

SKRIPSI

PENGGUNAAN PLATFORM GOOGLE EARTH ENGINE DALAM MENGANALISIS TINGKAT KERAPATAN VEGETASI DI WILAYAH KESATUAN PENGELOLAAN HUTAN JENEBERANG (BERBASIS NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATIONINDEX), PADA TAHUN 2000, 2010 DAN 2022

Disusun dan Diajukan Oleh :

FAUZI DHARMA FA'IQ

M011 18 1 342



PROGRAM STUDI KEHUTANAN

FAKULTAS KEHUTANAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

HALAMAN PENGESAHAN

PENGGUNAAN PLATFORM GOOGLE EARTH ENGINE DALAM MENGANALISIS TINGKAT KERAPATAN VEGETASI DI WILAYAH KESATUAN PENGELOLAAN HUTAN JENEBERANG (BERBASIS NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATIONINDEX), PADA TAHUN 2000, 2010 DAN 2022

Disusun dan diajukan oleh

FAUZI DHARMA FA'IQ
M011181342

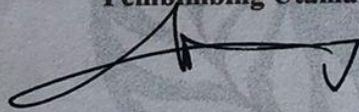
Telah dipertahankan di hadapan Panitia ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi program sarjana Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin

Pada Tanggal 23 Agustus 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

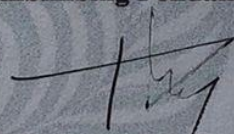
Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. Daud Malamassam, M. Agr., IPU

NIP. 19540209197802 1 001

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Roland A. Barkey

NIP. 19540614108103 1 007

Ketua Program Studi



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fauzi Dharma Fa'iq
Nim : M011 18 1342
Program Studi : Kehutanan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Penggunaan Platform Google Earth Engine Dalam Menganalisis Tingkat
Kerapatan Vegetasi di Wilayah Kesatuan Pengelolaan Hutan Jeneberang
(Berbasis NDVI) Pada Tahun 2000, 2010, 2022

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan aliran tulisan orang lain, bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa Sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 23 Agustus 2023

Yang menyatakan



Fauzi Dharma Fa'iq

ABSTRAK

Fauzi Dharma Fa'iq (M011181342). Penggunaan Platform Google Earth Engine Dalam Menganalisis Tingkat Kerapatan Vegetasi Di Wilayah Kesatuan Pengelolaan Hutan Jeneberang (Berbasis Normalized Difference Vegetationindex), Pada Tahun 2000, 2010 Dan 2022, dibawah Bimbingan Prof. Dr. Ir. Daud Malamassam, M. Agr., IPU dan Bapak Dr. Ir. Roland A. Barkey.

Informasi tentang kerapatan vegetasi penting dalam perencanaan penggunaan lahan dan pengendalian degradasi lahan. Informasi tentang kerapatan vegetasi termaksud dapat didasarkan atas indeks vegetasi yang diperoleh melalui citra, bersama-sama dengan informasi lainnya seperti aspek biomassa dan konsentrasi klorofil. Tujuan penelitian ini adalah sebagai analisis tingkat perkembangan vegetasi menggunakan metode terbaru *Google Earth Engine* yang berbasis *cloud computing*. Dalam melakukan analisis kerapatan vegetasi yang berbasis NDVI. Penelitian dilaksanakan dalam wilayah KPH Jeneberang 1 dengan pertimbangan bahwa wilayah tersebut yang cukup luas, dan dapat merepresetasikan kerapatan vegetasi yang cukup variatif. Analisis perubahan kerapatan vegetasi menggunakan pendekatan pemanfaatan teknologi penginderaan jauh pada *platform Google Earth Engine* menggunakan citra Landsat 8. Analisis kerapatan vegetasi dilakukan dengan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) platform *Google Earth Engine* dan dilakukan uji akurasi dengan membandingkan nilai indeks vegetasi dan nilai kerapatan tajuk di lapangan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan analisis kerapatan vegetasi menggunakan platform *Google Earth Engine* memiliki tingkat akurasi yang tinggi serta dapat dilakukan dengan waktu yang lebih singkat. Adapun perubahan tingkat kerapatan vegetasi yang terjadi pada tahun 2000, 2010, dan 2022 secara umum mengalami perubahan di tiap kelas, akan tetapi perubahan yang signifikan terjadi pada kelas rapat dan sangat rapat.

Kata Kunci: Kerapatan Vegetasi, Indeks Vegetasi, Citra landsat, NDVI, Google Earth Engine.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala limpahan nikmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan kegiatan penelitian dan penyusunan skripsi dengan judul “ **Penggunaan Platform Google Earth Engine Dalam Menganalisis Tingkat Kerapatan Vegetasi Di Wilayah Kesatuan Pengelolaan Hutan Jeneberang (Berbasis Normalized Difference Vegetationindex), Pada Tahun 2000, 2010 Dan 2022**”.

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis mendapat berbagai macam kendala dan masih banyak kekurangan. Tanpa bantuan dan petunjuk dari berbagai pihak, penyusunan skripsi ini tidak dapat berjalan lancar dan selesai dengan baik. Untuk itu, dengan penuh kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak **Prof. Dr. Ir. Daud Malamassam, M. Agr., IPU** dan Bapak **Dr. Ir. Roland A. Barkey** selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membantu dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Terkhusus, penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak **Rahmat R Djalle** dan **Ni Made Darmawati S** atas doa, kasih sayang, perhatian, pengorbanan dan motivasi yang telah diberikan dalam mendidik dan membesarkan penulis.

Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada:

Komisi penguji Bapak **Dr. Ir. Syamsu Rijal, S.Hut., M.Si., IPU** dan Ibu **Dr. Ir. Astuti, S.Hut., M.Si., IPU** selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam perbaikan skripsi ini. Ketua Program Studi Kehutanan Ibu **Dr. Ir. Sitti Nuraeni, M.P** serta Bapak/Ibu Dosen dan seluruh staf administrasi Fakultas Kehutanan atas bantuannya.

Akhir kata, semoga hasil penelitian ini dapat memberi manfaat dan pengetahuan, khususnya bagi penulis dan umumnya bagi kita rekan-rekan yang membacanya.

Makassar, 23 Agustus 2023

Fauzi Dharma Fa'iq

DAFTAR ISI

	Halaman
SKRIPSI	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN.....	i
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan	2
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1. Teknologi Penginderaan Jauh dan Google Earth Engine	3
2.1.1 Teknologi Penginderaan jauh.....	3
2.1.2 Citra Landsat	5
2.1.3 Koreksi Radiometrik	7
2.1.4 Google Earth Engine dan Cloud Computing	9
2.1.5 Java Script.....	12
2.1.6 Uji Akurasi	13
2.2. Kerapatan Vegetasi dan Indeks Vegetasi.....	15
2.2.1 Kerapatan Vegetasi.....	15
2.2.2 Indeks Vegetasi	16
2.2.3 Metode Penilaian Indeks Vegetasi.....	19
III. METODE PENELITIAN	23
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2. Alat dan Bahan	23
3.2.1 Alat Yang Digunakan Dalam Penelitian Ini	23
3.2.2 Bahan Yang Digunakan Dalam Penelitian Ini	24
3.3. Prosedur Penelitian	24
3.4 Pengolahan Data.....	25

3.4.1	Pemilihan Data Citra di <i>Google Earth Engine</i>	25
3.4.2	Filter Awan di <i>Google Earth Engine</i>	25
3.4.3.	Transformasi <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> di <i>Google Earth Engine</i>	27
3.4.4	Melakukan <i>Export</i> Data Raster NDVI dari <i>Google Earth Engine</i>	28
3.4.5	Klasifikasi <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> di aplikasi ArcGis	28
3.5	Uji Akurasi	29
3.5.1	Pengambilan Data Lapangan	29
3.5.2	Uji Akurasi Data	29
3.5.3	Analisis Perubahan Kerapatan Vegetasi	33
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1	Analisis Tingkat Kerapatan Vegetasi Menggunakan Platform <i>Google Earth Engine</i>	35
4.2.	Uji Akurasi Analisis Kerapatan Vegetasi	37
4.3	Tingkat Kerapatan Vegetasi Pada Wilayah KPH Jeneberang 1 Tahun 2000, 2010, dan 2022	39
4.3.1	Perubahan Tingkat Kerapatan Vegetasi 2000,2010, dan 2022	40
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1.	Kesimpulan	45
5.2.	Saran	45
	DAFTAR PUSTAKA	46
	LAMPIRAN	48

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Perbandingan Band Citra pada Landsat 7 dan 8	6
Tabel 2.	Tabel Confusion Matrix	14
Tabel 3.	Tingkat Kesesuaian (Agreement) dalam Koefisien Kappa.....	15
Tabel 4.	Klasifikasi nilai NDVI	19
Tabel 5.	Sistem penilaian kanopi tegakan.....	21
Tabel 6.	Tabel Confusion Matrix	30
Tabel 7.	Tingkat Kesesuaian (Agreement) dalam Koefisien Kappa.....	31
Tabel 8.	Tabel Confusion Matrix	31
Tabel 9.	Nilai kerapatan tajuk dan nilai NDVI	37
Tabel 10.	Uji akurasi kerapatan vegetasi	38
Tabel 11.	Perubahan luasan kerapatan vegetasi pada wilayah KPH Jeneberang 1.....	40
Tabel 12.	Nilai NDVI Wilayah Penelitian	40
Tabel 13.	Perubahan luasan tingkat kerapatan penutupan vegetasi tahun 2000-2010 di KPH Jeneberang 1.....	43
Tabel 14.	Perubahan luasan tingkat kerapatan vegetasi tahun 2010-2022 KPH Jeneberang 1	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Ilustrasi Metode Hemispherical Photography untuk Mengukur Tutupan Kanopi Tegakan	20
Gambar 2.	Peta lokasi penelitian.....	23
Gambar 3.	Script pemilihan citra	25
Gambar 4.	Filter awan.....	26
Gambar 5.	Script Perhitungan Nilai NDVI.....	27
Gambar 6.	Export Raster NDVI.....	28
Gambar 7.	peta lokasi	32
Gambar 8.	Alur penelitian.....	34
Gambar 9.	Script yang digunakan dalam melakukan analisis NDVI pada Google Earth Engine	35
Gambar 10.	Hasil Analisis Kerapatan Vegetasi Pada Platform Google Earth Engine	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Peta NDVI Tahun 2000	49
Lampiran 2.	Peta NDVI Tahun 2010	50
Lampiran 3.	Peta NDVI Tahun 2022	51
Lampiran 4.	Pengolahan data lapangan kerapatan tajuk.....	52
Lampiran 5.	Hasil pengolahan data kerapatan tajuk	58

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Google Earth Engine (GEE) adalah platform berbasis komputasi awan (*cloud computing*) yang memudahkan untuk mengakses dan memproses kumpulan data geospasial yang besar untuk analisis dan pengambilan keputusan. Platform ini memungkinkan pengguna untuk membuat dan menjalankan algoritma khusus dan komputasi yang cepat sehingga memungkinkan melakukan analisis skala global dengan mudah (Pratama, 2020).

Setelah algoritma dikembangkan di GEE, pengguna dapat menghasilkan produk data yang sistematis dengan menggunakan aplikasi yang interaktif. Pengguna dapat melakukan analisis data geospasial yang kompleks seperti analisis *overlay*, perhitungan matriks, perhitungan peta, pemrosesan citra, analisis *time-series*, konversi raster & vektor, statistik, dan sebagainya. Sistem GEE, tanpa perlu melakukan pengembangan aplikasi, pemrograman web, atau HTML. Pengguna memungkinkan untuk melakukan pemetaan dan monitoring vegetasi dari tahun ketahun dengan akurat dan cepat. Google telah mengarsipkan banyak dataset dan menautkannya ke mesin *cloud computing* untuk penggunaan *open source* salah satunya yaitu citra Landsat 8.

Platform GEE merupakan salah satu Teknologi Penginderaan Jauh yang juga diharapkan dapat membantu dalam upaya identifikasi kerapatan vegetasi hutan, analisis perubahan tingkat kerapatan hutan, secara cepat dan efektif, dengan tingkat akurasi yang cukup terjamin, dan untuk selanjutnya dapat mendasari perumusan upaya-upaya pengelolaan hutan yang dapat dilakukan dalam rangka mempertahankan ataupun memperbaiki kondisi hutan yang bersangkutan.

Kerapatan vegetasi umumnya dinyatakan dalam bentuk persentase yang lazim disebut sebagai tingkat kerapatan vegetasi. Indeks vegetasi merupakan suatu algoritma yang ditetapkan terhadap citra untuk menampilkan aspek vegetasi yang terkait sehingga menghasilkan citra baru yang lebih representatif (Hardianto, 2021). Perubahan kerapatan vegetasi dapat dipantau dengan menggunakan Citra Landsat

8 (Iskandar, 2019). Penggunaan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) yang menggambarkan tingkat kehijauan dari suatu tanaman, mendasar klasifikasi vegetasi suatu wilayah dengan perhitungan data yang diperoleh dari perhitungan *near infrared* dengan *red* yang dipantulkan oleh tumbuhan sehingga kerapatan vegetasi akan sangat rapat pada suatu wilayah yang dikaji terdeteksi sebagai lahan yang tidak memiliki vegetasi atau tidak bervegetasi. Kerapatan vegetasi sangat penting diketahui untuk mengetahui penggunaan lahan dan degradasi lahan (Hardianto, 2021).

Dalam melakukan analisis di KPH Jeneberang yang memiliki wilayah yang cukup luas, perlu suatu metode yang cukup efisien dalam menghasilkan data. Untuk itu penginderaan jauh menggunakan platform google earth engine dipilih sebagai metode yang tepat untuk melakukan analisis karena memiliki beberapa manfaat ketika melakukan analisis yaitu ketelitian pengamatan yang tinggi, cepat dalam melakukan analisis, dan biaya yang relatif murah dikarenakan bisa dilakukan di perangkat mana saja, sehingga memungkinkan untuk menganalisis suatu wilayah yang cukup luas dengan tingkat yang tinggi dan efisiensi dalam penyediaan data.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Memahami prosedur penggunaan Platform *Google Earth Engine* berbasis *cloud computing*
2. Mengetahui tingkat akurasi penggunaan Platform *Google Earth Engine* dalam menganalisis kerapatan vegetasi yang berbasis NDVI
3. Mengetahui perubahan kerapatan vegetasi yang terjadi di KPH Jeneberang 1 pada periode tahun 2000-2010, 2010-2022 dan 2000-2022

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai informasi bagi pihak pengelola KPH dan pihak berkepentingan lainnya, dalam upaya penyusunan rencana dan pelaksanaan pengelolaan KPH Jeneberang 1 pada masa mendatang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Teknologi Penginderaan Jauh dan Google Earth Engine

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. Salah satu teknologi baru yang tersedia untuk bidang penginderaan jauh adalah Google Earth Engine (GEE).

2.1.1 Teknologi Penginderaan jauh

Penginderaan jauh berasal dari dua kata dasar yaitu indera berarti melihat dan jauh berarti dari jarak jauh. Berdasarkan asal katanya, penginderaan jauh berarti melihat objek dari jarak jauh. Objek daerah, atau gejala yang dikaji di dalam permukaan bumi (Mtd, 2019).

Sistem penginderaan jauh memiliki empat komponen dasar dalam mengukur dan merekam data mengenai sebuah wilayah dari jauh. Komponen ini merupakan sumber energi, target, sensor, dan wilayah transmisi. Sumber energi disini terpenting adalah energi elektromagnetik, dimana merupakan media penting yang diperlukan untuk mentransmisikan informasi dari objek ke sensor. Penginderaan jauh memberikan *output* berupa tutupan lahan yang penting yaitu luasan, pemetaan dan klasifikasi seperti vegetasi, tanah air dan hutan (Purwadhi & Sanjoto, 2017).

Penginderaan jauh dapat didefinisikan sebagai teknologi untuk mengidentifikasi suatu obyek di permukaan bumi tanpa melalui kontak langsung dengan obyek tersebut. Saat ini teknologi penginderaan jauh berbasis satelit menjadi sangat populer dan digunakan untuk berbagai keperluan. Hal ini disebabkan teknologi ini memiliki beberapa kelebihan, seperti harganya yang relatif murah dan mudah diperoleh, adanya resolusi temporal (perulangan) sehingga dapat digunakan untuk keperluan monitoring, cakupannya yang luas dan mampu

menjangkau daerah yang terpencil, memiliki bentuk data digital sehingga dapat digunakan untuk berbagai keperluan dan ditampilkan sesuai keinginan (Suwargana, 2019).

Keunggulan penginderaan jauh merupakan metode alternatif yang sangat menguntungkan jika digunakan pada wilayah yang sangat luas kemudian dapat menggambarkan daerah dan gejala dipermukaan bumi dengan wujud dan letak objek yang mirip dengan wujud aslinya, karakteristik suatu objek yang tidak tampak dapat diwujudkan dalam bentuk citra sehingga objeknya dapat dikenali, dan jumlah data yang dapat diambil dalam waktu sekali pengambilan dapat diperoleh data dalam jumlah yang besar yang menjadi keunggulan dari metode lainnya, citra dapat dibuat secara tepat, meskipun untuk daerah yang sulit dilakukan observasi secara langsung dan satu-satunya cara untuk memetakan daerah bencana.

Adapun beberapa keuntungan penggunaan teknologi penginderaan jauh (Syah, 2020) adalah sebagai berikut:

- a. Citra menggambarkan obyek, daerah dan gejala di permukaan bumi dengan wujud dan letak obyek yang mirip dengan wujud dan letaknya di permukaan bumi, relatif lengkap, permanen dan meliputi daerah yang sangat luas.
- b. Karakteristik obyek yang tidak tampak dapat diwujudkan dalam bentuk citra, sehingga dimungkinkan pengenalan obyeknya.
- c. Jumlah data yang dapat diambil dalam waktu sekali pengambilan data sangat banyak yang tidak akan tertandingi oleh metode lain.
- d. Pengambilan data di wilayah yang sama dapat dilakukan berulang-ulang sehingga analisis data dapat dilakukan tidak saja berdasarkan variasi spasial tetapi juga berdasarkan variasi temporal.
- e. Citra dapat dibuat secara tepat, meskipun untuk daerah yang sulit dijelajahi secara teresterial.
- f. Merupakan satu-satunya cara untuk memetakan daerah bencana.
- g. Periode pembuatan citra relatif pendek.

Adapun kelemahan teknologi penginderaan jauh yaitu (Syah, 2020):

- a. Tidak semua parameter kelautan dan wilayah pesisir dapat dideteksi dengan teknologi penginderaan jauh. Hal ini disebabkan karena gelombang elektromagnetik mempunyai keterbatasan dalam membedakan benda yang satu dengan benda yang lain, tidak dapat menembus benda padat yang tidak transparan, daya tembus terhadap air yang terbatas.
- b. Akurasi data lebih rendah dibandingkan dengan metode pendataan lapangan (*survey in situ*) yang disebabkan karena keterbatasan sifat gelombang elektromagnetik dan jarak yang jauh antara sensor dengan benda yang diamati. Sistem penginderaan jauh dapat dilihat pada Gambar 1.

2.1.2 Citra Landsat

Landsat (Land satellite) adalah satelit sumber daya bumi Amerika Serikat yang telah digunakan dalam bidang kehutanan sejak tahun 1972. Peluncuran satelit *Landsat* pertama dengan nama ERTS-1 (*Earth Resources Technology Satellite – 1*) pada tanggal 23 Juli 1972 merupakan proyek eksperimental yang sukses dan dilanjutkan dengan peluncuran selanjutnya, seri kedua, tetapi berganti nama menjadi *Landsat*. ERTS-1 pun berganti nama menjadi *Landsat-1* (Danoedoro, 2012 dalam Ardiansyah, 2017). Citra *Landsat* merupakan salah satu citra yang sangat populer dan banyak digunakan di seluruh dunia semenjak era berkembangnya citra multisensor yang banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang terapan. Salah satu jenis citra penginderaan jauh ialah citra *Landsat*. Citra *Landsat* ialah citra yang dikembangkan oleh dua instansi pemerintah asal Amerika Serikat (Ardiansyah, 2017).

Landsat 8 yang memiliki sensor *Onboard Operational Land Imager (OLI)* dan *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* dengan jumlah kanal sebanyak 11 dengan kanal 1 sampai 9 berada pada OLI dan kanal 10, 11 pada kanal TIRS. Data citra *Landsat 8* memiliki resolusi spasial 30 m untuk kanal 1 sampai 9, sedangkan kanal *panchromatic* memiliki resolusi spasial 15 m. Selain beresolusi spasial 30 m dan 15 m, pada kanal 10 dan 11 yang merupakan kanal TIR-1 dan TIR-2 memiliki resolusi spasial 100 m. Kelebihan data *Landsat 8* adalah adanya kanal *Near Infra*

Red (NIR- Kanal 5) sehingga dengan menggunakan kombinasi *Red, Green, Blue* (RGB) yang tepat akan menunjukkan lokasi tanaman (Irawan & Malau, 2016).

Tabel 1. Perbandingan Band Citra pada Landsat 7 dan 8

Landsat 7			Landsat 8		
Band Name	Bandwith (μm)	Resolution (m)	Band Name	Bandwith (μm)	Resolution (m)
Band 1 Blue	0.45-0.52	30	Band 1 Coastal	0.43-0.45	30
			Band 2 Blue	0.45-0.51	30
Band 2 Green	0.52-0.60	30	Band 3 Green	0.53-0.59	30
Band 3 Red	0.63-0.69	30	Band 4 Red	0.64-0.67	30
Band 4 NIR	0.77-0.99	30	Band 5 NIR	0.85-0.88	30
Band 5 SWIR 1	1.55-1.75	30	Band 6 SWIR 1	1.57-1.65	30
Band 7 SWIR 2	2.09-2.35	30	Band 7 SWIR 2	2.11-2.29	30
Band 8 Pan	0.52-0.90	15	Band 8 Pan	0.50-0.68	15
Band 6 TIR	10.40- 12.50	30/60	Band 9 Cirrus	1.36-1.38	30
			Band 10 TIRS	10.6-11.19	100

Sumber: (Kurniadi dkk., 2016).

Terdapat beberapa perbedaan pada band Satelit *Landsat 8* OLI and TIRS dengan sebelumnya yaitu *Landsat 7* ETM+. Perbedaan pada *Landsat 7* ETM+ dan *Landsat 8* OLI and TIRS terletak pada band *Thermal Infrared*. Terdapat satu band *Thermal Infrared* pada Satelit *Landsat 7* ETM+ sedangkan pada Satelit *Landsat 8*

OLI and TIRS memiliki dua *band Thermal Infrared*. Selain perbedaan jumlah *band Thermal Infrared* resolusi spasial dari kedua satelit tersebut berbeda, yaitu 60 meter pada Satelit *Landsat 7 ETM+* dan 100 meter pada Satelit *Landsat 8 OLI and TIRS*. Satelit *Landsat 8 OLI and TIRS* terdapat dua *band* baru yaitu *band Coastal / Aerosol* dan *band Cirrus* yang tidak ada pada Satelit *Landsat 7 ETM+*. Penjelasan dari masing-masing *band* pada Satelit *Landsat 8* (Kurniadi, 2016), disajikan pada Tabel 1.

2.1.3 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik merupakan tahap awal pengolahan data sebelum analisis dilakukan untuk suatu tujuan, misalnya untuk identifikasi liputan lahan pertanian dan hutan. Proses koreksi radiometrik mencakup koreksi efek-efek yang berhubungan dengan sensor untuk meningkatkan kontras (*enhancement*) setiap piksel (*picture element*) dari citra, sehingga objek yang terekam mudah dianalisis untuk menghasilkan data/informasi yang benar sesuai dengan keadaan lapangan. Pada umumnya citra satelit memiliki nilai *Digital Number (DN)* asli yang belum diproses berdasarkan nilai spektral radian sesungguhnya yang akan berdampak pada informasi hasil yang kurang akurat. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan oleh perbedaan kondisi cuaca, nilai sudut perekaman, lokasi matahari, dan faktor pengaruh lainnya (Kustiyo, 2018). Koreksi radiometrik dilakukan untuk memperbaiki beberapa kesalahan yang terjadi pada citra satelit. Kesalahan radiometrik berupa pergeseran nilai atau derajat keabuan elemen gambar (*pixel*) pada citra agar mendekati harga/nilai yang seharusnya dan juga memperbaiki kualitas visual citra (Sinaga, 2018).

Koreksi radiometri ditujukan untuk memperbaiki nilai piksel supaya sesuai dengan yang seharusnya yang biasanya mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama. Efek atmosfer menyebabkan nilai pantulan objek dipermukaan bumi yang terekam oleh sensor menjadi bukan merupakan nilai aslinya, tetapi menjadi lebih besar oleh karena adanya hamburan atau lebih kecil karena proses serapan. Metode yang sering digunakan untuk

menghilangkan efek atmosfer antara lain metode pergeseran histogram (*histogram adjustment*), metode regresi dan metode kalibrasi bayangan (Danoedoro, 2017).

Koreksi radiometrik perlu dilakukan pada data citra dengan berbagai alasan:

- a. *Stripping* atau banding seringkali terjadi pada data citra yang diakibatkan oleh ketidakstabilan detektor. *Striping* atau banding merupakan fenomena ketidak konsistenan perekaman detektor untuk band dan areal perekaman yang sama.
- b. *Line dropout* kadang terjadi sebagai akibat dari detektor yang gagal berfungsi dengan tiba-tiba. Jangka waktu kerusakan pada kasus ini biasanya bersifat sementara.
- c. Efek atmosferik merupakan fenomena yang disebabkan oleh debu, kabut, atau asap seringkali menyebabkan efek bias dan pantul pada detektor, sehingga fenomena yang berada di bawahnya tidak dapat terekam secara normal.

Dengan kata lain, koreksi radiometrik dilakukan agar informasi yang terdapat dalam data citra dapat dengan jelas dibaca dan diinterpretasikan. Kegiatan yang dilakukan dapat berupa:

- a. Penggabungan data (*data fusion*), yaitu menggabungkan citra dari sumber yang berbeda pada area yang sama untuk membantu di dalam interpretasi. Sebagai contoh adalah menggabungkan data Landsat-TM dengan data SPOT.
- b. *Colodraping*, yaitu menempelkan satu jenis data citra di atas data yang lainnya untuk membuat suatu kombinasi tampilan sehingga memudahkan untuk menganalisis dua atau lebih variabel. Sebagai contoh adalah citra vegetasi dari satelit ditempelkan di atas citra foto udara pada area yang sama.
- c. Penajaman kontras, yaitu memperbaiki tampilan citra dengan memaksimalkan kontras antara pencahayaan dan penggelapan atau menaikkan dan merendahkan harga data suatu citra.
- d. *Filtering*, yaitu memperbaiki tampilan citra dengan mentransformasikan nilai-nilai digital citra, seperti mempertajam batas area yang mempunyai nilai digital yang sama (*enhance edge*), menghaluskan citra dari *noise* (*smooth noise*), dan lainnya.

Formula, yaitu membuat suatu operasi matematika dan memasukan nilai-nilai digital citra pada operasi matematika tersebut, misalnya *Principal Component Analysis* (PCA).

2.1.4 Google Earth Engine dan Cloud Computing

Google Earth Engine (GEE) merupakan platform pengolah data geo-big yang memiliki kelebihan akses data yang sangat besar berbasis *cloud* (Ridho, 2021). *Google Earth Engine* (GEE) yang merupakan platform geospasial dataset dapat mengkombinasikan algoritma pemrograman tertentu dengan database time series layanan citra satelit yang dapat diakses publik (Pratama & Sudrajat, 2020). Algoritma yang dikembangkan melalui GEE dapat digunakan untuk memproses citra satelit dan berbasis *machine learning* (Kamal, 2020). *Machine learning* sendiri merupakan metode yang membuat sebuah mesin atau komputer dapat belajar dari pengalaman atau bagaimana cara memprogram mesin untuk dapat belajar. *Machine learning* membutuhkan data untuk belajar sehingga biasa juga diistilahkan dengan *learning from data* (Fathurrahman, 2017). Perkembangan *machine learning* juga membantu pengolahan data besar dan berdimensi tinggi seperti citra satelit ini (Triscowati & Wijayanto, 2019).

Keunggulan platform *Google Earth Engine* (GEE) selain memungkinkan pengguna untuk melakukan pengolahan citra satelit yang dapat diakses secara daring dan gratis (Novianti, 2021), pengguna juga dibebaskan dari proses *preprocessing image* yang membutuhkan waktu serta data *storage* pada *hardware* pengguna karena database maupun proses komputasi dilakukan berbasiskan *cloud service* (Pratama dan Sudrajat, 2020). Menurut Mutanga & Kumar (2019) pengguna tidak membutuhkan kekuatan pemrosesan yang besar dari komputer terbaru atau perangkat lunak terbaru, dalam hal ini berarti bahwa peneliti dari negara kurang berkembang dapat memiliki perangkat lunak yang sama serta kemampuan untuk melakukan analisis seperti yang ada di negara maju. Seiring perkembangan metode analisis penginderaan jauh, GEE juga telah banyak digunakan sebagai platform yang menganalisis berbagai permasalahan sosial berdampak besar seperti

deforestasi, kekeringan, penyakit pandemi, ketahanan pangan, pemantauan iklim dan perlindungan lingkungan hidup (Gorelick, 2017).

Akuisisi dan pengolahan citra inframerah termal saat ini masih banyak menggunakan metode pengolahan konvensional. Metode ini kebanyakan dilakukan secara offline pada perangkat lunak pengolah citra penginderaan jauh. Pengolahan konvensional saat ini dirasa kurang efisien dan efektif karena beban ukuran data citra yang besar serta membutuhkan kemampuan spesifikasi perangkat keras yang cukup mumpuni. *Google Earth Engine* merupakan salah satu platform *cloud computing* dengan koleksi big data citra satelit penginderaan jauh dan data geospasial yang sangat besar (*Google Earth Engine*), dimana proses perolehan dan pengolahan data citra penginderaan jauh dilakukan secara online dengan memanfaatkan syntax berbahasa Javascript. *Cloud computing* pada *Google Earth Engine* memungkinkan perolehan dan pengolahan data dilakukan dengan lebih cepat dan ringan. Data citra penginderaan jauh hanya “dipanggil” sesuai dengan area kajian, diolah sesuai kebutuhan, dan hasil pengolahan dapat diunduh untuk keperluan analisis lebih lanjut dengan ukuran data yang jauh lebih ringan dibandingkan pengolahan konvensional. Pengolahan citra inframerah termal, khususnya pada Landsat 8 OLI/TIRS secara konvensional perlu mengunduh citra lengkap dengan metadatanya dengan ukuran data > 700 megabytes per scene, sementara hasil pengolahan pada *Google Earth Engine* hanya membutuhkan space antara 3-10 megabytes tergantung pada luas area kajian yang diolah. Hal tersebut menunjukkan bahwa kemampuan *Google Earth Engine* saat ini sangat diperlukan, khususnya untuk analisis data cepat/rapid analisis dan monitoring. Namun, bahasa Javascript yang digunakan pada *Google Earth Engine* merupakan bahasa pemrograman yang cukup sensitif sehingga memerlukan ketelitian dalam menyusun algoritma-algoritma pengolahan (Dewantoro, 2021).

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, 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).

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, 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 pengolah 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).

2.1.5 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 kebumihantropika 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, 2018).

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.

2.1.6 Uji Akurasi

Pengujian ketelitian (akurasi) hasil interpretasi merupakan langkah yang sangat penting dalam aplikasi penginderaan jauh, karena suatu hasil interpretasi layak atau tidaknya untuk digunakan tergantung pada seberapa besar tingkat ketelitian hasil interpretasi. Hasil interpretasi citra mencerminkan kompetensi seorang penafsir citra, meskipun kompetensi ini bukan satu-satunya faktor yang menentukan akurasi. Faktor lainnya yang berperan terhadap akurasi ini adalah kualitas citra, umur citra, dan faktor demografis (usia, jenis kelamin, pengalaman), aspek kognitif dan non kognitif. Hasil interpretasi yang memenuhi syarat dapat dipercaya kebenarannya dan dapat dijadikan dasar untuk melakukan sejumlah keputusan. Bila hasil uji akurasi ini memiliki persentase minimal yang ditetapkan berarti hasil interpretasi akurat (Coillie, 2019).

Menurut Short (1982), terdapat empat metode untuk menguji ketelitian hasil interpretasi citra, yakni: *field checks at selected points, estimate of agreement between landsat and reference maps or photos, statistical analysis, and confusion matrix calculation*. Cara pengujian ketelitian hasil interpretasi yang banyak digunakan penelitian penginderaan jauh adalah dengan menggunakan metode *confusion matrix calculation*. Metode - metode uji ketelitian tersebut sebenarnya digunakan untuk menguji ketelitian hasil interpretasi data citra digital Landsat, tetapi tidak tertutup kemungkinan untuk digunakan pada uji ketelitian hasil interpretasi citra lainnya seperti Sentinel -2 yang memiliki resolusi spasial berbeda (lebih besar dari landast) dengan cara memodifikasinya. Adapun Uji Akurasi yang bisa dihitung berdasarkan tabel 2 antara lain, *User's accuracy, Producer's Accuracy, Overall accuracy dan Kappa accuracy* (Jaya, 2017).

Tabel 2. Tabel Confusion Matrix

		Data Interpretasi			Total baris	Producer's accuracy
		A	B	C		
Data Referensi	A	X _{ii}			X _{i+}	X _{ii} /X _{i+}
	B		X _{ii}			
	C			X _{ii}		
Total kolom		X ₊₁			N	
User's Accuracy		X _{ii} /X ₊₁				

Secara matematis akurasi diatas dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$User's Accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{+1}} \times 100\%$$

$$producer's Accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{i+}} \times 100\%$$

$$Overall Accuracy = \frac{\sum_i^r X_{ii}}{X_{+1}} \times 100\%$$

Keterangan:

X_{ii} = nilai diagonal matriks kontingensi baris ke-i dan kolom ke-i

X_{i+} = jumlah piksel dalam baris ke-i

X_{+i} = jumlah piksel dalam kolom ke-i

Kappa akurasi adalah akurasi yang mempertimbangkan semua elemen yang ada pada *confusion matrix*. Akurasi kappa sering dianggap paling relevan karena mencakup *ommission* dan *commission error*-nya (Jaya, 2010). Menurut Jaya (2010) dalam Sampurno dan Thoriq (2016), saat ini akurasi yang dianjurkan adalah akurasi kappa, karena *overall accuracy* secara umum masih *over estimate*. Akurasi kappa ini sering juga disebut dengan indeks kappa. Secara matematis akurasi kappa disajikan sebagai berikut:

$$K = \frac{N \sum_k^r X_{ii} - \sum_k^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_k^r X_{i+} X_{+i}}$$

Selanjutnya, nilai hasil perhitungan dicocokkan dengan tingkat kesesuaian yang dibuat oleh Landis (fachrul.hamid@gmail.com) seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Tingkat Kesesuaian (Agreement) dalam Koefisien Kappa

Tingkat Kesesuaian	Tingkat Kepercayaan
< 0,4	Rendah
0,5 – 0,8	Sedang
> 0,8	Tinggi

Sumber: Landis dan Koch (1975, dalam Congalton dan Green, 2008)

2.2. Kerapatan Vegetasi dan Indeks Vegetasi

2.2.1 Kerapatan Vegetasi

Vegetasi merupakan sumberdaya alam *primer* dalam kehidupan makhluk hidup, yaitu sebagai sumber makanan dan tempat bernaung bagi makhluk hidup. Dalam suatu ekosistem hanya vegetasi yang dapat menyediakan energi bagi makhluk hidup melalui proses fotosintetis menggunakan bantuan sinar matahari, dalam bentuk yang bisa dimanfaatkan oleh hewan maupun manusia berupa daun, buah, biji, maupun ubi. Gangguan/kerusakan yang terjadi pada sekelompok vegetasi akan mengakibatkan perubahan keseimbangan ekosistem pada lokasi vegetasi itu berada (Arnanto, 2021).

Vegetasi merupakan salah satu bentuk penyusun keruangan. Vegetasi sebagai bagian dari susunan keruangan yang mempunyai manfaat penting. Salah satunya adalah merubah kondisi atmosfer lingkungan udara baik secara langsung maupun tidak langsung (Winarti & Rahmad, 2019). Vegetasi menjadi penyusun lahan yang memiliki jenis yang sangat beranekaragam. Kumpulan dari berbagai vegetasi yang beranekaragam ini akan membentuk tingkat kerapatan vegetasi yang

berbeda-beda pada tiap penggunaan lahan pada suatu daerah (Irawan dan Sirait, 2017).

Kerapatan vegetasi memiliki kaitan yang erat dengan tutupan lahan hutan. Degradasi sumberdaya hutan dari waktu ke waktu memperlihatkan kecenderungan yang semakin meningkat. Sementara itu, sejumlah pihak mengindikasikan bahwa masyarakat di sekitar hutan tetap tidak beranjak dari kondisi yang memprihatinkan dan relatif tidak mengalami perbaikan secara signifikan selama beberapa dasawarsa terakhir.

Pengelolaan Hutan Lestari (PHL) yang sering dibicarakan oleh banyak pihak, terutama oleh pihak pengelolaan dan penggunaan atau pemanfaatan sumberdaya hutan terkesan masih sebatas tataran konsepsi. Perambahan dan konversi kawasan hutan untuk kepentingan non kehutanan serta *logging* dan atau *over cutting* masih berlanjut hampir di seluruh bagian wilayah tanah air. Pelaksana kegiatan rehabilitasi hutan (yang rusak) cenderung masih kurang terlihat hasilnya.

Berdasarkan kondisi tersebut di atas, maka Pemerintah melalui Kementerian Kehutanan berusaha mencari format dan kebijakan untuk menciptakan model pengelolaan hutan yang optimal, efisien dan lestari. Salah satu kebijakan Pemerintah adalah pembentukan Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) sebagaimana yang telah diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor: 6 Tahun 2007 jo PP Nomor: 3 Tahun 2008 tentang Tata Hutan dan Penyusunan Rencana Pengelolaan Hutan serta Pemanfaatan Hutan.

Kerapatan vegetasi adalah satu aspek yang mempengaruhi karakteristik vegetasi dalam citra. Kerapatan vegetasi umumnya diwujudkan dalam bentuk persentase untuk mengetahui tingkat suatu kerapatan vegetasi (Ahmad Fadly, 2018) telah mengadakan penelitian untuk mengetahui sejauh mana hubungan kerapatan vegetasi terhadap pantulan spektralnya dengan analisis digital. Pada data Landsat ditemukan korelasi positif sebesar $>0,9$ antar indeks vegetasi dengan kerapatan vegetasi hutan yang relatif tinggi pada daerah Teluk Ambon.

2.2.2 Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi merupakan suatu algoritma yang ditetapkan terhadap suatu citra untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi ataupun aspek lain yang

berkaitan dengan kerapatan, misalnya biomassa, konsentrasi klorofil. Secara praktis, indeks vegetasi ini adalah suatu transformasi matematis yang melibatkan beberapa saluran sekaligus, dan menghasilkan citra baru yang lebih mewakili dalam menyajikan kenyataan vegetasi (Danoedoro, 2019).

Nilai perbandingan kecerahan kanal cahaya merah (RED) dengan cahaya inframerah dekat (NIR), adalah nilai suatu indeks vegetasi (*simple ratio*) yang sudah tidak dipakai lagi. Hal ini disebabkan karena nilai dari rasio NIR/RED akan memberikan nilai yang besar untuk tumbuhan yang sehat. Oleh karena itu, dikembangkanlah suatu algoritma indeks vegetasi yang baru dengan normalisasi, yaitu *Normalized Difference Vegetation Index* (Sudiana dan Diasmara, 2020).

Pada umumnya, respon spektral citra satelit memiliki sensitivitas terhadap kerapatan vegetasi (indeks luas dan daun), tajuk pohon dan kandungan air di daun tumbuhan. Pertambahan kerapatan vegetasi akan terjadi dari lahan terbuka menjadi tahap suksesi, akan tetapi pantulan dalam spektrum sinar tampak berkurang karena adanya penambahan luasan daun dan penyerapan. Hubungan antara respon spektral pada spektrum sinar tampak dan inframerah dengan kerapatan vegetasi dapat dijelaskan dengan suatu indeks yang disebut indeks vegetasi (Huete, 2020). Indeks vegetasi adalah kombinasi matematis antara band merah dengan *band Near Infra-Red* (NIR) yang telah lama digunakan sebagai indikator kondisi vegetasi dan keberadaan yang sering dikenal dengan sebutan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Metode skala lanskap (NDVI) adalah metode yang memperhitungkan besaran nilai kehijauan vegetasi yang diperoleh dari pengolahan sinyal digital data nilai kecerahan (*brightness*) beberapa kanal data sensor satelit dari citra satelit.

Pada dasarnya, NDVI mengukur kemiringan (*slope*) antara nilai asli band merah dan band infra merah di angkasa dengan nilai band merah dan infra merah yang ada dalam tiap piksel citra. Berikut adalah algoritma perhitungan NDVI:

$$NDVI = \frac{\text{Band NIR} - \text{Band Red}}{\text{Band NIR} + \text{Band Red}}$$

Nilai NDVI berkisar dari -1 sampai dengan 1 dengan klasifikasi -1 sampai 0 termasuk ke dalam kelompok bukan vegetasi dan 0 sampai dengan 1 termasuk kelompok vegetasi.

Nilai perbandingan kecerahan kanal cahaya merah dengan cahaya inframerah dekat atau NIR/RED, ialah nilai suatu indeks vegetasi (simple ratio) yang tidak digunakan lagi. Hal ini disebabkan karena nilai dari rasio NIR/RED akan memberikan nilai yang sangat besar untuk tumbuhan yang sehat. Untuk itu, telah dikembangkan suatu algoritma indeks vegetasi yang baru hasil normalisasi yang dikenal dengan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Sudiana dan Diasmara, 2020).

Metode NDVI adalah suatu metode standar untuk membandingkan tingkat kehijauan vegetasi yang berasal dari citra satelit dan merupakan kombinasi dari teknik penisbahan dengan teknik pengurangan citra. Konversi NDVI ini merupakan salah satu produk standar NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), dan satelit cuaca yang berorbit polar memberi perhatian khusus pada fenomena vegetasi global (Irawan & Malau, 2016). Indeks vegetasi merupakan kombinasi matematis antara band red dan band NIR yang telah lama digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan dan kondisi vegetasi.

Rentang nilai NDVI adalah antara -1 hingga +1 (Danoedoro, 2019). Nilai yang mewakili vegetasi berkisar dari 0,1 hingga 0,7. Nilai NDVI di atas nilai ini menunjukkan tingkat kesehatan dari tutupan vegetasi yang lebih baik (Wass & Nababan, 2019). Nilai antara 0 – 0,1 biasanya merupakan karakteristik dari bebatuan dan lahan kosong. Permukaan vegetasi dengan rentang nilai NDVI antara 0,2 – 0,3 berupa sabana dan padang rumput, hingga nilai 0,4 – 0,8 diidentifikasi sebagai hutan hujan tropis dengan vegetasi tinggi (Dasuka et al., 2016).

Salah satu tujuan pembuatan indeks vegetasi adalah memperjelas perbedaan antara berbagai tipe tutupan lahan maupun tipe vegetasi yang berbeda. Perbaikan spektral dengan penentuan indeks vegetasi menghasilkan tampilan citra yang bervariasi serta dapat memperjelas objek–objek tertentu yang akan dianalisis. Nilai indeks vegetasi yang tersebar di wilayah penelitian mempunyai tingkat kerapatan yang bervariasi mulai dari kerapatan sangat rapat, kerapatan rapat sampai dengan

kerapatan vegetasi tidak rapat. Informasi indeks vegetasi sangat diperlukan dalam mengenali tingkat kerapatan vegetasi terhadap kerusakan hutan pada daerah yang memiliki hutan yang luas (Iskandan Mukhlis, 2019).

Nilai indeks vegetasi dalam penelitian ini adalah hasil pengolahan citra menggunakan transformasi NDVI, yang dihitung sebagai rasio antara pantulan yang terukur dari band merah (R) dan band infra-merah (didekati oleh band NIR). Penggunaan kedua band ini banyak dipilih sebagai parameter indeks vegetasi karena hasil ukuran dari band ini dipengaruhi oleh penyerapan klorofil, peka terhadap biomassa vegetasi, serta memudahkan dalam pembedaan antara lahan bervegetasi, lahan terbuka, dan air. Hasil penisbahan antara band merah dan infamerah menghasilkan perbedaan yang maksimum antara vegetasi dan tanah.

Tabel 4. Klasifikasi nilai NDVI

No	Kisaran Nilai NDVI	Klasifikasi Kerapatan Vegetasi	Jenis Penggunaan Lahan
1	-1 s/d -0,32	Tidak Bervegetasi	Air, Awan
2	-0,33 s/d 0,32	Jarang	Lahan Kosong, pemukiman, bangunan, industry
3	0,33 s/d 0,55	Cukup Rapat	Tegalan, tumbuhan ternak
4	0,56 s/d 0,78	Rapat	Perkebunan, sawah kering, semak belukar
5	0,79 s/d 1	Sangat Rapat	Hutan Lebat

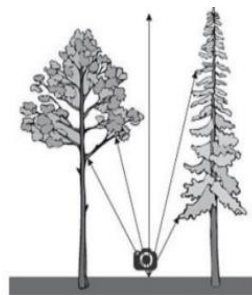
Sumber: (Careca Virma, 2013).

2.2.3 Metode Penilaian Indeks Vegetasi

Kanopi atau sering disebut juga dengan istilah tajuk pohon adalah suatu kondisi yang terbentuk oleh cabang – cabang dan daun pohon saling tumpang tindih. Peran kanopi mangrove dapat mempengaruhi proses fotosintesis adalah dari bentuk dan kerapatan tajuk, semakin rapat tajuk maka akan semakin sulit cahaya matahari menembus kanopi pohon sehingga mangrove dengan kategori anakandan semai kurang dalam mendapatkan kebutuhan sinar matahari (Sadono, 2018). Untuk

mengetahui lebar tajuk dalam suatu ekosistem salah satunya adalah dengan menggunakan metode hemispherical photography (Pretzsch et al. 2015).

Hemispherical photography merupakan suatu metode fotografi yang digunakan untuk melihat tutupan kanopi mangrove atau tutupan kanopi hutan darat melalui foto dengan kamera. Dalam hal ini yang digunakan adalah kamera depan Handphone (HP) dikarenakan memiliki keunggulan secara in heren dengan waktu, tutupan awan dan tahun. Metode hemispherical photography menggunakan kamera HP adalah metode tidak langsung untuk mengukur transmisi cahaya. Metode fotografi lainnya untuk menghitung tutupan kanopi pohon adalah menggunakan metode fotografi tertutup tidak menggunakan lensa mata ikan dan lebih fokus pada analisis parameter kanopi seperti indeks luasan daun (Bianchi et al., 2017). Metode hemispherical photography ini cukup baru digunakan di Indonesia pada ekosistem mangrove karena di Indonesia dalam menentukan tutupan kanopi biasanya menggunakan metode dengan batuan citra satelit akan tetapi metode ini banyak kekurangan seperti hasil didapatkan kurang akurat karena dalam perhitungan mencakup wilayah yang luas. Metode hemispherical photography perlu dikembangkan di Indonesia karena penerapannya mudah dengan biaya lebih murah dan hasil lebih akurat dibanding dengan metode citra satelit untuk mengetahui suatu kondisi ekosistem mangrove di suatu daerah selain menghitung nilai kanopi pohon juga diperlukan menghitung nilai dari struktur dan komposisinya (Baksir et al., 2018).





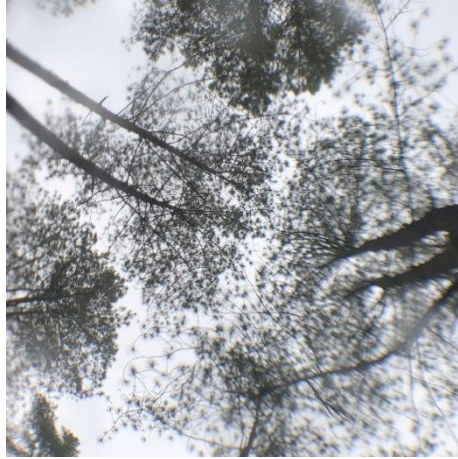
Gambar 1. Ilustrasi Metode *Hemispherical Photography* untuk Mengukur Tutupan Kanopi Tegakan

Sumber: (Dharmawan dan Pramudji, 2017).

Analisis persentase tutupan kanopi dengan menggunakan metode Hemispherical Photography dapat dilakukan dengan dua tahapan, yaitu dengan menggunakan perangkat lunak penganalisis gambar dan perangkat lunak pengolahan data angka (spreadsheet). Perangkat lunak yang umum digunakan untuk menganalisis foto hemisphere adalah ImageJ (LIPI, 2014). Metode ini tergolong baru di Indonesia untuk menghitung tutupan kanopi mangrove. Ilustrasi metode ini dapat dilihat pada Gambar 1. Adapun system penilaian kanopi tegakan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Sistem penilaian kanopi tegakan

Kerapatan	Persentasi	Gambar
Lebat	>70%	
Sedang	50 – 70%	

Jarang	<50%	
--------	------	--

Sumber: BIG,2014.