalah metode machine learning yang terdapat di GEE seperti winnow, SVM, Random Forest, Perceptron, Naïve Bayes, Minimum Distance, GmoMaxEnt, ikpamir, dan CART. Hasil penelitian menunjukkan metode terbaik untuk klasifikasi penutup lahan pada DAS opak-oyo adalah Random Forest.</p> |
| Karina dan Kurniawan, 2020 | Identifikasi Penggunaan Lahan Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 Melalui <i>Google Earth Engine</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Lokasi : Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan 2. Tujuan penelitian adalah untuk melihat bagaimana penggunaan lahan sebagai upaya dalam penanggulangan banjir | <ol style="list-style-type: none"> 1. Perangkat lunak yang digunakan <i>Google earth engine</i> 2. Analisis akurasi menggunakan <i>confusion matrix</i> 3. Konsep metode yang digunakan adalah metode deskriptif dan metode analisis citra satelit. 4. Citra yang digunakan Landsat 8 5. Metode klasifikasi yang digunakan <i>Supervised classification</i> | <p>Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi penggunaan lahan dalam upaya penanggulangan banjir. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif analisis yang dilakukan di GEE. Pengklasifikasian penggunaan lahan dengan menggunakan klasifikasi terbimbing (<i>supervised classification</i>) untuk mengkarakterisasi setiap jenis tata guna lahan. Analisis akurasi menggunakan <i>confusion matrix</i> dan dihasilkan akurasi kappa sebesar 85,21% dengan area penggunaan lahan terluas merupakan kawasan vegetasi.</p> |

| | | | | |
|---------------------|--|---|--|--|
| Fariz dkk., 2021 | Pemetaan Perubahan Lahan di Sub-DAS Kreo Menggunakan Machine Learning pada Google Earth Engine | <ol style="list-style-type: none"> 1. Studi Kasus : SUB-DAS Kreo 2. Data Pendukung DEM SRTM 3. Transformasi yang digunakan NDVI dan NDBI | <ol style="list-style-type: none"> 1. Citra yang digunakan landsat 8 2. Produk yang dihasilkan penutup lahan 3. Metode yang digunakan metode machine learning CART, Random Forest dan SVM | Penelitian kali ini digunakan platform GEE untuk melakukan pengolahan data untuk melihat kondisi penutup lahan di DAS-Kreo. Pada penelitian ini digunakan metode machine learning CART, RF dan SVM untuk melakukan klasifikasi. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa GEE memudahkan penyediaan informasi penutup lahan di DAS-Kreo dengan machine learning terbaik pada penelitian kali ini adalah Random Forest. |
| Fariz dkk., 2021 | Pemetaan Ekosistem Mangrove di Kabupaten Kubu Raya Menggunakan Machine Learning pada Google Earth Engine | <ol style="list-style-type: none"> 1. Studi Kasus: Kabupaten Kubu Raya 2. Vegetasi : Mangrove 3. Produk yang dihasilkan kerapatan mangrove | <ol style="list-style-type: none"> 1. Citra yang digunakan Landsat 8 2. Pengolahan data dengan GEE 3. Metode machine learning yang digunakan metode CART, Random Forest, GMOMAX, dan SVM | Penelitian ini untuk memetakan penggunaan lahan mangrove di Kabupaten Kubu Raya. Metode yang digunakan adalah metode machine learning yang terdapat di GEE seperti CART, Random Forest, GMOMAX, dan SVM. Hasilnya menunjukkan bahwa machine learning terbaik dalam memetakan mangrove adalah CART. |

Berikut ini merupakan penjelasan dari tabel perbandingan penelitian sebelumnya :

1. Penelitian dengan judul *Mapping Woody Vegetation Clearing In Queensland, Australia From Landsat Imagery Using The Google Earth Engine* diambil dari jurnal The University of Queensland oleh Kasper Johansen, Stuart Phinn, dan Martin Taylor pada tahun 2015 di Queensland, Australia. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji apakah layanan *cloud computing* yang tersedia secara global seperti *Google Earth Engine* dapat digunakan untuk memprediksi penurunan vegetasi berkayu dengan akurasi mendekati yang diperoleh oleh pemerintah negara bagian Queensland, Australia. Metode NDVI menghasilkan

akurasi yang sedikit lebih tinggi jika dibanding FPC dalam memprediksi penurunan vegetasi berkayu sesuai ambang batas yang ditentukan.

2. Penelitian dengan judul *Perbandingan Metode Klasifikasi Berbasis Machine Learning pada Google Earth Engine Untuk Pemetaan Perubahan Penutup Lahan (Studi Kasus: Daerah Aliran Sungai OPAK-OYO)* diambil dari jurnal Universitas Gadjah Mada Yogyakarta oleh Dian Mustofa pada tahun 2018. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui metode yang paling baik berdasar nilai akurasi keseluruhan. Data yang digunakan citra Landsat 7, Landsat 8 dan Aster. Metode yang digunakan adalah metode *machine learning* yang terdapat di GEE seperti *winnow*, SVM, *Random Forest*, *Perceptron*, *Naïve Bayes*, *Minimum Distance*, GmoMaxEnt, ikpamir, dan CART. Hasil penelitian menunjukkan metode terbaik untuk klasifikasi penutup lahan pada DAS opak-oyo adalah *Random Forest* dengan *overall acurasy* 88,1% 2018 dan 88,5% 2002.
3. Penelitian dengan judul *Identifikasi Penggunaan Lahan Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 Melalui Google Earth Engine* diambil dari jurnal Politeknik Statistika (STIS) oleh Ratu Kintan Karina dan Robert Kurniawan pada tahun 2020 di Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan. Penelitian ini dilakukan untuk melihat bagaimana peta penggunaan lahan di Kabupaten Lahat dalam satu tahun terakhir dan bagaimana persentase dari setiap lahan tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif dan metode analisis citra satelit yang dilakukan dengan menggunakan *Google Earth Engine*. Pengklasifikasian penggunaan lahan dengan menggunakan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) untuk mengkarakterisasi setiap jenis tata guna lahan. Berdasarkan hasil perhitungan *confusion matrix* yang dilakukan untuk menguji hasil klasifikasi mendapatkan nilai lebih dari 85%.
4. Penelitian dengan judul *Pemetaan Perubahan Lahan di Sub-DAS Kreo Menggunakan Machine Learning pada Google Earth Engine* diambil dari jurnal Universitas Negeri Semarang oleh Tridha Ridho Fariz, Fitri Daeni, dan Habil Sultan pada tahun 2021 di Sub-DAS Kreo Semarang. Penelitian kali ini digunakan platform GEE untuk melakukan pengolahan data untuk melihat kondisi penutup lahan di DAS-Kreo. Pada penelitian ini digunakan metode *machine learning* CART, RF dan SVM untuk melakukan klasifikasi. Hasil yang

diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa GEE memudahkan penyediaan informasi penutup lahan di DAS-Kreo dengan machine learning terbaik pada penelitian kali ini adalah *Random Forest*.

5. Penelitian dengan judul *Pemetaan Ekosistem Mangrove di Kabupaten Kubu Raya Menggunakan Machine Learning pada Google Earth Engine* diambil dari jurnal Universitas Negeri Semarang oleh Tridha Ridho Fariz, Pawit Indra Permana, Fitri Daeni, dan Abar Cahyadi pada tahun 2021 di Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat. Penelitian ini untuk memetakan penggunaan lahan mangrove di Kabupaten Kubu Raya. Metode yang digunakan adalah metode *machine learning* yang terdapat di GEE seperti CART, *Random Forest*, GMOMAX, dan SVM. Hasilnya menunjukkan bahwa *machine learning* terbaik dalam memetakan mangrove adalah CART.

2.2. Landasan Konseptual

Landasan konseptual adalah alur kerangka teoritis yang mendukung penelitian, landasan konseptual pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

2.2.1. Google Earth Engine (GEE)

Google earth engine merupakan sebuah *platform* berbasis *cloud computing* untuk analisa data geospasial terutama data raster dan analisa data lingkungan berskala dunia. Tujuan dari *Earth Engine* adalah untuk pengembangan algoritma interaktif yang bersifat global sehingga mendorong kemampuan *big data* dalam penginderaan jauh. *Google Earth Engine* mampu menawarkan ilmu pengetahuan yang berdampak dengan menggunakan *big data* untuk membuat *progress substansial* pada tantangan global terkait dengan dataset geospasial yang sangat besar.



Gambar 1. Google Earth Engine
(Sumber: Anggie, 2020)

Kelebihan GEE Sehingga layak disebut sebagai revolusier teknologi *Remote Sensing* adalah Memiliki akses terhadap data citra satelit dan data lainnya dengan jumlah yang sangat besar dan terus diperbaharui sehingga tidak perlu mencari sumber citra skala menengah yang tersedia secara publik lagi. Biasanya untuk mendapatkan citra harus melalui platform USGS maupun ESA, namun *Google Earth Engine* telah mengumpulkannya menjadi satu di platformnya dan memiliki arsip citra penginderaan jauh berukuran *petabyte* yang siap digunakan sehingga Sangat praktis untuk analisis Geografi. (Gorelick dkk., 2017).

GEE memang *platform* komputasi yang baru-baru ini dirilis oleh Google untuk analisis ilmiah berskala *petabyte* dan visualisasi kumpulan data geospasial melalui infrastruktur Komputasi Kinerja Tinggi, (Ravanelli dkk., 2018). Saat ini para peneliti sudah mulai banyak memanfaatkan GEE dalam melakukan penelitian untuk analisis spasial dengan skala besar bahkan dunia karena berbagai kemudahan yang bisa di dapatkan di GEE, seperti ketersediaan data citra yang lengkap dan *realtime*, pengolahan dirancang berbasis *JavaScript* API untuk membuat pengembangan alur kerja geospasial yang kompleks menjadi mudah dan cepat, dan GEE juga menyediakan penyimpanan data berbasis cloud computing sehingga hanya cukup akses ke *drive* data sudah bisa digunakan. Artinya dengan adanya GEE seseorang tidak membutuhkan kekuatan pemrosesan yang besar dari komputer atau perangkat lunak terbaru sehingga peneliti di negara-negara termiskin di dunia juga memiliki kemampuan perangkat lunak yang sama untuk melakukan analisis seperti yang ada di negara paling maju (Mutanga dan Kumar, 2019).

2.2.2. *Cloud Computing*

Cloud Computing dalam bahasa Indonesia diterjemahkan menjadi Komputasi Awan. ‘Komputasi’ diterjemahkan sebagai gabungan pemanfaatan teknologi komputer, sedangkan ‘Awan’ merupakan metafora dari pengembangan infrastruktur berbasis internet. Secara konsep, definisi *Cloud Computing* berarti menyimpan dan mengakses data dan program melalui internet dari lokasi berbeda atau menggunakan komputer dari *hard drive* komputer kita. Syarat utama dalam konsep *Cloud Computing* adalah kehadiran internet untuk mengakses data. *Cloud Computing* merupakan tren baru di bidang komputasi terdistribusi di mana berbagai pihak dapat mengembangkan aplikasi dan layanan berbasis SOA (*Service Oriented Architecture*) di jaringan Internet (Anggeriana, 2011)



Gambar 2. *Cloud Computing*
(Sumber : Efendi, 2018)

Pada era revolusi industri 4.0 kebutuhan akan proses pengolahan data citra yang massive untuk mendapatkan informasi secara cepat, mudah, murah dan akurat mendorong perkembangan teknologi penginderaan jauh. Pengolahan data secara konvensional tidak mampu lagi untuk melakukan hal tersebut. Sistem pengolahan data berbasis internet atau yang biasa disebut *cloud computing* sangat dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Pengguna tidak harus mengunduh data yang cukup besar sehingga dapat menghemat waktu pengunduhan dan kapasitas penyimpanan. Pengolahan data juga dilakukan di server sehingga

pengguna tidak harus memiliki perangkat dengan spesifikasi tinggi dan tidak perlu memasang perangkat lunak pengolahan data citra. *Cloud computing* yang saat ini banyak digunakan di dunia adalah google earth engine (GEE). GEE menyediakan banyak jenis citra seperti Landsat, Sentinel-1, sentinel-2, modis, DEM, SRTM, dan citra geofisika seperti gravitasi. (Kushardono, 2019).

2.2.3. Java Script

Perkembangan teknologi penginderaan jauh saat ini semakin mengarah ke pengolahan berbasis *cloud computing*, yang mana pengolahan ini sudah menerapkan prinsip *machine learning* dalam pengerjaannya sehingga memanfaatkan sistem komputer yang telah terintegrasi dengan *provider Google Earth Engine*. Peran *customer* saat ini cukup melakukan perintah dan pemanggilan data dan selanjutnya sistem akan mempelajari pola data yang ada lalu mengerjakannya sesuai dengan yang diperintahkan. Perlu diketahui perintah-perintah dalam melakukan pengolahan data geospasial di *Google Earth Engine* dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *JavaScript*. Oleh karena itu penting bagi para ahli kebumihantikan saat ini untuk memahami mengenai bahasa pemrograman secara sederhana agar bisa mengoperasikan teknologi *google earth engine* dengan baik dan benar. *JavaScript* adalah bahasa yang “*case sensitive*” artinya membedakan penamaan variabel dan fungsi yang menggunakan huruf besar dan huruf kecil, contoh karakter titik koma (Kustiyahningsih dkk., 2011).

Menurut (Rijal, 2020) terdapat beberapa penanda di dalam *JavaScript* yang biasa digunakan secara umum, antara lain :

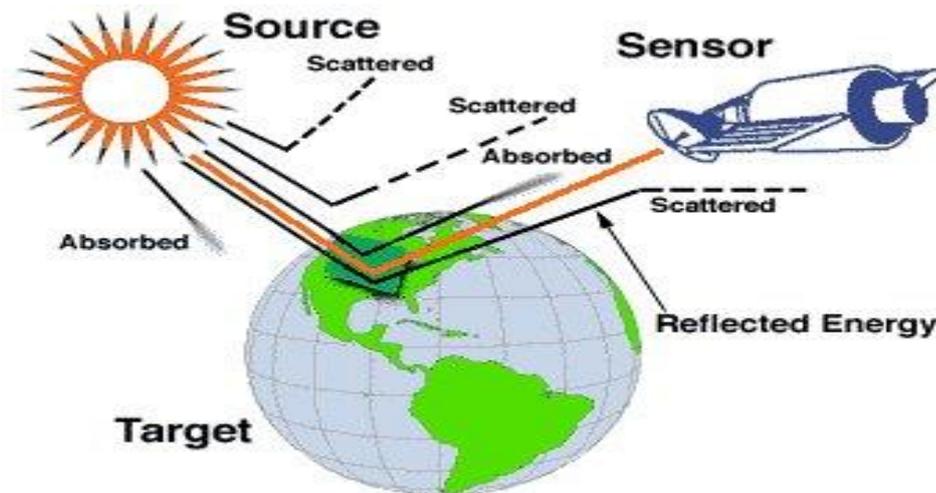
1. Dua garis miring (*// ...*) artinya komentar.
2. Titik koma atau *semicolon (... ;)* artinya akhir perintah.
3. Petik satu (*'...'*) menandakan tipe data string atau teks.
4. *Print (...)* artinya kita memerintahkan sistem untuk menampilkan hasil eksekusi perintah pada bagian console dari GEE.
5. Kurung siku (*[...]*) artinya perintah untuk menampilkan perintah yang diproses pada console dalam bentuk list atau daftar ke bawah.

6. Kurung kurawal ({...}) artinya perintah menampilkan dictionary pada console GEE. Dictionary ini akan menampilkan list dalam list.
7. Function, yaitu menampilkan perintah yang disertai dengan parameter. Parameter ditandai dengan kurung buka dan tutup (...) sementara perintah ditandai dengan kurung kurawal {...} yang diletakkan di dalam parameter kurung buka dan kurung tutup.

2.2.4. Penginderaan Jauh

Penginderaan Jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Purwadhi, 2001). Data Penginderaan Jauh dapat berupa citra, grafik, dan data numerik. Data tersebut dianalisis untuk mendapatkan informasi tentang objek, daerah, atau fenomena yang diindera atau diteliti. Proses penerjemahan data menjadi informasi disebut analisis dan interpretasi data.

Analisis data Penginderaan Jauh memerlukan data rujukan seperti peta tematik, data statistik, dan data lapangan. Hasil analisis yang diperoleh berupa informasi mengenai bentang lahan, jenis penutupan lahan, kondisi lokasi, dan kondisi sumberdaya daerah yang diindera (Purwadhi, 2001). Informasi jenis penutupan lahan didapatkan dengan melakukan interpretasi terhadap citra satelit maupun foto udara. Jenis penutupan lahan merupakan parameter fisik yang banyak membantu berbagai analisa dan evaluasi dalam aplikasi Penginderaan Jauh.



Gambar 3. Komponen penginderaan jauh
(Sumber : www.amuzigi.com)

2.2.5. Citra Penginderaan Jauh

Citra merupakan gambaran sebagian permukaan bumi sebagaimana terlihat dari ruang angkasa (satelit) atau dari udara (pesawat terbang). Citra merupakan gambaran objek di permukaan bumi yang relatif lengkap dengan wujud dan letak objek yang mirip dengan wujud dan letak di permukaan bumi sebenarnya. Citra penginderaan jauh adalah gambaran suatu objek, daerah, atau fenomena hasil rekaman pantulan atau pancaran objek oleh sensor penginderaan jauh, dapat berupa foto atau data digital (Purwadhi, 2001). Foto udara adalah salah satu bentuk dari citra analog, sementara citra-citra satelit yang *spectral signature* (pantulan radiasi sebagai fungsi dari panjang gelombang) hampir semua unsur dapat dikenali dan kemudian dipetakan (Prahasta, 2008).

(Purwadhi, 2001) berpendapat berdasarkan resolusi yang digunakan, citra hasil penginderaan jarak jauh bisa dibedakan atas:

1. Resolusi Spasial

Merupakan ukuran terkecil dari suatu bentuk (*feature*) permukaan bumi yang bisa dibedakan dengan bentuk permukaan disekitarnya, atau sesuatu yang ukurannya bisa ditentukan. Kemampuan ini memungkinkan kita untuk mengidentifikasi (*recognize*) dan menganalisis suatu objek di bumi selain mendeteksi (*detectable*) keberadaannya.

2. Resolusi Spektral

Merupakan dimensi dan jumlah daerah panjang gelombang yang sensitif terhadap sensor.

3. Resolusi Radiometrik

Merupakan ukuran sensitifitas sensor untuk membedakan aliran radiasi (*radiation flux*) yang dipantulkan atau diemisikan suatu objek oleh permukaan bumi.

4. Resolusi Termal

Resolusi termal disebabkan oleh keterbatasan sensor penginderaan jauh yang merekam pancaran tenaga termal. Resolusi termal merupakan perbedaan suhu yang masih dapat dibedakan oleh sensor penginderaan jauh sistem. Salah satu citra penginderaan jauh yang dapat digunakan untuk pemantauan tanaman perkebunan adalah citra sentinel-2. Sentinel-2 merupakan satelit yang diluncurkan oleh kerjasama antara *The European Commission* dan *European Space Agency* di dalam program *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES).



Gambar 4. Citra Satelit Sentinel-2
(Sumber: ESA, 2017)

Satelit ini diluncurkan untuk memantau kondisi permukaan bumi, sehingga mampu memberikan informasi kondisi terkini bumi dari angkasa untuk aplikasi lingkungan dan keamanan. Sentinel-2 dibuat dengan tujuan untuk memastikan kelanjutan misi Landsat 5/7, SPOT-5, SPOT-Vegetation and Envisat MERIS yang

sebentar lagi akan berakhir masa operasinya. Misi dalam menyediakan citra satelit beresolusi spasial dan temporal yang tinggi sehingga pengguna masih dapat memperoleh data penginderaan permukaan bumi terbaru (Verrelst dkk., 2012). Sentinel-2 merupakan satelit dengan sapuan lebar, resolusi tinggi, misi pencitraan *multispectral* meliputi pemantauan vegetasi, permukaan tanah dan air, serta observasi aliran air dan lingkungan pantai.

Citra yang dihasilkan oleh satelit Sentinel-2 memiliki resolusi spasial sebesar 10 meter untuk 4 band, 20 meter untuk 6 band, dan 3 band sisanya memiliki resolusi spasial sebesar 60 meter. Citra satelit Sentinel-2 juga memiliki 13 band multispektral, yang dibagi atas spektrum visible (*coastal aerosol*, merah, hijau, *near infrared*, dan *shortwave infrared*). Karakteristik dari spektrum panjang gelombang dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik spektrum panjang gelombang dan resolusi spasial masing-masing saluran Sentinel-2.

| Band | Spektrum | Panjang Gelombang (μm) | Resolusi spasial(m) | Kegunaan |
|-------------|-----------------------------|---|----------------------------|--|
| 1 | <i>Coastal Aerosol</i> | 0.433-0.453 | 60 | Koreksi atmosferik (hamburan aerosol) |
| 2 | <i>Blue</i> | 0.458-0.523 | 10 | Perkembangan vegetasi, karotenoid, keadaan tanah, koreksi atmosferik (hamburan aerosol); |
| 3 | <i>Green</i> | 0.543-0.578 | 10 | Puncak sinar hijau, sensitif terhadap total klorofil pada vegetasi |
| 4 | <i>Red</i> | 0.650-0.680 | 10 | Absorpsi klorofil maksimum |
| 5 | <i>Vegetation Red Edge1</i> | 0.698-0.713 | 20 | Konsolidasi koreksi atmosferik/ dasar fluoresensi, posisi tepi kanal merah |
| 6 | <i>Vegetation Red Edge2</i> | 0.733-0.748 | 20 | Deteksi batas warna merah; koreksi atmosferik; penerimaan beban aerosol |

| | | | | |
|----|-----------------------------|-------------|----|---|
| 7 | <i>Vegetation Red Edge3</i> | 0.765-0.785 | 20 | Indeks area daun, tepi puncak NIR |
| 8 | <i>NIR</i> | 0.785-0.900 | 10 | Indeks area daun |
| 8a | <i>Vegetation Red Edge4</i> | 0.855-0.875 | 20 | Puncak NIR yang sensitif dengan total klorofil, biomassa, Indeks tepi daun dan protein; referensi penyerapan uap air; penerimaan beban dan tipe aerosol |
| 9 | <i>Water Vapour</i> | 0.855-0.875 | 60 | Koreksi atmosferik untuk mengetahui absorpsi uap air |
| 10 | <i>SWIR-Cirrus</i> | 1.365-1.385 | 60 | Koreksi atmosferik untuk mengetahui awan yang tipis (cirrus) |
| 11 | <i>SWIR1</i> | 1.565-1.655 | 20 | Sensitif terhadap lignin, pati dan hutan di atas biomassa tanah; pemisahan salju/ es/ awan |
| 12 | <i>SWIR2</i> | 2.100-2.280 | 20 | Penilaian kondisi vegetasi; perbedaan tanah liat untuk pemantauan erosi tanah; perbedaan antara biomassa hidup, mati dan tanah. |

(Sumber: Oktaviani, 2017)

2.2.6. Pra-Pengolahan Citra

Tahap pra-pengolahan citra dilakukan guna memperbaiki kualitas citra. Citra yang dihasilkan pada tahap pra-pengolahan citra ini dapat menampilkan informasi secara jelas atau dengan kata lain manusia dapat melihat informasi yang diharapkan dengan menginterpretasikan citra yang ada (Basuki, 2007). Tahap-tahap pra-pengolahan citra pada GEE antara lain sebagai berikut:

1) Pengunduhan Citra

Pengunduhan citra adalah proses yang tidak bisa terpisahkan dalam penggunaan platform GEE. Salah satu fasilitas yang tersedia didalam GEE adalah sebuah kolom pencarian dimana didalam kolom ini pengguna dapat mencari jenis citra yang di inginkan secara multitemporal. Sehingga watu perekaman dari awal perekaman citra sampai yang terbaru dapat diunduh disini.

2) Penggabungan Band

Penggabungan saluran atau band adalah proses menggabungkan seluruh saluran yang dimiliki oleh citra membentuk sebuah citra baru yang didalamnya terdapat keseluruhan saluran tersebut. Pada citra landsat 8 terdiri dari 11 saluran, sehingga 11 saluran terpisah yang dimiliki tersebut dilakukan penggabungan sehingga membentuk sebuah citra baru yang didalamnya telah terdapat 11 saluran.

3) Komposit Band

Komposit band citra adalah citra baru hasil dari penggabungan 3 band yang mampu menampilkan keunggulan dari saluran-saluran penyusunnya (Sigit, 2011). Komposit band citra digunakan karena keterbatasan mata yang kurang mampu dalam membedakan gradasi warna dan lebih mudah memahami dengan pemberian warna. Melalui citra hasil komposit ini, kita akan lebih mudah mengidentifikasi suatu objek pada citra (Prahasta, 2008).

4) *Filtering*

Filtering merupakan proses perubahan nilai piksel dalam dataset sesuai dengan nilai piksel disekelilingnya. *Filtering* merupakan operasi lokal dalam pengolahan citra yang dilakukan guna memudahkan interpretasi visual. Operasi pemfilteran spasial ini sebagai operasi lokal, karena perubahan nilai piksel dilakukan dengan mempertimbangkan nilai piksel

sekelilingnya. *Filtering* dapat digunakan untuk meningkatkan tampilan citra, menajamkan citra, meratakan dan menghilangkan *noise* atau bising (Purwadhi, 2001).

5) Cropping Citra

Pemotongan atau cropping citra landsat dilakukan berdasarkan kebutuhan yang diperlukan dalam ruang lingkup dari penelitian yang dilakukan dan juga untuk menghemat memori penyimpanan. Pemotongan citra landsat ini dilakukan dengan menggunakan shapefile berbentuk polygon dari administarsi wilayah.

6) Meningkatkan Kontras Citra

Operasi perbaikan kualitas citra yang cukup sering adalah dengan mengatur tingkat kecerahan atau kontras. Hal ini dikarenakan mata manusia tidak cukup baik dalam membedakan membedakan unsur-unsur spasial yang memiliki perbedaan warna atau kecerahan yang kecil atau interval nilai digital pikselnya relatif kecil sehingga sulit dibedakan. Untuk merubah kontras citra, pengguna dapat merubah bentuk, posisi, atau bahkan kedudukan transform-line dan histogram yang dimiliki oleh citra tersebut (Prahasta, 2008).

2.2.7. Pengolahan Citra

Pengolahan citra digital adalah teknik mengolah citra yang bertujuan memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia atau mesin komputer yang dapat berupa foto maupun gambar bergerak (Sutojo dkk., 2009). Pengolahan citra (*Image Processing*) merupakan suatu sistem dimana dilakukan dengan masukan berupa citra dan menghasilkan keluaran berupa citra (Basuki, 2007). Pengolahan citra digital memiliki beberapa kelebihan, yaitu murah, cepat, dan tidak merusak sampai yang diukur dan mampu mengidentifikasi fisik produk secara obyektif (Somantri, 2010). Pada awalnya pengolahan citra ini dilakukan untuk memperbaiki kualitas citra. Namun dengan berkembangnya dunia

komputasi yang ditandai dengan semakin meningkatnya kapasitas dan kecepatan proses komputer, serta dapat mengambil informasi dari suatu citra. Pengolahan citra mempunyai tujuan utama yakni untuk mengekstrasi informasi ciri yang menonjol pada suatu citra yang menghasilkan informasi citra. Pengguna mendapatkan informasi ciri dari citra secara numerik atau dengan kata lain komputer melakukan interpretasi terhadap informasi yang ada pada citra melalui data yang dapat dibedakan secara jelas. Pengolahan citra digital dapat dimanfaatkan dalam berbagai hal, pada penelitian ini dilakukan metode pengolahan citra yang digunakan untuk mengidentifikasi penutup lahan.

2.2.8. Klasifikasi Citra

Klasifikasi adalah suatu tahap pengelompokan piksel-piksel dari Suatu citra ke dalam kategori-kategori yang ditetapkan dengan melihat nilai kecerahan (*Digital Number*) dari citra tersebut (Jaya, 1997). Klasifikasi citra pada citra digital merupakan suatu proses penyusunan, pengurutan, atau pengelompokkan semua piksel yang terdapat di dalam band citra kedalam beberapa kelas berdasarkan suatu kriteria atau kategori objek hingga menghasilkan peta tematik dalam bentuk raster. Tujuan proses ini adalah untuk mengekstrak pola-pola respon spektral yang terdapat di dalam citra itu sendiri yang pada umumnya berupa kelas-kelas penutup lahan (*landcover*) (Prahasta, 2008). Klasifikasi penutupan lahan merupakan pembagian kelompok wilayah kedalam bidang yang lebih kecil agar terlihat lebih sederhana dan rinci. Secara umum, dalam proses pengklasifikasian citra digital dikenal dua kelompok metode, yaitu klasifikasi tidak terbimbing (*unsupervised classification*) dan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*).

Klasifikasi *supervised* melibatkan analisis secara intensif yang menunjukkan proses klasifikasi dengan identifikasi objek pada citra (*training area*). Sehingga pengambilan *sample* perlu dilakukan dengan mempertimbangkan pola spectral pada setiap panjang gelombang tertentu, sehingga diperoleh daerah acuan yang baik untuk mewakili suatu objek (Humaidah dkk., 2015). Dua hal penting yang harus dipertimbangkan dalam klasifikasi adalah sistem klasifikasi dan kriteria sampel. Pada metode klasifikasi ini, sebagian identitas dan lokasi kelas-kelas

unsur atau tipe penutup lahan telah diketahui sebelumnya, baik itu melalui survei lapangan, analisis foto udara, atau cara lainnya. Penganalisis akan mengidentifikasi area-area tertentu di atas citra digital multi spektral yang berisi tipe-tipe unsur spasial yang diinginkan. Kemudian karakteristik spektral milik area-area yang telah diketahui ini untuk membimbing atau melatih program aplikasi dalam menandai setiap piksel ke dalam salah satu kelas yang tersedia (Prahasta, 2008). GEE memiliki metode klasifikasi berbasis *machine learning* dengan konsep algoritma *JavaScript*, adapun beberapa klasifikasi yang terdapat di GEE sebagai berikut :

1. CART (*Classification and Regression Tree*)

CART (*Classification and Regression Tree*) merupakan metode eksplorasi yang digunakan untuk melihat hubungan antara variabel respon dengan variabel bebas yang meliputi variabel nominal, ordinal, maupun kontinu. Perkembangan ini ditandai dengan diterbitkannya buku *Classification and Regression Tree* pada tahun 1984 (Breiman, 1993). Metode ini meliputi metode pohon klasifikasi dan pohon regresi.

CART merupakan pengembangan dari pohon keputusan, metode ini merupakan metode eksplorasi yang mengubah data yang sangat besar menjadi pohon keputusan yang merepresentasikan suatu aturan. CART yaitu metode yang digunakan untuk mengelompokkan data secara berulang untuk mengestimasi distribusi kondisional dari data (pada kasus ini adalah variabel respon) jika diberikan variabel bebasnya (penjelasnya), (Breiman, 1993). Pembentukan pohon klasifikasi terdiri atas 3 tahap yang memerlukan *learning sample* L. Tahap pertama adalah pemilihan pemilah. Setiap pemilahan hanya bergantung pada nilai yang berasal dari satu variabel independen. Untuk variabel independen kontinu X_j dengan ruang sampel berukuran n dan terdapat n nilai amatan sampel yang berbeda, maka akan terdapat n- pemilahan yang berbeda. Sedangkan untuk X_j adalah variabel kategori nominal bertaraf L , maka akan diperoleh pemilahan sebanyak 2^{L-1} . Tetapi jika variabel X adalah kategori ordinal maka akan diperoleh L-1 pemilahan yang mungkin. Metode

pemilahan yang sering digunakan adalah indeks Gini dengan fungsi sebagai berikut

$$i(t) = \sum_{i \neq j} p(i|t)p(j|t) \dots \dots \dots (1)$$

Dengan $i(t)$ adalah fungsi keheterogenan indeks gini, $p(i|t)$ adalah proporsi kelas i pada simpul t , dan $p(j|t)$ adalah proporsi kelas j pada simpul t . Tahap kedua adalah penentuan simpul terminal. Simpul t dapat dijadikan simpul terminal jika tidak terdapat penurunan keheterogenan yang berarti pada pemilahan, hanya terdapat satu pengamatan ($n=1$) pada tiap simpul anak atau adanya batasan minimum n serta adanya batasan jumlah level atau tingkat kedalaman pohon maksimal.

Tahap ketiga adalah penandaan label tiap simpul terminal berdasar aturan jumlah anggota kelas terbanyak, yaitu:

$$p(j_0|t) = \max_j p(j|t) = \max_j \frac{N_j(t)}{N(t)} \dots \dots \dots (2)$$

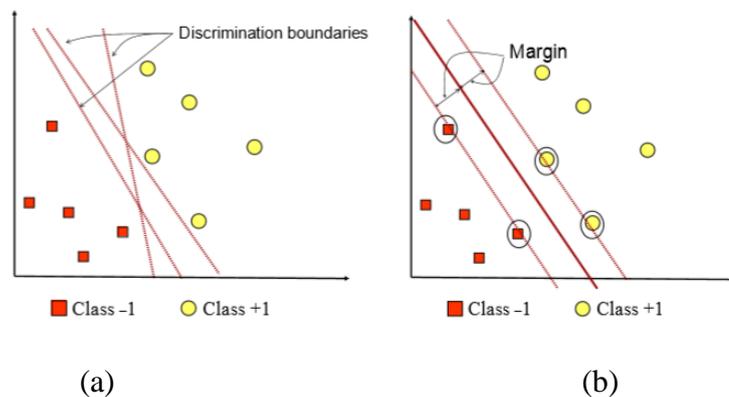
dengan $p(j_0|t)$ adalah proporsi kelas j pada simpul t , $N_j(t)$ adalah jumlah pengamatan kelas j pada simpul t , dan $N(t)$ adalah jumlah pengamatan pada simpul t . Label kelas simpul terminal t adalah j_0 yang memberi nilai dugaan kesalahan pengklasifikasian simpul t terbesar. Setelah terbentuk pohon maksimal tahap selanjutnya adalah pemangkasan pohon untuk mencegah terbentuknya pohon klasifikasi yang berukuran sangat besar dan kompleks, sehingga diperoleh ukuran pohon yang layak berdasarkan *cost complexity pruning*, maka besarnya *resubstitution estimate* pohon T pada parameter kompleksitas α yaitu :

$$R_\alpha(T) = R(T) + \alpha |\bar{T}| \dots \dots \dots (3)$$

dengan $R_\alpha(T)$ adalah *resubstitution* suatu pohon T pada kompleksitas α , $R(T)$ adalah *resubstitution estimate*, α adalah *Parameter cost-complexity* bagi penambahan satu simpul akhir pada pohon T , dan $|\bar{T}|$ adalah banyaknya simpul terminal pohon T (Faizah, 2017).

2. SVM (*Support Vector Machine*)

Konsep dari SVM adalah berusaha menemukan *hyperplane* yang optimum pada *input space*. Fungsi dari *hyperplane* itu digunakan sebagai pemisah dua buah kelas pada *input space*. Kelas sering disimbolkan dengan -1 dan +1. Gambar 5. mengilustrasikan *hyperplane* pada metode SVM. Pattern pada kelas -1 ditandai dengan warna merah (kotak). Sedangkan pattern pada kelas +1, ditandai dengan warna kuning (lingkaran). Dalam pemodelan klasifikasi, SVM memiliki konsep yang lebih matang dan lebih jelas secara matematis dibandingkan dengan teknik-teknik klasifikasi lainnya. SVM juga dapat mengatasi masalah klasifikasi dan regresi dengan *linear* maupun *non linear*.



(a) (b)
Gambar 5. Ilustrasi Hyperlane pada SVM
(Sumber: Darmawan, 2019)

Gambar (a) menunjukkan alternatif garis pemisah antara dua kelas (*discriminant boundaries*). garis pemisah yang terbaik adalah yang memiliki *margin hyperplane maksimum*. *Margin* adalah jarak antara *hyperplane* dengan *pattern* terdekat pada masing-masing kelas. *Pattern* yang paling dekat disebut sebagai *support vector*. Gambar (b), *pattern* yang dilingkari adalah *support vector* untuk tiap kelas. Sedangkan, garis tebal dalam Gambar (b) adalah *hyperplane* terbaik karena berada di tengah-tengah kedua kelas. Proses mencari letak *hyperplane* ini adalah inti dari metode SVM.

SVM digunakan untuk mencari *hyperplane* terbaik dengan memaksimalkan jarak antar kelas. *Hyperplane* adalah sebuah fungsi yang dapat digunakan untuk pemisah antar kelas. Dalam 2-D fungsi yang digunakan untuk klasifikasi

antar kelas disebut sebagai *line whereas*, fungsi yang digunakan untuk klasifikasi antar kelas dalam 3-D disebut *plane similarly*, sedangkan fungsi yang digunakan untuk klasifikasi di dalam ruang kelas dimensi yang lebih tinggi disebut *hyperplane*. *Support Vector Machine* (SVM) adalah suatu teknik untuk melakukan prediksi, baik dalam kasus klasifikasi maupun regresi. Data yang tersedia dinotasikan dengan $\vec{x}_i \in \mathbb{R}^d$ Sedangkan untuk label masing-masing dinotasikan sebagai $y_i \in \{-1, +1\}$, $i = 1, 2, \dots, l$, dimana l adalah banyaknya data yang digunakan. Misalkan diketahui X memiliki pola dimana X_i termasuk kedalam kelas maka X_i diberi label (target) $y_i = +1$ dan $y_i = -1$. Diasumsikan kelas -1 dan $+1$ dapat terpisah secara sempurna oleh *hyperplane* berdimensi d , yang didefinisikan sebagai:

$$\vec{w} \cdot \vec{x} + b = 0$$

Pattern X_i masuk ke dalam kelas -1 (sampel negatif) jika memenuhi pertidaksamaan berikut:

$$\vec{w} \cdot \vec{x} + b \leq -1$$

Sedangkan pattern X_i masuk ke dalam kelas $+1$ (sampel positif) jika memenuhi pertidaksamaan berikut:

$$\vec{w} \cdot \vec{x} + b \geq +1$$

Margin terbesar bisa diperoleh dengan memaksimalkan nilai jarak antara hyperplane dengan titik terdekatnya, yaitu $1/||\vec{w}||$. Hal ini dapat dirumuskan sebagai *Quadratic Programming* (QP) *problem*, yaitu mencari titik minimal persamaan (4) dengan batasan persamaan (5)

$$\min_w \tau(\vec{w}) = \frac{1}{2} ||\vec{w}||^2 \dots \dots \dots (4)$$

$$y_i [\vec{w} \cdot \vec{x} + b] \geq 0, i = 1, 2, \dots, l \dots \dots \dots (5)$$

Problem ini dapat diatasi dengan menggunakan teknik komputasi, diantaranya adalah *Lagrange Multiplier*.

$$L(\vec{w}, b, a) = \frac{1}{2} \|\vec{w}\|^2 - \sum_{i=1}^l \{y_i [\vec{w} \cdot \vec{x}_i + b] - 1\} \dots \dots \dots (6)$$

dengan $i=1,2,\dots,l$

α_i adalah *Lagrange Multiplier* yang nilainya nol atau positif ($\alpha_i \geq 0$). Persamaan (6) dapat dioptimumkan dengan meminimalkan L terhadap w dan b, dan memaksimalkan L terhadap α_i dengan menggunakan sifat bahwa pada titik optimum gradien L = 0, persamaan (6) dapat ditulis sebagai berikut.

$$\sum_{i=1}^l \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^l \alpha_i \alpha_j y_i y_j \vec{x}_i \vec{x}_j \dots \dots \dots (7)$$

dimana, $\alpha_i \geq 0$ ($i = 1, 2, \dots, l$) $\sum_{i=1}^l \alpha_i, y_i$

Dari persamaan (7) akan diperoleh α_1 yang kebanyakan bernilai positif. Data yang berkorelasi dengan α_1 yang positif inilah yang disebut sebagai *support vector* (Octaviani, dkk.,2014).

3. RFC (*Random Forest Classification*)

Random forest adalah suatu algoritma yang digunakan pada klasifikasi data dalam jumlah yang besar. Klasifikasi *random forest* dilakukan melalui penggabungan pohon (*tree*) dengan melakukan *training* pada sampel data yang dimiliki. Penggunaan pohon (*tree*) yang semakin banyak akan mempengaruhi akurasi yang akan didapatkan menjadi lebih baik. Penentuan klasifikasi diambil berdasarkan hasil *voting* dari *tree* yang terbentuk. Pemenang dari *tree* yang terbentuk ditentukan dengan *vote* terbanyak. Pembangunan pohon (*tree*) pada *random forest* sampai dengan mencapai ukuran maksimum dari pohon data. Akan tetapi pembangunan pohon *random forest* tidak dilakukan pemangkasan (*pruning*) yang merupakan sebuah metode untuk mengurangi kompleksitas ruang.

Random forest merupakan salah satu cara penerapan dari pendekatan diskriminasi *stokastik* pada klasifikasi. Proses Klasifikasi akan berjalan jika semua *tree* telah terbentuk. Pada saat proses klasifikasi selesai dilakukan, inisialisasi dilakukan dengan sebanyak data berdasarkan nilai akurasinya.

Keuntungan penggunaan *random forest* yaitu mampu mengklasifikasi data yang memiliki atribut yang tidak lengkap, dapat digunakan untuk klasifikasi dan regresi akan tetapi tidak terlalu bagus untuk regresi, lebih cocok untuk pengklasifikasian data serta dapat digunakan untuk menangani data sampel yang banyak.

Algoritma ini berupa kombinasi dari beberapa *tree predictors* atau bisa disebut *decision trees* dimana setiap tree bergantung pada nilai *random vector* yang dijadikan sampel secara bebas dan merata pada semua tree dalam forest tersebut. Hasil prediksi dari *random forest* didapatkan melalui hasil terbanyak dari setiap individual *decision tree* (voting untuk klasifikasi dan rata-rata untuk regresi). Untuk RF yang terdiri dari N trees dirumuskan sebagai:

$$l(y) = \operatorname{argmax}_c (\sum_{n=1}^N I_{h_n}(y) = c) \dots \dots \dots (8)$$

Dimana I adalah fungsi indikator dan h_n adalah *tree* ke-n dari RF (Liparas, 2014). *Random Forest* memiliki mekanisme internal yang menyediakan estimasi dari *generalization* error-nya sendiri yang disebut *out-of-bag* (OOB) error estimate. Dalam pembentukan tree hanya 2/3 dari data asli yang digunakan dalam pengambilan sampel *bootstrap*. Sedangkan 1/3 sisanya diklasifikasikan oleh tree yang terbentuk dan digunakan untuk menguji performanya. OOB error estimation adalah rata-rata dari kesalahan prediksi untuk setiap kasus training y menggunakan tree yang tidak mengikutsertakan y dalam sampel *bootstrap*-nya. Kemudian, saat RF dibuat, semua training cases menyusuri setiap pohon dan matriks kedekatan setiap kasus dihitung berdasarkan pasangan kasus yang sampai di terminal node yang sama (Liparas, 2014).

4. NBC (*Naïve Bayes Classification*)

Naive Bayes merupakan sebuah pengklasifikasian probabilistik sederhana yang menghitung sekumpulan probabilitas dengan menjumlahkan frekuensi dan kombinasi nilai dari dataset yang diberikan. Algoritma menggunakan teorema Bayes dan mengasumsikan semua atribut independen atau tidak

saling ketergantungan yang diberikan oleh nilai pada variabel kelas. Definisi lain mengatakan *Naive Bayes* merupakan pengklasifikasian dengan metode probabilitas dan statistik yang dikemukakan oleh ilmuwan Inggris Thomas Bayes, yaitu memprediksi peluang di masa depan berdasarkan pengalaman di masa sebelumnya.

Naive Bayes didasarkan pada asumsi penyederhanaan bahwa nilai atribut secara kondisional saling bebas jika diberikan nilai output. Dengan kata lain, diberikan nilai output, probabilitas mengamati secara bersama adalah produk dari probabilitas individu. Keuntungan penggunaan *Naive Bayes* adalah bahwa metode ini hanya membutuhkan jumlah data pelatihan (Training Data) yang kecil untuk menentukan estimasi parameter yang diperlukan dalam proses pengklasifikasian. *Naive Bayes* sering bekerja jauh lebih baik dalam kebanyakan situasi dunia nyata yang kompleks dari pada yang diharapkan. Metode *Naive Bayes Classifier* (NBC) merupakan salah satu algoritma dalam teknik data mining yang menerapkan teori Bayes dalam klasifikasi, (Santoso dkk., 2019).

Persamaan dari metode *naive bayes* adalah sebagai berikut:

$$P(X|H) = \frac{P(X|H).P(H)}{P(X)} \dots\dots\dots(9)$$

Di mana :

X :Data dengan class yang belum diketahui

H : Hipotesis data merupakan suatu class spesifik

P(H|X) :Probabilitas hipotesis H berdasar kondisi X (posteriori probabilitas)

P(H) : Probabilitas hipotesis H (prior probabilitas)

P(X|H) :Probabilitas X berdasarkan kondisi pada hipotesis H

P(X) : Probabilitas X

Untuk menjelaskan metode *Naive Bayes*, perlu diketahui bahwa proses klasifikasi memerlukan sejumlah petunjuk untuk menentukan kelas apa yang cocok bagi sampel yang dianalisis tersebut. Karena itu, metode *Naive Bayes* di atas disesuaikan sebagai berikut:

$$P(C|F1 \dots Fn) = \frac{P(C)P(F1\dots Fn|C)}{P(F1\dots Fn)} \dots\dots\dots(10)$$

Di mana Variabel C merepresentasikan kelas, sementara variabel F1 ... Fn merepresentasikan karakteristik petunjuk yang dibutuhkan untuk melakukan klasifikasi. Maka rumus tersebut menjelaskan bahwa peluang masuknya sampel karakteristik tertentu dalam kelas C (Posterior) adalah peluang munculnya kelas C (sebelum masuknya sampel tersebut, seringkali disebut prior), dikali dengan peluang kemunculan karakteristik-karakteristik sampel pada kelas C (disebut juga *likelihood*), dibagi dengan peluang kemunculan karakteristik-karakteristik sampel secara global (disebut juga *evidence*) (Romadloni dkk., 2007).

2.2.9. Uji Akurasi

Uji akurasi bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kesalahan pada hasil klasifikasi sehingga dapat ditentukan besarnya persentase keakuratan hasil klasifikasi (Nagendra dkk., 2019). Uji akurasi sangat diperlukan untuk mengetahui sejauh mana kualitas data yang kita hasilkan. Kualitas data bisa dikatakan valid dan baik apabila akurasi model klasifikasi tinggi, sehingga data yang kita hasilkan dapat kita pertanggung jawabkan untuk keperluan analisis spasial lebih lanjut. Sedangkan apabila akurasi model klasifikasi rendah, maka kualitas data yang kita hasilkan berarti tidak layak digunakan untuk keperluan analisis spasial lebih lanjut sehingga perlu dilakukan klasifikasi ulang sampai akurasi masuk toleransi bahkan melebihi toleransi yang ditentukan. Standar ketelitian klasifikasi yang digunakan untuk menilai tingkat akurasi peta tutupan lahan adalah sebagai berikut: (1) Ketelitian klasifikasi dinyatakan layak jika nilainya 85-89%; (2) Ketelitian klasifikasi dinyatakan sedang jika nilainya 90-94% dan (3) Ketelitian klasifikasi dinyatakan tinggi jika nilainya >95% .

Dalam melakukan pengujian akurasi diperlukan data sampel antara objek dengan pembanding sehingga nantinya bisa diketahui tingkat kesesuaian data sampel yang kita hasilkan. Dalam menentukan pengambilan jumlah titik uji akurasi

menggunakan metode *multinomial distribution*. Menurut (Congalton dan Green, 2019), evaluasi jumlah poin yang diperlukan untuk memvalidasi hasil suatu citra di dasarkan pada beberapa kriteria, termasuk jumlah kelas (*strata sampling*), dan proporsinya. Dari perspektif statistik, jumlah sampel yang akan divalidasi harus memadai untuk mengukur variabilitas yang terkait dengan variabel yang diuji.

Akurasi hasil klasifikasi diuji dengan membuat matriks kesalahan (*confusion matrix*) pada setiap bentuk penutup / penggunaan lahan dari hasil interpretasi. Ketelitian pemetaan dibuat dalam beberapa kelas X mengacu pada (Short, 1982) dalam (Purwadhi, 2001) yang dapat dihitung dengan rumus:

$$MA = \frac{xcr \text{ pixel}}{2xcr \text{ pixel} + Xo \text{ pixel} + Xco} \times 100\% \dots \dots \dots (11)$$

Keterangan:

MA = Ketelitian Pemetaan (*mapping accuracy*)

Xcr = Jumlah kelas X yang terkoreksi

Xo = Jumlah kelas X yang masuk ke kelas lain (omisi)

Xco = Jumlah kelas X tambahan dari kelas lain (komisi)

Secara lebih sederhana ketelitian seluruh klasifikasi (KH) adalah:

$$KH = \frac{\text{Jumlah Pixel murni semua kelas}}{\text{Jumlah semua pixel}} \times 100\% \dots \dots \dots (12)$$

2.2.10. Klasifikasi Penggunaan Lahan

Informasi penggunaan lahan adalah penutup lahan permukaan bumi dan penggunaan penutup lahan tersebut pada suatu daerah. Informasi penggunaan lahan berbeda dengan informasi penutup lahan yang dapat dikenali secara langsung dari citra satelit penginderaan jauh. Sementara informasi penggunaan lahan merupakan hasil kegiatan manusia dalam suatu lahan atau penggunaan lahan atau fungsi lahan, sehingga tidak selalu dapat ditaksir secara langsung dari citra penginderaan jauh, namun dapat dikenali dari asosiasi penutup lahannya (Purwadhi, 2001). Klasifikasi penggunaan lahan adalah pengelompokan beberapa

jenis penggunaan lahan dalam kelas-kelas tertentu, dan dapat dilakukan dengan pendekatan induksi untuk menentukan hierarki pengelompokan dengan menggunakan suatu sistem. Keputusan seseorang atau sekelompok masyarakat dalam menggunakan lahan dipengaruhi oleh banyak faktor fisik, sosial, ekonomi, dan teknik. Secara garis besar, lahan kota terbagi menjadi lahan terbangun dan lahan tak terbangun. Lahan terbangun terdiri dari perumahan, industri, perdagangan, jasa, dan perkantoran. Sedangkan lahan tak terbangun terbagi menjadi lahan tak terbangun yang digunakan untuk aktivitas kota (kuburan, rekreasi, transportasi, ruang terbuka) dan lahan tak terbangun non aktivitas kota (pertanian, perkebunan, area perairan, produksi dan penambangan sumber daya alam).

klasifikasi penggunaan lahan mendasarkan pada bentuk penggunaan lahan dan skala peta, membedakan daerah desa dan kota. Klasifikasi ini digunakan secara formal di Indonesia oleh Badan Pertanahan Nasional (BPN), berdasarkan (Purwadhi, 2001),

1. Berdasarkan pemetaan penggunaan lahan skala 1:250.000 dan skala 1:200.000, maka bentuk penggunaan lahan dibedakan menjadi 8 kategori, yaitu perkampungan, sawah, tegalan dan kebun, ladang berpindah, hutan, alang-alang dan semak belukar, rawa, lahan lain-lain.
2. Berdasarkan pemetaan penggunaan lahan skala 1:100.000, skala 1:50.000, dan skala 1:25.000, penggunaan lahan dibedakan dalam 10 kelas, dengan beberapa sub-kategori :
 - a. Perkampungan berupa kampung, kuburan, emplesemen.
 - b. Tanah pertanian berupa sawah ditanami padi dua kali setahun, sawah padi satu kali setahun, sawah ditanami setiap tahun bergantian, yaitu padi sekali setahun, sekali setahun bukan padi, dan ladang berpindah.
 - c. Lahan perkebunan dengan jenis tanaman karet, kopi, jenis tanaman perkebunan lainnya.
 - d. Kebun dapat berupa sawah ditanami sayuran dan tidak pernah ditanami padi, kebun kering dengan berbagai tanaman, hutan dibedakan hutan lebat; belukar; satu jenis tanaman.

- e. Kolam ikan.
- f. Tanah rawa / rawa-rawa.
- g. Tanah tandus atau tanah yang tidak bernilai ekonomis.
- h. Hutan penggembalaan.
- i. Lain-lain (kalau ada sesuai kondisi daerahnya).

Berdasarkan (Purwadhi, 2001), pembagian kelas sampel dilakukan berdasarkan sistem klasifikasi penggunaan lahan menurut USGS (*United States Geological Survey*) yang didasarkan citra penginderaan jauh. Sistem klasifikasi penutup lahan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah tingkat 3 dan 4 dimana pengguna dapat menyesuaikan dengan keperluan dan kondisi area kajian. Berdasarkan pertimbangan tersebut dilakukan pembagian ke dalam 6 kelas tutupan lahan seperti table dibawah :

Tabel.3. Klasifikasi Tipe Penutup Lahan Kecamatan Natar

| No. | Penutup Lahan |
|-----|-----------------|
| 1. | Lahan Terbangun |
| 2. | Sawah |
| 3. | Tanah Terbuka |
| 4. | Vegetasi |
| 5. | Tambang |
| 6. | Semak Belukar |

2.2.11. Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018 Tentang Perubahan Atas Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar

Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial ini merupakan peraturan yang mengatur tentang pedoman teknis mengenai syarat dan ketentuan dalam standar ketelitian peta, agar mengetahui kualitas data yang dihasilkan dari platform GEE. Ketentuan untuk standar ketelitian geometri Peta RBI yang dihasilkan tertera pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Ketelitian Geometri Peta RBI

| No | Skala | Interval Kontur (m) | Ketelitian Peta RBI | | | | | |
|----|-------------|---------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | | | Kelas 1 | | Kelas 2 | | Kelas 3 | |
| | | | Horizontal (CE90 dalam m) | Vertikal (LE90 dalam m) | Horizontal (CE90 dalam m) | Vertikal (LE90 dalam m) | Horizontal (CE90 dalam m) | Vertikal (LE90 dalam m) |
| 1 | 1:1.000.000 | 400 | 300 | 200 | 600 | 300 | 900,0 | 400 |
| 2 | 1:500.000 | 200 | 150 | 100 | 300 | 150 | 450,0 | 200 |
| 3 | 1:250.000 | 100 | 75 | 50 | 150 | 75 | 225,0 | 100 |
| 4 | 1:100.000 | 40 | 30 | 20 | 60 | 30 | 90,0 | 40 |
| 5 | 1:50.000 | 20 | 15 | 10 | 30 | 15 | 45,0 | 20 |
| 6 | 1:25.000 | 10 | 7,5 | 5 | 15 | 7,5 | 22,5 | 10 |
| 7 | 1:10.000 | 4 | 3 | 2 | 6 | 3 | 9,0 | 4 |
| 8 | 1:5000 | 2 | 1,5 | 1 | 3 | 1,5 | 4,5 | 2 |
| 9 | 1:2500 | 1 | 0,75 | 0,5 | 1,5 | 0,75 | 2,3 | 1 |
| 10 | 1:1000 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,6 | 0,3 | 0,9 | 0,4 |

(Sumber : Peraturan Badan Informasi Geospasial No. 6 Tahun 2018)

Nilai ketelitian di setiap kelas diperoleh melalui ketentuan seperti tertera pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. Ketentuan ketelitian geometri Peta RBI berdasarkan kelas

| Ketelitian | Kelas1 | Kelas2 | Kelas3 |
|------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Horizontal | 0,3 x bilangan skala | 0,6 x bilangan skala | 0,9 x bilangan skala |

(Sumber : Peraturan Badan Informasi Geospasial No. 6 Tahun 2018)

Nilai ketelitian posisi peta dasar pada Tabel 4 adalah nilai CE90 untuk ketelitian horizontal, yang berarti bahwa kesalahan posisi peta dasar tidak melebihi nilai ketelitian tersebut dengan tingkat kepercayaan 90%. Nilai CE 90 dan LE 90 dapat diperoleh dengan rumus mengacu kepada standar sebagai berikut USNMAS (*United States National Map Accuracy Standards*) sebagai berikut:

$$CE90 = 1,5175 \times RMSE_r \dots \dots \dots (13)$$

Dengan :

$RMSE_r$: Root Mean Square *Error* pada posisi x dan y (horizontal)

Ketelitian geometri peta harus dituliskan dalam bentuk pernyataan dan sajian kartografis peta dasar tersebut. Pernyataan tersebut berupa “Peta ini memiliki ketelitian horizontal sebesar xx,xx meter dan ketelitian vertical sebesar xx,xx meter. Pada pemetaan dua dimensi yang perlu diperhitungkan adalah koordinat (X,

Y) titik uji dan posisi sebenarnya di lapangan. Analisis akurasi posisi menggunakan *root mean square error* (RMSE), yang menggambarkan nilai perbedaan antara titik uji dengan titik sebenarnya. RMSE digunakan untuk menggambarkan akurasi meliputi kesalahan random dan sistematis.

Nilai RMSE dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{RMSE}_{\text{horizontal}} = \sqrt{D^2}/n \dots \dots \dots (14)$$

$$D^2 = \sqrt{\text{RMSE}x^2 + \text{RMSE}y^2} \dots \dots \dots (15)$$

$$D^2 = \sqrt{\frac{\sum (X_{\text{data}} - X_{\text{cek}})^2 + (Y_{\text{data}} - Y_{\text{cek}})^2}{n}} \dots \dots \dots (16)$$

Dengan :

n = Jumlah total pengecekan pada peta

D = Selisih antara koordinat yang diukur di lapangan dengan koordinat di peta

x = Nilai koordinat pada sumbu X

y = Nilai koordinat pada sumbu

2.3. Kerangka Konseptual

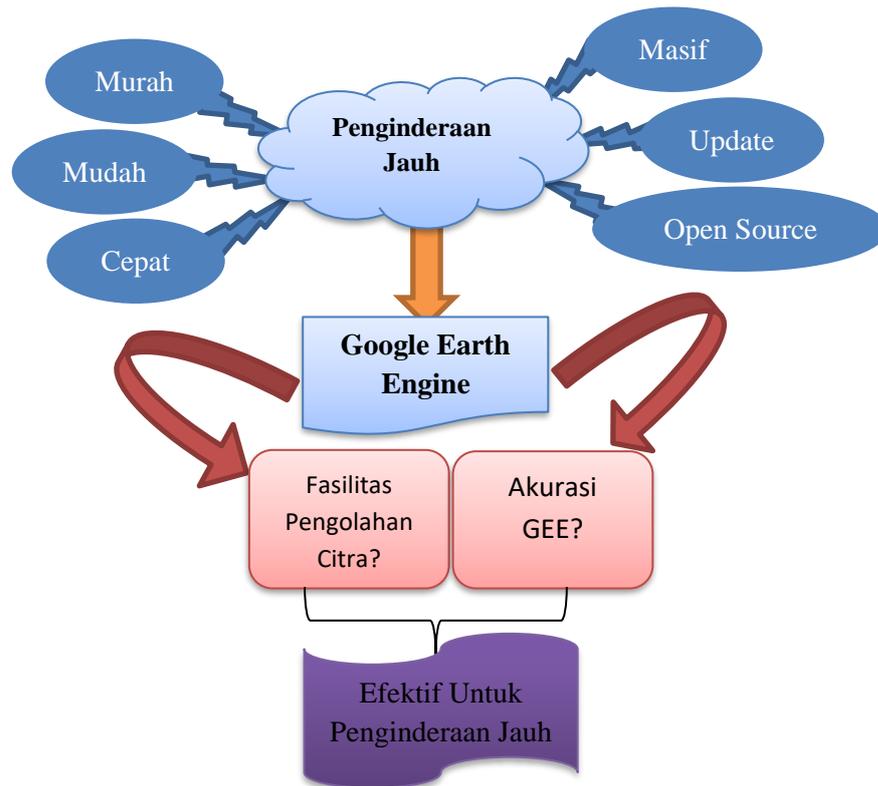
Penginderaan jauh adalah sebuah teknologi yang telah banyak digunakan untuk melakukan monitoring dan analisis suatu permasalahan kebumihantaran untuk kemudian divisualisasikan kedalam informasi geospasial. Hadirnya teknologi penginderaan jauh sejauh ini sangat berperan penting bagi dunia pemetaan, perannya sangat membantu mempermudah dan membuat biaya lebih murah melalui pengolahan citra satelit jika dibandingkan metode terestris.

Seiring perkembangan teknologi yang semakin pesat kebutuhan akan data geospasial bersifat *masif*, *Update*, dan *Open Source*. Perubahan ini akibat pengaruh perkembangan revolusi industri 4.0 yang menerapkan sistem *cyber* dan *machine learning* dalam menyelesaikan permasalahan.

Saat ini telah hadir sebuah teknologi baru yang bernama *google earth engine*, kehadiran teknologi ini berhasil menjadi bahan pembicaraan di kalangan ilmuwan dan akademisi karena memenuhi beberapa kebutuhan perkembangan jaman saat ini. GEE adalah sebuah teknologi berbasis *cloud computing* dimana dalam proses penyelesaian suatu pengolahan data memanfaatkan internet sebagai pusat manajemen data. Metode *cloud computing* mengintegrasikan dan mengkoleksi berbagai jenis data citra yang tersedia dari awal perekaman sampai saat ini secara gratis dan *open source* kemudian proses pengolahan tidak lagi terbatas oleh area kajian karena bersifat tak terbatas. Selain itu proses pengolahan sudah tidak ditentukan oleh kualitas dan kapasitas hardware dan software karena keduanya tersedia dalam satu paket dan online jika kita telah mendaftarkan diri untuk memiliki akun terkait.

Namun pengolahan berbasis *cloud computing* ini cukup menjadi pekerjaan rumah baru bagi para keilmuan penginderaan jauh karena proses pengolahan menggunakan sebuah bahasa pemrograman *javascript* sehingga harus mengcoding. Konsep pengolahan seperti ini cukup berbeda dari *software-software* sebelumnya yang memanfaatkan *tools* begitu banyak. Selain itu karena pengolahan bersifat *online*, pengolahan data tidak bisa dilakukan jika tidak memiliki koneksi internet atau kemampuan internet kurang stabil. Lantas seperti apa fasilitas pengolahan data yang disediakan oleh GEE itu sendiri, Apakah dengan konsep *cloud computing* dapat memenuhi kebutuhan untuk pengolahan data penginderaan jauh sehingga platform ini memang efektif untuk dimanfaatkan oleh bidang keilmuan penginderaan jauh secara mudah, murah dan akurat.

Untuk memudahkan dalam memahami kerangka konseptual ini dapat dilihat dalam diagram alir dibawah ini:

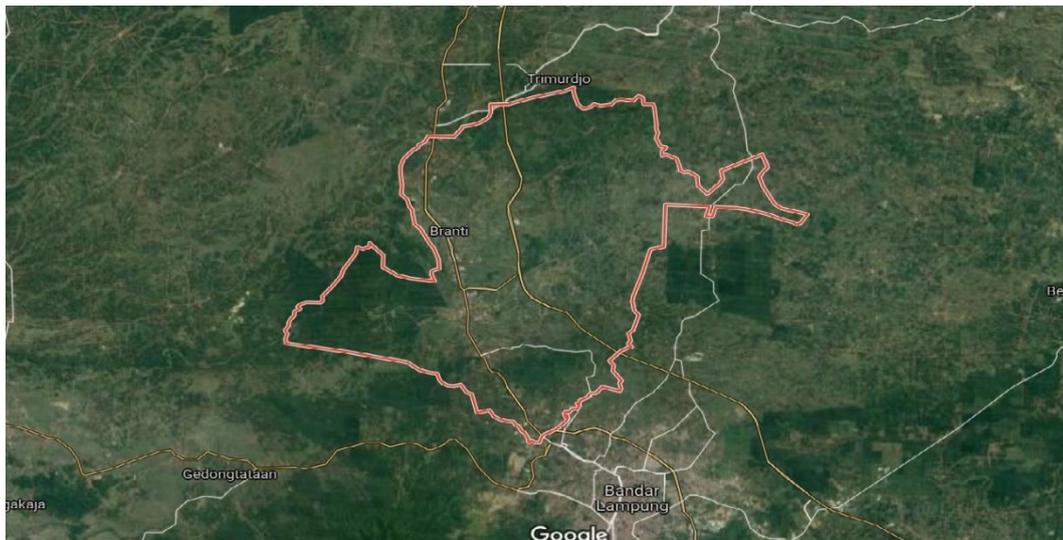


Gambar 6. Alur Kerangka Konseptual

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Waktu penelitian dilaksanakan pada maret 2021-2022, meliputi kegiatan persiapan, pengumpulan data, pengolahan data dan analisis data. Lokasi penelitian secara lebih spesifik berada di Kecamatan Natar, Lampung Selatan. Wilayah ini merupakan kecamatan terluas di kabupaten lampung selatan dengan luas 250.88 Km².



Gambar 7. Lokasi Penelitian
(Sumber : *Google Maps*)

3.2. Alat dan Bahan

Pada penelitian kali ini persiapan alat dan bahan berdasarkan kebutuhan dalam mendukung penelitian, secara detail persiapan dijelaskan seperti berikut :

3.2.1. Alat

1. Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam pengolahan data ini menggunakan satu unit laptop dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tipe Komputer : Acer Aspire E1-432

Sistem Operasi : Microsoft Windows 10

Tipe Sistem : 64-bit Operating System

Tipe Processor : Intel(R)Core(TM)i7

Kapasitas RAM : 2.00 Gb

2. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam mengolah data pada penelitian kali ini sebagai berikut:

1. Platform *Google Earth Engine*

2. Software Arcgis 10.3

3. Microsoft Word 2010

3.2.2. Bahan

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

A. Citra Satelit sentinel-2 Tahun perekaman Januari 2021- Januari 2022 di kecamatan natar yang didownload dari *Google earth engine*

B. Data vektor batas administrasi Kecamatan Natar

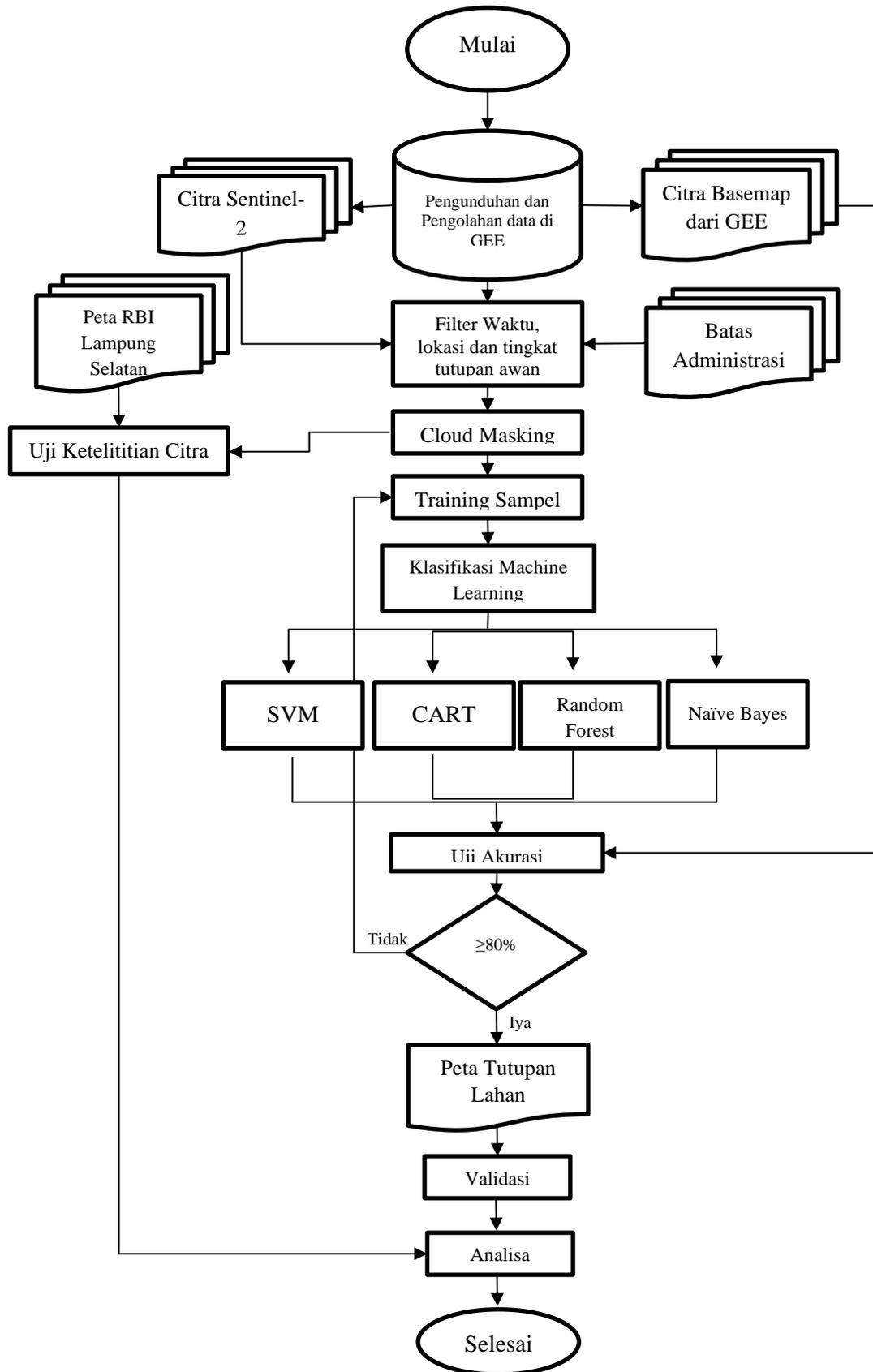
3.3. Metodologi

Pada penelitian kali ini pemrosesan data menggunakan beberapa metode *machine learning* yang ada pada GEE. Hasil akhir penelitian ini nantinya berupa pembahasan mengenai kemampuan fasilitas yang tersedia dengan konsep *cloud computing* pada GEE. Setelah dilakukan pemotongan area, penajaman citra, dan mosaik, selanjutnya dilakukan pengujian ketelitian skala setelah itu dilakukan interpretasi citra. Interpretasi citra merupakan suatu proses yang dilakukan untuk

mengelompokkan suatu obyek pada citra dengan cara mengidentifikasi corak warna kenampakan obyek tersebut pada citra. Interpretasi citra dan kombinasi band akan memberikan karakteristik pada tata guna lahan (Mukhoriyah dkk., 2017).

Pada *Google Earth Engine* dilakukan pengklasifikasian penggunaan lahan dengan menggunakan metode klasifikasi *machine learning* yang disediakan untuk mengkarakterisasi setiap jenis tata guna lahan. Klasifikasi penggunaan lahan digunakan sebagai pedoman atau acuan dalam proses interpretasi citra penginderaan jauh untuk tujuan pemetaan penggunaan lahan. Kemudian pada tahap klasifikasi ini proses digitasi juga dapat memperjelas obyek-obyek di lokasi penelitian seperti pemukiman, perkebunan, sungai, dan batas-batas daerah penelitian.

Metodolologi yang digunakan dalam penelitian yang berjudul kajian pemanfaatan teknologi *google earth engine* untuk bidang penginderaan jauh kali ini adalah dengan menggunakan metode deskriptif dan analisis citra satelit. Semua proses pengolahan dan analisis citra satelit dilakukan menggunakan *google earth engine* dimana tahapan pengolahan dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Diagram Alir Penelitian

3.4. Pelaksanaan

Secara garis besar tahapan pelaksanaan dari kajian pemanfaatan teknologi *google earth engine* untuk bidang penginderaan jauh terdiri dari beberapa tahapan yaitu tahap persiapan, pengumpulan data dan pengolahan data. Adapun tahapan pelaksanaan secara lebih rinci dapat dilihat seperti berikut :

3.4.1. Tahap Persiapan

Tahap dari persiapan terdiri dari identifikasi masalah dan studi literatur sesuai dengan tema yang diperlukan dalam mendukung penelitian ini.

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahap awal untuk menentukan masalah yang akan diangkat dan diselesaikan dalam penelitian, sehingga dapat disusun rumusan masalah dan tujuan pelaksanaan penelitian. Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah apakah kehadiran teknologi *Google Earth Engine* dapat digunakan untuk lebih memudahkan pengolahan data dibidang penginderaan jauh dengan fasilitas berbasis *cloud computing* yang disediakan.

2. Studi literature

Studi literatur adalah tahap yang bertujuan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan. Tahap ini dilakukan dengan mencari dan mengkaji teori-teori dari buku, jurnal, karya ilmiah, dan penelitian-penelitian terdahulu untuk kemudian menjadi pertimbangan dan acuan dalam pelaksanaan penelitian.

3.4.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah prosedur yang sistematis dan standar untuk memperoleh data yang diperlukan (Yuliani, 2018). Pada penelitian kali ini peneliti hanya menggunakan data sekunder sebagai bahan penelitian, data

sekunder merupakan data yang digunakan dalam penelitian dan diperoleh melalui pengamatan tidak langsung ke lapangan. Penggunaan platform *Earth Engine* pada penelitian kali ini sangat memudahkan dalam pengumpulan data karena data citra berbagai jenis dengan waktu perekaman yang diinginkan sudah tersedia secara lengkap. Pada penelitian kali ini citra yang dibutuhkan adalah Sentinel-2, sehingga data pendukung yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data administrasi Kecamatan Natar dan peta RBI Kabupaten Lampung Selatan, setelah data terkumpul nantinya bisa dilanjutkan ke tahap pengolahan data.

3.4.3. Pengolahan Data

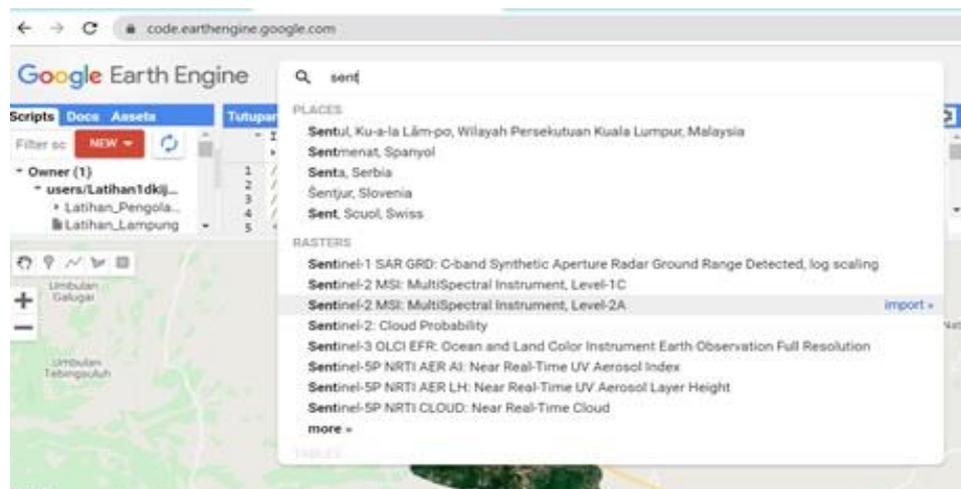
Pada tahap pengolahan data, data yang telah dikumpulkan kemudian dilakukan proses pengolahan. Proses pengolahan untuk menginterpretasi tutupan lahan terdapat beberapa langkah seperti di bawah ini.

1. Tahap Pra-Prosesing

Tahap pra prosesing sendiri adalah tahapan mempersiapkan citra satelit dari awal pengambilan hingga citra menjadi siap untuk dilakukan pengolahan selanjutnya. Secara lebih rinci pembahasan dapat dilihat seperti dibawah ini:

A. Pengunduhan Data

Pada tahap pertama yang dilakukan adalah tahap pengunduhan data, pada tahap ini kita sudah dimudahkan dengan tersedianya banyak jenis citra yang dapat kita manfaatkan seperti Landsat, sentinel, modis, DEM, SRTM dan citra geofisika seperti gravitasi dalam satu platform. Pada penelitian kali ini citra yang digunakan adalah citra sentinel-2 level 2A.



Gambar 9. Fasilitas pencarian data pada GEE

Seperti yang kita lihat pada gambar 9 GEE menyediakan fasilitas mesin pencarian seperti google untuk mencari jenis data yang kita butuhkan dengan berbagai pilihan rentang waktu dari perekaman awal sampai terbaru. Untuk mendapatkan citra pada area kajian biasanya kita harus mengunduh sesuai path dan row yang dibutuhkan selanjutnya baru dilakukan proses pemotongan area. Namun dengan GEE kita bisa memilih beberapa fasilitas untuk mendapatkan area kajian bisa dengan cara manual (membuat AOI) pada geometry import atau apabila telah tersedia vektor batas administrasi, pengunduhan bisa dilakukan sesuai kebutuhan pada assets import.

B. Filter Awan

Setelah dilakukan pengunduhan data, tahap selanjutnya adalah dengan melakukan proses filter awan. Proses filter awan ini dilakukan untuk meminimalisir tutupan awan citra sentinel-2 pada GEE. Pada umumnya sebelum masuk ditahap filter awan kita harus melakukan koreksi radiometrik dan koreksi geometrik terlebih dahulu. Namun pada GEE Citra satelit sentinel-2 level 2A yang digunakan sudah terkoreksi geometrik dan koreksi radiometrik BOA (*Bottom Of Atmosphere*) reflektan sehingga dalam penelitian ini tidak diperlukan koreksi kembali. Citra satelit yang digunakan untuk klasifikasi tutupan lahan sebaiknya memiliki tutupan awan kurang

dari 20%. Beberapa metode untuk meminimalisir tutupan awan pada citra Sentinel-2 dapat dilakukan di GEE. Metode pertama dapat dilakukan menggunakan filter *cloud cover*, penerapan filter ini dapat dilakukan oleh pengguna untuk memilih citra Sentinel-2 pada rentang waktu tertentu dengan tutupan awan yang diinginkan.

Metode selanjutnya untuk meminimalisir tutupan awan adalah dengan menggunakan filter *masking*. Dengan filter tersebut pengguna akan secara otomatis melakukan penggabungan beberapa citra satelit yang didapat pada rentang beberapa periode perekaman citra hingga diperoleh citra dengan lapisan yang lebih jernih, lebih bersih dan lebih tajam yang disebut dengan *masking*. Proses *masking* adalah proses yang dilakukan dengan menggantikan pixel citra yang tertutup awan dengan pixel pada citra lain yang tidak tertutup awan dengan bantuan band BQA yang terdapat pada citra satelit.

Selain menggunakan filter *masking* untuk koreksi tutupan awan, dilakukan juga penggunaan fungsi *filter date* untuk memilih citra yang berada pada rentang waktu tertentu sehingga diperoleh citra terbaik selama kurun waktu yang diinginkan. Rentang waktu yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah 2021-01-01 sampai 2022-01-01. Setelah filter terdeteksi dengan benar maka tahap terakhir adalah memberikan perintah kombinasi band. Kombinasi Band dilakukan dengan menggabungkan beberapa saluran (*band*) agar dapat menonjolkan fenomena permukaan bumi yang lebih interpretative. Pada tahap ini peneliti memilih kombinasi *band* R=4, G=3, B=2 untuk menampilkan warna asli citra sehingga dapat memudahkan dalam melakukan interpretasi.

```

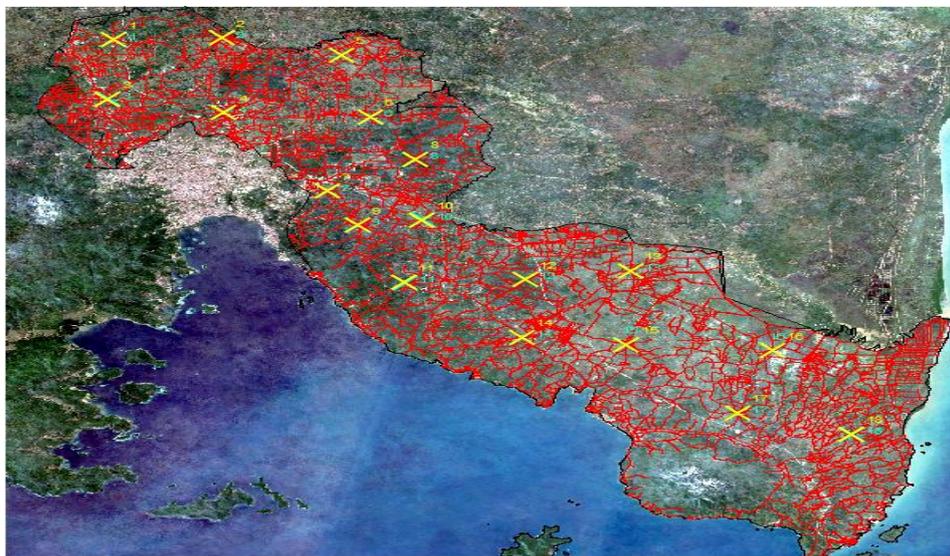
28 //filter awan
29 var collection = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
30   .filterDate('2021-01-01', '2022-01-01')
31   .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 20))
i 32   .map(maskS2clouds)
33
i 34 var composite = collection.median()
35
36 // Display the results.
i 37 Map.addLayer(composite, {bands: ['B4', 'B3', 'B2'], min: 0, max: 0.3}, 'RGB')
38

```

Gambar 10. Script filter awan

C. Uji Ketelitian Skala

Uji ketelitian dilakukan mengacu kepada peraturan kepala badan informasi geospasial nomor 6 tahun 2018 tentang pedoman teknis ketelitian peta. Dari hasil uji tersebut nantinya akan diketahui nilai ketelitian peta dari hasil pengolahan data dengan memanfaatkan *google earth engine* dan spesifikasi tingkat kualitas data peta yang terbagi akan kualitas kelas dalam skala peta tertentu. Pada kajian kali ini peneliti menggunakan 18 titik control (GCP) dan (ICP) yang diletakkan menyebar pada peta dasar dan citra sentinel-2.



Gambar 11. Persebaran Titik Kontrol

Pemilihan lokasi titik cek (ICP) berdasarkan dengan relief kontur yang beragam diarea penelitian. Citra sentinel-2 yang di dapatkan dari hasil perekaman di *google earth engine* menggunakan sistim proyeksi geografis

global EPSG:3857/WGS 84. Selanjutnya untuk titik dasar dalam menentukan nilai akurasi GCP, maka digunakan peta RBI yang telah terkoreksi dan telah terektifikasi sebagai acuan dalam melihat pergeseran titik cek. Penyebaran lokasi dan jumlah titik GCP yang digunakan sama dengan lokasi dan jumlah titik pada ICP. Informasi titik cek digunakan untuk mengetahui penyimpangan yang terjadi baik itu posisi terhadap koordinat atau RMSE, dan selanjutnya untuk mengetahui nilai CE90 dan informasi skala maupun kelas yang sesuai dengan ketelitian yang dihasilkan pada *Google Earth Engine*.

2. Tahap Prosesing

Tahap prosesing sendiri adalah tahapan pengolahan data citra meliputi training sampel sampai klasifikasi. Secara lebih rinci pembahasan dapat dilihat seperti dibawah ini:

A. Training Sampel

Pada tahap prosesing yang pertama adalah tahap training sampel pada area penelitian. Hal ini sangat penting dilakukan untuk mendukung proses selanjutnya yaitu klasifikasi *supervised*. Klasifikasi *supervised* melibatkan interaksi analisis secara intensif, dimana dilakukan identifikasi objek pada citra atau training sampel. Pengambilan setiap sampel perlu dilakukan dengan mempertimbangkan pola spektral pada setiap panjang gelombang tertentu, sehingga diperoleh daerah acuan yang baik untuk mewakili suatu objek tertentu (Danoedoro, 1996).

```

332
333 // Siapkan beberapa data sampel untuk mengetahui karakteristik kelapa sawit dan non kelapa sawit.
334 ///////////////////////////////////////////////////////////////////
335
336 //setelah mentracking, selanjutnya merge atau overlay data tsb
337 var classes = LahanTerbangun.merge(Sawah).merge(TanahTerbuka).merge(Vegetasi).merge(KawasanTambang).merge(SemakBelukar)
338
339 //tetapkan band yang akan di munculkan pada pengolahan
340 var bands = ['B2','B3','B4','B8','B11','QA60','SCL','MSK_CLDPRB']
341
342 //Susun samples untuk model klasifikasi
343 var samples = image.sampleRegions({
344   collection: classes, // Set of geometries selected for training
345   properties: ['landcover'], // Label from each geometry
346   scale: 10 // Make each sample the same size as Sentinel pixel
347 }).randomColumn('random'); // creates a column with random numbers
348
349 // Disini sistem akan menyebar secara acak sample yang kita butuhkan dengan menggunakan
350 //script "random" column untuk selanjutnya diuji akurasi
351 var split = 0.7; // Roughly 70% for training, 30% for testing.
352 var training = samples.filter(ee.Filter.lt('random', split)); //Subset training data
353 var testing = samples.filter(ee.Filter.gte('random', split)); //Subset testing data
354

```

Gambar 12. *Script* pembagian sampel

B. Klasifikasi *Supervised*

Terdapat beberapa fasilitas metode klasifikasi yang disediakan oleh GEE untuk kegiatan pengolahan data penginderaan jauh. Fasilitas tersebut menggunakan metode *machine learning* seperti klasifikasi SVM, CART, *Random Forest* dan lain sebagainya. Untuk mengetahui seperti apa pemanfaatan Fasilitas yang tersedia dalam GEE penulis tidak menggunakan semua metode yang tersedia karna jumlahnya yang terlalu banyak, melainkan penulis hanya memanfaatkan 4 metode *machine learning* untuk mendukung penelitian kali ini. Metode yang penulis gunakan adalah metode klasifikasi SVM (*Super Vector Machine*), CART (*Classification and Regression Tree*), NBC (*Naïve Bayes Classification*) dan RFC (*Random Forest Classification*). Pada dasarnya klasifikasi berbasis *machine learning* akan berfungsi apabila data variabel pendukung yang kita bangun telah benar dan sesuai standar yang ditetapkan sehingga metode tersebut dapat menerjemahkan perintah yang kita berikan.

Tabel 6. Algoritma machine learning klasifikasi supervised

| No. | Nama Klasifikasi | Model Algoritma |
|-----|--|-------------------------|
| 1. | <i>Classification and Regression Tree</i> (CART) | ee.Classifier.smileCart |
| 2. | <i>Super Vector Machine</i> (SVM) | ee.Classifier.libsvm |

| | | |
|----|---|-------------------------------------|
| 3. | <i>Random Forest Classification</i> (RFC) | ee.Classifier.smileRandom Forest |
| 4. | <i>Naïve Bayes Classification</i> (NBC) | ee.Classifier.smileNaiveB ayes |

3. Uji Akurasi

Uji akurasi merupakan suatu cara untuk mengevaluasi ketelitian dan kesalahan dari suatu metode. Uji akurasi ini dilakukan untuk mengetahui ketelitian hasil klasifikasi citra. Proses ini dilakukan dengan menggunakan *confusion matrix* untuk menghitung nilai keakuratan antara hasil interpretasi citra dengan keadaan yang ada dilapangan. Evaluasi jumlah poin yang diperlukan untuk memvalidasi hasil suatu citra di dasarkan pada beberapa kriteria, termasuk jumlah kelas atau (*strata sampling*), dan proporsinya (Congalton dan Green,1999),

Dari perspektif statistik, jumlah sampel yang akan divalidasi harus memadai untuk mengukur variabilitas yang terkait dengan variabel yang diuji dan metode *multinomial distribution* mempertimbangkan variabilitas. Hasil uji akurasi ini nantinya akan menentukan perlu atau tidaknya dilakukan pengklasifikasian ulang jika tidak memenuhi syarat ketelitian data. Ketika nilai uji akurasi kurang dari 80% maka akan dilakukan klasifikasi ulang dengan membuat training sampel baru sedangkan jika nilai akurasi lebih dari atau sama dengan 80% maka akan dilanjutkan ke tahap selanjutnya.

```

91
92 //Membuat Sample Uji Akurasi
93 var Uji_classes = Uji_Akurasi_LahanTerbangun.merge(Uji_Akurasi_Sawah).merge(Uji_Akurasi_TanahTerbuka).merge(Uji_Akurasi_Vegetasi)
94 |.merge(Uji_Akurasi_Tambang).merge(Uji_Akurasi_SemakBelukar);
95 ///////////////////////////////////////////////////
96 var validasi = classification.sampleRegions({
97   Collection: Uji_classes,
98   Properties: ['landcover'],
99   scale: 10,
100 });
101 print(validasi);
102 var akurasi = validasi.errorMatrix('landcover', 'Klasifikasi');
103 print('Confusion matrix', akurasi);
104 print('Overall accuracy', akurasi.accuracy());
105 ///////////////////////////////////////////////////

```

Gambar 13. Script uji akurasi

4. Validasi Lapangan

Pada tahap kali ini merupakan tahap final sebagai bahan pembuktian apakah penelitian yang telah dilaksanakan telah sesuai dengan kondisi dilapangan. Kegiatan validasi lapangan kali ini adalah dengan melakukan *tracking* dan pengambilan beberapa sampel lokasi sesuai dengan kelas-kelas tutupan lahan yang telah ditentukan. Teknik validasi ini sendiri dengan menyebarkan titik koordinat pada citra yang telah terklasifikasi dengan masing-masing 5 sampel di lokasi yang berbeda kemudian dilakukan *tracking* di lokasi tersebut dan di dokumentasikan seperti apa kondisi kenampakan alam tersebut. Validasi lapangan dibutuhkan untuk menguji akurasi data dari hasil pengolahan memanfaatkan metode *machine learning* pada GEE.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil dan analisis yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan seperti berikut :

1. GEE mampu melakukan proses pengolahan data citra penginderaan jauh dengan cukup baik. Terbukti dengan proses yang semakin sederhana memanfaatkan algoritma pemrograman yang mampu menggabungkan beberapa proses pengolahan seperti pengunduhan, pembersihan awan, kombinasi band dan pemotongan area dalam satu *script*. Selain itu untuk kegiatan klasifikasi dapat memproses menggunakan 4 metode *machine learning* hanya dengan memodifikasi formula sesuai kebutuhan tanpa merubah variable konstruksi. Selanjutnya untuk ketelitian citra yang dihasilkan dengan area satu kabupaten berada pada skala 1:100.000 dengan ketelitian horizontal/CE90 berada pada kelas 2, sedangkan ketelitian horizontal/CE90 pada kelas 1 berada pada skala 1:250.000.
2. Fasilitas pengolahan data yang disediakan GEE mampu menyelesaikan analisis penginderaan jauh dengan maksimal meskipun masih ada fasilitas yang belum tersedia seperti fasilitas *layout* peta. Sedangkan Fasilitas untuk melakukan klasifikasi dengan metode berbasis *machine learning* secara umum mampu menginterpretasi tutupan lahan dengan baik meskipun ada satu metode yang hasilnya kurang maksimal. Akurasi tertinggi pada penelitian kali ini adalah metode *Random Forest* dengan akurasi klasifikasi 93%.

5.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, terdapat saran yang dapat diberikan untuk kemajuan penelitian selanjutnya, yaitu :

1. Pemanfaatan teknologi GEE pada dasarnya jauh lebih sederhana dengan hanya disediakan sebuah lembar kerja untuk menuliskan perintah *coding*, sehingga pelajari lebih dalam mengenai bahasa pemrograman *JavaScript* dan *Python*.
2. GEE sangat baik dalam melakukan kegiatan *monitoring* pada skala kecil, namun kurang direkomendasikan untuk kegiatan pemetaan yang membutuhkan akurasi tinggi pada skala besar.
3. Adapun terdapat satu metode klasifikasi *machine learning* yang kurang maksimal pada penelitian ini, sehingga untuk mengetahui kebenarannya dapat dilakukan kajian lebih mendalam pada penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Amuzigi, 2018. *Komponen Penginderaan Jauh: Pengertian dan Cara Kerjanya*. <https://www.amuzigi.com/2018/04/komponen-penginderaan-jauh-pengertian.html>. Diakses pada 18 Maret 2022
- Anggeriana, H., Kom, S., dan Kom, M. 2011. *Cloud Computing*. Jurnal Teknik Informatika, 1.
- Anggi, 2020. *Google earth engine solusi olah data citra satelit praktis dan gratis*. <https://anggigeo.wordpress.com/2020/07/15/google-earth-engine-solusi-olah-data-citra-satelit-praktis-dan-gratis/>. Diakses pada tanggal 8-6-2021.
- Arison dang, V. 2015. *Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Metode Segmentasi Berbasis Algoritma Multiresolusi (Studi Kasus Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat)*. Jurnal Teknik Geodesi Universitas Diponegoro: Semarang.
- Armijon, A. 2020. *Identification of Degraded Land for Determination of Conservation Areas Based on GIS in Region-1 Lampung Selatan District*. Jurnal Geofisika Eksplorasi, 6(3), 228-242.
- Basuki, A. 2007. *Pengantar Pengolahan Citra*. PENS-ITS Surabaya.
- Breiman, L. 1993. *Hinging hyperplanes for regression, classification, and function approximation*. IEEE Transactions on Information Theory, 39(3), 999-1013.
- Congalton, R. G., and Green, K. 2019. *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*. CRC press.
- Danoedoro, P. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta : ANDI Offset.
- Darmawan, S. 2019. *Implementasi Linear Discriminant Analysis dan Support Vector Machine pada Sistem Klasifikasi Anjing dan Kucing* (Doctoral dissertation, Universitas Multimedia Nusantara).
- Edisuryana, M., Isnanto, R. R., dan Somantri, M. 2013. *Aplikasi Steganografi Pada Citra Berformat Bitmap Dengan Menggunakan Metode End Of File*. Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 2(3), 734-742.

- Efendi, I. 2018. *Pengertian Cloud Computing (Komputasi Awan)*. <https://www.it-jurnal.com/pengertian-cloud-computing-komputasi-awan/>. Diakses pada 21 Oktober 2021
- European Space Agency. 2017. *Sentinel-2* [online]. <https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/sentinel-2.html>. Diakses pada tanggal 8 Juni 2021.
- Fariz, T. R., Daeni, F., dan Sultan, H. 2021. *Pemetaan Perubahan Penutup Lahan Di Sub-DAS Kreo Menggunakan Machine Learning Pada Google Earth Engine*. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 8(2), 85-92.
- Fariz, T. R., Permana, P. I., Daeni, F., dan Putra, A. C. P. 2021. *Pemetaan ekosistem mangrove di Kabupaten Kubu Raya menggunakan machine learning pada Google Earth Engine*. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, 18(2).
- Faizah, N. L. 2017. *Boosting Neural network dan Boosting CART pada Klasifikasi Jenis Kelamin dengan Metode Pengukuran Linier pada Foramen Mental menggunakan Panoramic Radiograph* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Hendrawan, H., Gaol, J. L., dan Susilo, S. B. 2018. *Studi kerapatan dan perubahan tutupan mangrove menggunakan citra satelit di Pulau Sebatik Kalimantan Utara*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(1), 99-109.
- Humaidah, N., Sudarsono, B., dan Prasetyo, Y. 2015. *Analisis Perbandingan Kepadatan Pemukiman Menggunakan Klasifikasi Supervised Dan Segmentasi (Studi Kasus: Kota Bandung)*. *Jurnal Geodesi Undip*, 4(4), 73-80.
- Johansen, K., Phinn, S., and Taylor, M. 2015. *Mapping woody vegetation clearing in Queensland, Australia from Landsat imagery using the Google Earth Engine*. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 1, 36-49.
- Julianto, F. D., Putri, D. P. D., dan Safi'i, H. H. 2020. *Analisis Perubahan Vegetasi dengan Data Sentinel-2 menggunakan Google Earth Engine*. *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia*, 2(2), 13-18
- Karina, R. K., dan Kurniawan, R. 2020. *Identifikasi Penggunaan Lahan Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 Melalui Google Earth Engine*. *In Seminar Nasional Official Statistics* (Vol. 2020, No. 1, pp. 798-805).
- Kushardono, D., dan Nasional, L. P. D. A. 2019. *Klasifikasi Digital Data Penginderaan Jauh Mendukung Percepatan Penyediaan Informasi Geospasial*.

- Kustiyahningsih, Y., dan Anamisa, D. R. 2011. *Pemrograman Basis Data Berbasis Web Menggunakan PHP dan MySQL*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 20.
- Liparas, D., HaCohen-Kerner, Y., Moumtzidou, A., Vrochidis, S., and Kompatsiaris, I. 2014. *News articles classification using random forests and weighted multimodal features*. In *Information Retrieval Facility Conference* (pp. 63-75). Springer, Cham.
- Mukhoriyah, M., Sari, N. M., Sharika, M., dan Hanifati, L. N. 2019. *Identifikasi ketersediaan ruang Terbuka hijau kecamatan kramat Jati kodya Jakarta Timur menggunakan Citra Pleiades*. *Jurnal Planologi*, 16(2), 158-168.
- Mustofa, D. 2018. *Perbandingan Metode Klasifikasi Berbasis Machine Learning Pada Google Earth Engine Untuk Pemetaan Perubahan Penutup Lahan (Studi Kasus: Daerah Aliran Sungai Opak-Oyo)* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Mutanga, O., and Kumar, L. 2019. "Google Earth Engine Applications," *Remote Sensing*, vol. 11, no. 5, p. 591.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., and Moore, R. 2017. "Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone", *Remote Sensing of Environment*, vol. 202, pp. 18-27,
- Nagendra, I. W. M. D., Karang, I. W. G. A dan Puspitha, N. L. P. R. 2019. *Perbandingan Kemampuan Satelit SAR, Optik dan Kombinasi SAR dan Optik Untuk Mendeteksi Area Mangrove di Teluk Benoa*. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 5(2), 260-272.
- Octaviani, P. A., Wilandari, Y., dan Ispriyanti, D. 2014. *Penerapan Metode Klasifikasi Support Vector Machine (SVM) Pada Data Akreditasi Sekolah Dasar (SD) Di Kabupaten Magelang*. *Jurnal Gaussian*, 3(4), 811-820.
- Oktaviani, N., dan Kusuma, H. A. 2017. *Pengenalan Citra Satelit Sentinel-2 Untuk Pemetaan Kelautan*. *Oseana*, 42(3), 40-55.
- Prahasta, E. 2008. *Model permukaan digital*. Informatika, Bandung.
- Purwadhi, S. H. 2001. *Interpretasi citra digital*. Jakarta: Grasindo.
- Rahiem, M. M. A., Fakhlevi, M. R., dan Hekmatyar, M. I. *Analisis Fenomena Pulau Panas Perkotaan Kota Bandung Menggunakan Google Earth Engine, Urban Heat Island Phenomenon Analysis of Bandung Metropolitan using Google Earth Engine*.
- Rijal, S. S. 2020. *Mengolah Citra Penginderaan Jauh Dengan Google Earth Engine*. Deepublish.

- Risza, S. 2010. *Masa Depan Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia*. Yogyakarta: Kanisi
- Romadloni, N. T., Santoso, I., dan Budilaksono, S. 2019. *Perbandingan Metode Naïve Bayes, KNN dan Decision Tree Terhadap Analisis Sentimen Transportasi KRL Commuter Line*. *IKRA-ITH INFORMATIKA: Jurnal Komputer dan Informatika*, 3(2), 1-9.
- Rudi, 2020. *Pusat Riset dan Inovasi SIG ITERA Kaji Pengolahan Citra Digital Berbasis Cloud Computing*. <https://www.itera.ac.id/pusat-ri-set-dan-inovasi-sig-itera-kaji-pengolahan-citra-digital-berbasis-cloud-computing/>. Diakses pada 11 Desember 2021
- Sarzynski, T., Giam, X., Carrasco, L., and Lee, J. S. H. 2020. *Combining radar and optical imagery to map oil palm plantations in Sumatra, Indonesia, using the google earth engine*. *Remote Sensing*, 12(7), 1220.
- Short, N. M. 1982. *The Landsat tutorial workbook: Basics of satellite remote sensing* (Vol. 1078). National Aeronautics and Space Administration, Scientific and Technical Information Branch.
- Sigit, A. A. 2011. *Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Pendugaan Potensi Peresapan Air DAS Wedi Kabupaten Klaten-Boyolali*. In *Forum Geografi* (Vol. 25, No. 1, pp. 27-40).
- Somantri, A. S. 2010. *Menentukan klasifikasi mutu fisik beras dengan menggunakan teknologi pengolahan citra digital dan jaringan syaraf tiruan*. *Jurnal Standardisasi*, 12(3), 162-173.
- Suryadi A., 2019. *Machine Learning: Support Vector Machine*. <https://medium.com/@azizahasuryadi/machine-learning-support-vector-machine-943ec3559fff>. Diakses pada 18 Maret 2022
- Sutojo, T., Mulyanto, E., Suhartono, V., dan Nurhayati, O. D. 2009. *Teori pengolahan citra digital*.
- Vennithasari, R., and Papilaya, F. S. 2020. *Analysis of Green Land Changes to Building Land Using Geographic Information System (GIS) in Salatiga City from 2013 to 2019*. *J. Appl. Geospatial Inf*, 4.
- Verrelst, J., Muñoz, J., Alonso, L., Delegido, J., Rivera, J. P., Camps-Valls, G., and Moreno, J. 2012. *Machine learning regression algorithms for biophysical parameter retrieval: Opportunities for Sentinel-2 and-3*. *Remote Sensing of Environment*, 118, 127-139.
- Yuliani, W. 2018. *Metode penelitian deskriptif kualitatif dalam perspektif bimbingan dan konseling*. *Quanta*, 2(2), 83-91.