

SKRIPSI

**ANALISIS PERUBAHAN PENUTUPAN LAHAN DAN
HUBUNGANNYA TERHADAP SUHU PERMUKAAN
LAHAN DI KABUPATEN SINJAI**

Disusun dan diajukan oleh

ALIF FITRAH

M0111 91 065



DEPARTEMEN KEHUTANAN

FAKULTAS KEHUTANAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS PERUBAHAN PENUTUPAN LAHAN DAN
HUBUNGANNYA TERHADAP SUHU PERMUKAAN LAHAN
DI KABUPATEN SINJAI**

Disusun dan diajukan oleh

ALIF FITRAH

M011191065

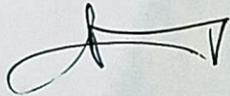
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kehutanan Fakultas
Kehutanan Universitas Hasanuddin

pada tanggal 22 Desember 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

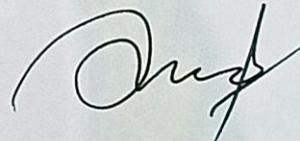
Menyetujui,

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. Daud Malamassam, M. Agr., IPU
NIP. 19540209 19780 2 001

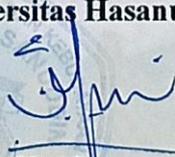
Pembimbing Pendamping



Ir. Munajat Nursaputra, S. Hut, M. Sc, IPM
NIP. 19900729 202012 1 012

Mengetahui,

**Ketua Program Studi Kehutanan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin**



Dr. Ir. Sitti Nuraeni, M.P
NIP. 196804101995122001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Alif Fitrah
NIM : M011191065
Program Studi : Kehutanan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“Analisis Perubahan Penutupan Lahan Dan Hubungannya Terhadap Suhu Permukaan Lahan Di Kabupaten Sinjai”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan 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, 22 Desember 2023

Yang Menyatakan



Alif Fitrah

ABSTRAK

ALIF FITRAH. Analisis perubahan penutupan lahan dan pengaruhnya terhadap suhu permukaan lahan dengan menggunakan google earth engine di Kabupaten Sinjai (di bawah bimbingan Daud Malamassam dan Munajat Nursaputra).

Fenomena perubahan iklim terjadi akibat aktivitas manusia dan penambahan penduduk. Pertambahan penduduk menyebabkan perubahan penggunaan lahan. Perubahan lahan dapat mengubah reflektivitas radiasi matahari dan suhu permukaan tanah secara lokal. Tujuan dari penelitian ini menganalisis penutupan lahan dan suhu permukaan lahan serta di Kabupaten Sinjai serta perubahannya di tahun 2015 dan 2023, kegunaannya untuk mengetahui dampak perubahan penutupan lahan dan suhu permukaan lahan terhadap perencanaan wilayah dimasa depan. Metode yang digunakan dalam penelitian menggunakan citra Landsat 8 untuk melihat penutupan lahan dan suhu permukaan lahan yang diprogramkan pada platform Google Earth Engine kemudian data raster yang di peroleh dari platform tersebut diolah pada perangkat lunak ArcGIS untuk dikeluarkan dalam data vektor untuk memudahkan dalam melakukan tumpang tindih data dan perhitungan luasan per hektar. Hasil dari penelitian menunjukkan data dari luasan masing-masing kelas penutupan lahan, vegetasi dan sawah banyak mengalami perubahan sedangkan pada suhu permukaan lahan banyak terjadi perubahan luasan pada kelas suhu 26-35°C dan kelas >35°C. Kenaikan suhu permukaan lahan utamanya disebabkan perubahan penutupan lahan vegetasi menjadi lahan terbangun, tambak, lahan terbuka, selain menjadi sawah.

Kata Kunci: Penutupan Lahan, Suhu Permukaan Lahan, Google Earth Engine, Kabupaten Sinjai.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan atas kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan berkah, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul “*Analisis Perubahan Penutupan Lahan dan Pengaruhnya Terhadap Suhu Permukaan Lahan Dengan menggunakan Google Earth Engine di Kabupaten Sinjai*”. Skripsi ini merupakan hasil penelitian yang diajukan untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan program pendidikan Sarjana (S1) Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin Makassar.

Selama penelitian dan penyusunan skripsi ini, tentunya terdapat banyak kendala yang dihadapi serta keterbatasan penulis. Namun, berkat bantuan, dorongan serta bimbingan dari berbagai pihak, akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak **Prof.Dr.Ir. Daud Malamassam, M.Agr., IPU** dan Bapak **Ir. Munajat Nursaputra, S. Hut, M. Sc, IPM** selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dan meluangkan waktunya untuk membantu penyusunan skripsi ini.
2. Bapak **Dr. Ir. Beta Putranto., M. Sc** dan Bapak **Chairil A, S. Hut., M. Hut** selaku dosen penguji yang telah membantu memberikan masukan dan saran yang sangat membangun untuk penyusunan skripsi ini.
3. Ketua Departemen Kehutanan Bapak **Dr. Syamsu Rijal, S. Hut., M. Si, IPU** dan Sektetaris Departemen sekaligus Dosen Penasehat Akademik Ibu **Gusmiaty, S.P., M.P** serta seluruh **Dosen** dan **Staf Administrasi** Fakultas Kehutanan atas bantuannya.
4. Orang tua yang saya cintai **Hermanto** dan **Hilda Sijar** yang telah memberikan dukungan baik doa, moral dan materi selama menempuh studi dan proses penyusunan skripsi ini.

5. Saudara saya **Muh. Hermadi, S. Pd, Nurjannah, S. H., M. Kn, Dian Pratiwi, S. Pi, Aida Rahayu, S. Kep dan Aulia** yang selalu memberikan semangat dan dukungan berupa doa kepada penulis.
6. Teman – teman saya **Ahmad Zam-Zam Hidayatullah, S. Hut, Andi Yusnita, S. Hut, Andi Salma Nabila Hasan, S. Hut, Egi Andery Tegurta Tarigan, S. Hut, Sehryna Ishak, S. Hut, Refly** dan seluruh teman-teman **PSIK 2019** yang telah memberikan dukungan, motivasi serta bantuannya selama ini.
7. Segenap keluarga **Laboratorium Perencanaan dan Sistem Informasi Kehutanan** atas dukungan berupa doa kepada penulis.
8. Teman – teman **OLYMPUS 2019** yang telah memberikan dukungan dan motivasi.
9. Terimakasih juga penulis ucapkan kepada **Al Mustafa Ayek** dan **Akram Sri Pandan Buana** karena telah turut andil membantu penulis.
10. Semua pihak yang tidak bisa penulis tuliskan satu persatu, yang telah memberikan dukungan dan doa demi kelancaran penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan yang perlu diperbaiki, sehingga penulis sangat mengharapkan masukan dan saran yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Makassar, 22 Desember 2023

Alif Fitrah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Penutupan Lahan	4
2.2. Suhu Permukaan Lahan.....	8
2.2.1 Perhitungan Suhu Permukaan Lahan	10
2.3 Penginderaan Jauh dan Citra Landsat	13
2.3.1 Pengideraan Jauh.....	13
2.3.2 Citra Landsat	14
2.3.3 Interpretasi Citra.....	16
2.4 Google Earth Engine	18
2.4.1 Random Forest Algoritma.....	19
III. METODE PENELITIAN.....	21

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2	Alat dan Bahan	22
3.2.1	Alat.....	22
3.2.2	Bahan.....	22
3.3	Prosedur Penelitian.....	23
3.3.1	Pra Pengolahan Data	23
3.3.2	Penyiapan Data Penutupan Lahan.....	23
3.3.3	Perhitungan Suhu Permukaan Lahan	26
3.4	Analisis Data	27
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1	Identifikasi Penutupan Lahan dan Perubahan Penutupan Lahan	30
4.2	Perubahan Suhu Permukaan Lahan	37
4.3	Perubahan Penutupan Lahan dan Hubungannya terhadap Suhu Permukaan Lahan	40
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran	46
	DAFTAR PUSTAKA	47
	LAMPIRAN.....	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Cara Kerja Random Forest Algoritma.	20
Gambar 2. Lokasi penelitian Kabupaten Sinjai.....	21
Gambar 3. Algoritma pemotongan citra pada Google Earth Engine	23
Gambar 4. Algoritma Random Forest Pada Google Earth Engine.	24
Gambar 5. Perhitungan LST di Google Earth Engine.....	27
Gambar 6. Citra Landsat 8 Kabupaten Sinjai.	30
Gambar 7. Peta Penutupan Lahan Kabupaten Sinjai Tahun 2015.	31
Gambar 8. Peta Penutupan Lahan Kabupaten Sinjai Tahun 2023.	32
Gambar 9. Peta Sebaran Titik Uji Akurasi Penutupan Lahan.....	33
Gambar 10. Perubahan Penutupan Lahan Tahun 2015 – 2023.....	35
Gambar 11. Sebaran suhu permukaan lahan tahun 2015.	38
Gambar 12. Sebaran suhu permukaan lahan tahun 2023.	38
Gambar 13. Rata-rata suhu permukaan lahan pada perubahan penutupan lahan..	41
Gambar 14. Peta topografi Kabupaten Sinjai.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kelas Penutupan Lahan KLHK 2015	5
Tabel 2. Kanal Landsat 8 OLI/TIRS	15
Tabel 3. Penggunaan Kombinasi Band pada Landsat 8.....	17
Tabel 4. Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian.....	22
Tabel 5. Kombinasi band Landsat 8.....	23
Tabel 6. Klasifikasi Penggunaan Lahan dalam penelitian.....	24
Tabel 7. <i>Confusion Matrix</i>	26
Tabel 8. Kelas Nilai NDVI dan Emisivitas Permukaan Lahan.....	12
Tabel 9. <i>Confusion Matrix</i> Hasil Uji Akurasi.....	33
Tabel 10. Interpretasi Nilai Akurasi Kappa.....	34
Tabel 11. Luasan penutupan lahan Kabupaten Sinjai tahun 2015 dan 2023.....	35
Tabel 12. Matrix Perubahan (Penambahan dan Pengurangan) setiap tipe penutupan lahan tahun 2015 – 2023.....	36
Tabel 13. Perubahan suhu permukaan lahan tahun 2015 dan 2023.....	39
Tabel 14. Matrix Perubahan (Penambahan dan Pengurangan) setiap kelas suhu permukaan lahan tahun 2015 – 2023	39
Tabel 15. Tabel nilai perubahan suhu permukaan lahan tahun 2015 ke tahun 2023.....	42
Tabel 16. Rata-rata suhu permukaan lahan pada perubahan penutupan lahan berdasarkan ketinggian wilayah.....	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Daerah Latih Penutupan Lahan Tahun 2015 dan 2023	51
Lampiran 2. Perbandingan kondisi tipe penutupan lahan	52
Lampiran 3. Hasil Pengecekan Lapangan Tahun 2023.....	54
Lampiran 4. Kappa Accuracy Penutupan Lahan Tahun 2023	57
Lampiran 5. Koleksi Citra Yang digunakan dalam Analisis.....	58
Lampiran 6. <i>Code Script</i> Google Earth Engine klasifikasi penutupan lahan tahun 2015 dan tahun 2023	66
Lampiran 7. <i>Code Script</i> Google Earth Engine perhitungan suhu permukaan lahan Kabupaten Sinjai tahun 2015 dan tahun 2023	77

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim global sebagai akibat dari pemanasan global, menyebabkan ketidakstabilan di lapisan bawah atmosfer bumi terutama yang dekat dengan permukaan bumi. Pemanasan global ini disebabkan karena adanya peningkatan gas-gas rumah kaca yang sebagian besar ditimbulkan dari industri-industri. Gas-gas rumah kaca yang semakin meningkat akan menimbulkan efek pemantulan dan penyerapan terhadap gelombang panjang yang bersifat panas (*infrared*) yang diemisikan oleh permukaan bumi lalu akan dipantulkan kembali ke permukaan bumi (Susandi *et al.*, 2010).

Efek dari pemanasan global ini dapat memicu kejadian perubahan pola iklim dalam kurun waktu tertentu yang membuat perubahan komposisi dari atmosfer global. Salah satu akibat dari perubahan dari pola iklim ini adalah peningkatan suhu permukaan lahan. Akibat lain yang ditimbulkan dengan peningkatan suhu tersebut antara lain adalah perubahan pola air hujan dan/atau salju yang jatuh dari udara, cuaca dan musim, serta naiknya permukaan air laut. Hal ini dapat terjadi secara langsung maupun tidak langsung akibat dari aktivitas manusia dan penambahan jumlah penduduk (Utomo *et al.*, 2015).

Jumlah penduduk di setiap kabupaten sangat bervariasi dan linear dengan laju pertumbuhan penduduk per tahunnya. Salah satu kabupaten dengan laju pertumbuhan penduduk ditahun 2020 hingga 2022 sebesar 0.95 ialah Kabupaten Sinjai yang ada di Provinsi Sulawesi Selatan dengan jumlah penduduk sebesar 263.827 jiwa, Kepadatan penduduk di Kabupaten Sinjai pada tahun 2022 sekitar 322 jiwa/ Km² (BPS Sinjai, 2023). Dilihat dari data tersebut, angka ini sudah melebihi rata rata jumlah penduduk secara nasional per kilometer yaitu 141 jiwa per kilometer persegi (Badan Pusat Statistik, 2021).

Peningkatan jumlah penduduk yang disertai dengan tingginya aktivitas manusia menyebabkan perubahan di segala bidang terutama perubahan penggunaan lahan. Adysahwan *et al*, (2022) dalam penelitiannya menemukan bahwa di

Kabupaten Sinjai, terjadi perubahan hutan seluas 17.393,81 ha pada Tahun 2012 menjadi 15.038,86 ha pada tahun 2022. Perubahan penggunaan lahan dapat merubah reflektansi radiasi surya permukaan bumi yang akan menyebabkan perbedaan suhu permukaan lahan secara lokal (Handayani, 2007). Olehnya itu, informasi terkait perubahan suhu permukaan dan perubahan lahan menjadi sangat penting dalam perencanaan wilayah di Kabupaten Sinjai.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menggambarkan dampak perubahan lahan dan perubahan suhu permukaan lahan adalah dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Dengan teknologi penginderaan jauh, manusia dapat melakukan analisis suhu permukaan bumi secara efisien dengan memanfaatkan data satelit termal. Telah banyak sensor termal inframerah dari satelit, yang tersedia dengan resolusi yang dapat digunakan untuk tingkat kabupaten, seperti sensor satelit dari citra Landsat TM/ETM+/OLI NOAA AVHRR, MODIS, dan ASTER (Kuenzer & Dech, 2013).

Saat ini, kebaruan dari teknik penginderaan jauh yang diintegrasikan dengan sistem informasi geografis berupa adanya pemrosesan citra berbasis *cloud computing* menjadikan pengolahan data semakin lebih cepat dan efisien. Pemrosesan data berbasis *cloud* yang belakangan ini sering digunakan adalah Google Earth Engine (GEE). Prayogo (2021) melakukan penelitian menggunakan platform google earth engine untuk mengolah data series MODIS yang memiliki resolusi spasial 1000 meter untuk pemetaan suhu, dimana hasilnya menunjukkan bahwa terjadi peningkatan panas yang cukup signifikan dari tahun ke tahun. Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai penggunaan data citra dengan resolusi spasial yang lebih baik dari MODIS dan memiliki band termal seperti citra landsat yang memiliki resolusi spektral 30 meter dan dapat diakses secara gratis pada platform google earth engine. Oleh karena itu, penelitian ini mengkaji perubahan penutupan lahan dan suhu permukaan lahan di Kabupaten Sinjai dari tahun 2015 dan tahun 2023 menggunakan citra landsat pada platform google earth engine.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui:

1. Penutupan lahan pada tahun 2015 dan tahun 2023,
2. Suhu permukaan lahan pada tahun 2015 dan tahun 2023,
3. Hubungan perubahan penutupan lahan dengan suhu permukaan lahan, di Kabupaten Sinjai.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai bahan informasi dan rekomendasi bagi masyarakat dan pemerintah Kabupaten Sinjai dalam merancang upaya mitigasi peristiwa perubahan temperatur permukaan lahan dan berguna dalam pembuatan perencanaan pembangunan wilayah Kabupaten Sinjai di masa yang akan datang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penutupan Lahan

Lahan merupakan material dasar dari suatu lingkungan yang berkaitan dengan sejumlah karakteristik alami yaitu iklim, geologi, tanah, topografi, hidrologi, dan biologi. Penggunaan lahan berhubungan dengan kegiatan manusia pada sebidang lahan, sedangkan penutup lahan adalah perwujudan fisik obyek-obyek yang menutupi lahan. Klasifikasi penutupan lahan dan klasifikasi penggunaan lahan adalah upaya pengelompokkan berbagai jenis penutupan lahan atau penggunaan lahan kedalam suatu kesamaan sesuai dengan sistem tertentu. Klasifikasi penutupan lahan dan klasifikasi penggunaan lahan digunakan sebagai pedoman atau acuan dalam proses interpretasi citra satelit penginderaan jauh dengan tujuan pembuatan peta penutupan lahan maupun peta penggunaan lahan (Yollanda, 2011).

Berdasarkan dokumen SNI tahun 2014 tentang Klasifikasi Penutupan Lahan, penutupan lahan diartikan sebagai penutupan biofisik pada permukaan Bumi yang dapat diamati yang merupakan suatu hasil pengaturan, aktifitas, dan perlakuan manusia terhadap jenis penutup lahan tertentu untuk melakukan kegiatan produksi, perubahan, ataupun perawatan pada penutup lahan tersebut. Adapun kelas penutupan lahan dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu daerah bervegetasi dan daerah tak bervegetasi. Semua kelas penutupan lahan dalam kategori daerah bervegetasi diturunkan dari pendekatan konseptual struktur fisiognomi (ilmu yang mempelajari bentuk luar obyek penutup lahan) yang konsisten dari bentuk tumbuhan, bentuk penutupan, tinggi tumbuhan, dan distribusi spasialnya. Sedangkan pada kategori daerah tak bervegetasi, pendekatan kelas mengacu pada aspek permukaan penutupan, distribusi atau kepadatan, dan ketinggian atau kedalaman objek (Badan Standarisasi Nasional, 2014).

Penutupan lahan skala nasional memiliki 23 kelas penutupan lahan dengan 7 kelas yang dikategorikan sebagai penutupan hutan dan 16 kelas yang dikategorikan sebagai penutupan bukan hutan. Penetapan standar kelas ini

didasarkan pada pemenuhan kepentingan di lingkup Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan secara khusus dan institusi-institusi terkait tingkat nasional secara umum. Berikut adalah 23 kelas penutupan lahan yang dihimpun dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2015).

Tabel 1. Kelas Penutupan Lahan KLHK 2015

Kode	Penutupan	Keterangan
Hp/2001	Hutan Lahan Kering Primer	Seluruh kenampakan hutan dataran rendah, hutan perbukitan, hutan pegunungan (dataran tinggi dan sub alpin), hutan kerdil, hutan kerangas, hutan di atas batuan kapur, hutan di atas batuan ultra basa, hutan daun jarum, hutan luruh daun dan hutan lumut (ekosistem alami) yang menampakkan gangguan manusia (bekas penebangan, bekas kebakaran, jaringan jalan dll.), tidak termasuk gangguan alam (banjir, tanah longsor, gempa bumi dll.)
Hs/2002	Hutan Lahan Kering Sekunder	Hutan lahan kering primer yang mengalami gangguan manusia (bekas penebangan, bekas kebakaran, jaringan jalan, dll.), termasuk yang tumbuh kembali dari bekas tanah terdegradasi
Hmp/2004	Hutan mangrove primer	Seluruh kenampakan hutan (bakau, nipah dan nibung) yang berada di lingkungan perairan payau yang tidak menampakkan gangguan manusia (bekas penebangan, bekas kebakaran, jaringan jalan dll.), tidak termasuk gangguan alam (banjir, tanah longsor, gempa bumi dll.)
Hms/20041	Hutan Mangrove Sekunder	Hutan mangrove primer yang mengalami gangguan manusia (bekas penebangan, bekas kebakaran, jaringan jalan dll.), termasuk yang tumbuh/ditanam pada tanah sedimentasi.

Kode	Penutupan	Keterangan
Hrp/2005	Hutan rawa primer	Seluruh kenampakan hutan yang berada pada daerah tergenang air tawar dan di belakang hutan payau yang tidak menampakkan gangguan manusia (bekas penebangan, bekas kebakaran, jaringan jalan dll.), tidak termasuk gangguan alam (banjir, tanah longsor, gempa bumi dll.)
Hrs/20051	Hutan rawa sekunder	Hutan rawa primer yang mengalami gangguan manusia (bekas penebangan, bekas kebakaran, jaringan jalan dll.)
Ht/2006	Hutan Tanaman	Hutan mangrove primer yang mengalami gangguan manusia (bekas penebangan, bekas kebakaran, jaringan jalan dll.), termasuk yang tumbuh/ditanam pada tanah sedimentasi
Pk/2010	Perkebunan	Seluruh kenampakan hasil budidaya tanaman keras yang termasuk kelompok perkebunan, antara lain sawit, karet, kelapa, coklat, kopi, teh.
B/2007	Semak Belukar	Seluruh kenampakan areal/kawasan yang didominasi oleh vegetasi rendah yang berada pada lahan kering
Br/20071	Semak Belukar Rawa	Seluruh kenampakan areal/kawasan yang didominasi oleh vegetasi rendah dan berada pada daerah tergenang air tawar serta di belakang hutan payau.
S/3000	Savana/Padang Rumput	Seluruh kenampakan vegetasi rendah alami dan permanen yang berupa padang rumput.

Kode	Penutupan	Keterangan
Pt/20091	Pertanian Lahan Kering	Seluruh kenampakan hasil budidaya tanaman semusim di lahan kering seperti tegalan dan ladang.
Pc/20092	Pertanian Lahan Kering Campur Semak	Seluruh kenampakan yang merupakan campuran areal pertanian, perkebunan, semak dan belukar
Sw/20093	Sawah	Seluruh kenampakan hasil budidaya tanaman semusim di lahan basah yang dicirikan oleh pola pematang.
Tm/20094	Tambak	Seluruh kenampakan perikanan darat (ikan/udang) atau penggaraman yang tampak dengan pola pematang, biasanya berada di sekitar pantai.
Pm/2012	Pemukiman	Kawasan permukiman, baik perkotaan, perdesaan, industri dan lain-lain.
Tr/20122	Permukiman Transmigrasi	Kawasan permukiman di wilayah transmigrasi
T/2014	Lahan Terbuka	Seluruh kenampakan lahan terbuka tanpa vegetasi, baik yang terjadi secara alami maupun akibat aktivitas manusia (singkapan batuan puncak gunung, puncak bersalju, kawah vulkan, gosong pasir, pasir pantai, endapan sungai, pembukaan lahan serta areal bekas kebakaran).
Tb/20141	Pertambangan	Lahan terbuka yang digunakan untuk aktivitas pertambangan terbuka - open pit (misalnya: batubara, timah, tembaga dll.), serta lahan pertambangan tertutup skala besar yang dapat diidentifikasi dari citra berdasar asosiasi

Kode	Penutupan	Keterangan
		kenampakan objeknya, termasuk <i>tailing ground</i> (penimbunan limbah penambangan)
A/5001	Tubuh Air	Semua kenampakan perairan, termasuk laut, sungai, danau, waduk, terumbu karang, padang lamun dll
Rw/50011	Rawa	Kenampakan lahan rawa (tergenang air tawar serta di belakang hutan payau) yang sudah tidak berhutan
Bdr / Plb / 20121	Bandara / Pelabuhan	Kenampakan bandara dan pelabuhan yang berukuran besar dan memungkinkan untuk didelineasi tersendiri
Aw/2500	Awan	Kenampakan awan dan bayangannya yang menutupi lahan suatu kawasan

2.2. Suhu Permukaan Lahan

Perubahan iklim ditandai oleh peningkatan suhu permukaan bumi atau yang dikenal sebagai pemanasan global akibat yang ditimbulkan dengan perubahan suhu tersebut antara lain adalah perubahan pola air hujan, pola penyinaran. *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* menyimpulkan bahwa, "Pengaruh manusia terhadap sistem iklim jelas. Sangat mungkin (probabilitas 95-100%) bahwa pengaruh manusia adalah penyebab dominan pemanasan global antara 1951-2010" (IPCC, 2014).

Perubahan suhu dari waktu ke waktu diakibatkan pemanasan global. Aktivitas manusia terus berlangsung sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk yang mengakibatkan perubahan penutupan lahan dalam rangka memenuhi kebutuhan karena adanya perkembangan ekonomi yang menuntut ketersediaan lahan. Intensitas penggunaan lahan mencerminkan intensitas kegiatan manusia. Perubahan ini berdampak pada faktor lingkungan, terutama suhu permukaan yang dipengaruhi oleh variasi dan intensitas penggunaan lahan (Hu *et al.*, 2015).

Suhu permukaan dapat diartikan sebagai suhu bagian terluar yang berasal dari suatu obyek. Untuk suatu tanah terbuka, suhu permukaan merupakan suhu pada lapisan terluar permukaan tanah. Sedangkan untuk vegetasi dapat dipandang sebagai suhu permukaan kanopi tumbuhan, dan pada tubuh air merupakan suhu dari permukaan air tersebut. Suhu permukaan merupakan unsur pertama yang dapat diidentifikasi dari citra satelit termal. Dimana dalam *remote sensing* suhu permukaan dapat didefinisikan sebagai suhu permukaan rata-rata dari suatu permukaan, yang digambarkan dalam cakupan suatu piksel dengan berbagai tipe permukaan yang berbeda (Kalfuadi, 2009).

Suhu permukaan lahan atau LST merupakan fenomena penting dalam perubahan iklim global. Seiring meningkatnya kandungan gas rumah kaca di atmosfer, maka suhu permukaan lahan juga akan meningkat. Suhu permukaan lahan termasuk salah satu parameter kunci keseimbangan energi pada permukaan dan merupakan variabel klimatologis yang utama. Suhu permukaan lahan mengendalikan fluks energi gelombang panjang yang melalui atmosfer. Besarnya suhu permukaan lahan atau LST bergantung pada kondisi parameter permukaan lainnya, seperti *albedo*, kelembaban permukaan dan penutupan serta kondisi vegetasi (Guntara, 2015).

Informasi LST tersedia dari serangkaian sensor satelit yang mencakup berbagai citra dari permukaan bumi. Dibandingkan dengan suhu udara yang diperoleh dari stasiun klimatologis, citra termal memberikan cakupan spasial penuh pada berbagai skala temporal (Myint *et al.*, 2013). Selama ini perolehan data suhu dilakukan dengan menggunakan alat termometer yang dipasang di permukaan tanah untuk mendapatkan nilai suhu permukaan tanah. Suhu dapat pula diukur dengan menggunakan termometer yang dipasang di dalam sangkar cuaca untuk mendapatkan suhu udara permukaan. Data suhu tersebut masih bersifat lokal dan setempat. Oleh karena itu, untuk mendapatkan data suhu yang bersifat lebih regional diperlukan data suhu yang dikumpulkan dari beberapa stasiun cuaca (Prasasti *et al.*, 2007).

Pengumpulan data suhu dari beberapa stasiun cuaca mengurangi ketelitian data. Selain itu, pengolahan data tersebut akan memakan banyak waktu jika tidak

ada moda pengiriman atau transmisi data secara *real time* antar stasiun cuaca. Oleh karena itu, pengumpulan data LST akan jauh lebih mudah jika menggunakan data satelit penginderaan jauh, di antara kelebihanannya adalah ruang lingkup yang diamati cukup luas dan daerah yang mungkin sulit dijangkau serta keefektifan waktu. Data atau citra dari satelit penginderaan jauh diolah dengan berbagai koreksi untuk mendapatkan hasil yang layak. Data satelit tersebut harus diolah menggunakan berbagai formula yang sesuai untuk dapat menurunkan nilai suhu permukaan tanah yang baik (Guntara 2015). Citra Landsat 8 dapat diolah dengan pemrosesan citra digital untuk mendapatkan informasi suhu permukaan tanah. Informasi suhu permukaan tanah dapat diturunkan dari Landsat 8 melalui dua salurannya yaitu band 10 dan band 11. Instrumen *thermal infrared sensor* (TIRS) adalah salah satu muatan utama pada satelit ini yang dapat mengamati permukaan daratan dengan menggunakan saluran inframerah termal *split-window* pada resolusi 100 m (Du *et al.*, 2015).

2.2.1 Perhitungan Suhu Permukaan Lahan

Dalam penginderaan jauh, temperatur permukaan tanah dapat didefinisikan sebagai suatu permukaan rata-rata dari suatu permukaan, yang digambarkan dalam cakupan suatu piksel dengan berbagai tipe permukaan yang berbeda (Delarizka *et al.*, 2016). Secara umum ada beberapa tahapan untuk menghitung suhu permukaan lahan yang dimana tahapan tersebut dilakukan dengan menggunakan berbagai perangkat lunak sistem informasi geografis, berikut tahapan yang dilakukan dalam menghitung suhu permukaan lahan.

Konversi Digital Number (DN) menjadi spectral radiance ($L\lambda$)

Konversi *Digital Number* (DN) menjadi nilai spektral radian menggunakan informasi yang disediakan oleh band thermal Landsat 8 OLI Band 10 dengan persamaan rumus (Sejati *et al.*, 2019);

$$L\lambda = MLQ_{cal} + AL$$

Keterangan: $L\lambda$ = TOA *Spectral Radiance*,
 ML = *Band-specific multiplicative*
 AL = *Band-specific additive*

Qcal= Digital Number.

Konversi Spectral Radiance ($L\lambda$) menjadi Brightness Temperature

Estimasi suhu permukaan dari data *thermal*, data digital piksel citra, terlebih dahulu dikonversi ke *radiance* menggunakan data kalibrasi sensor (Wiweka, 2014);

$$T_b = \frac{k_2}{\ln\left(\frac{k_1}{L\lambda} + 1\right)}$$

Keterangan: T_b = *Brightness temperature* (K)

$L\lambda$ = TOA radiansi spektral (Watts / (m² * srad * μ m))

K_1 = Konstanta kalibrasi saluran thermal

K_2 = Konstanta kalibrasi saluran thermal

Perhitungan Nilai NDVI

Analisis kerapatan vegetasi menggunakan teknik NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dilakukan untuk mengetahui kondisi vegetasi di daerah tertentu. Perhitungan nilai ditujukan untuk perhitungan nilai emisivitas permukaan lahan (ϵ) (Skoković, *et al.*, 2014).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Keterangan: NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*

NIR = *Near Infra-Red Band* (Band 5)

RED = *Red Band* (Band 4)

Perhitungan Emisivitas Permukaan Tanah

Emisivitas ditentukan oleh jenis obyeknya, dan merupakan energi relatif suatu permukaan dalam memancarkan panas. Nilai emisivitas dipengaruhi oleh kehijauan vegetasi yang diperoleh dari transformasi indeks vegetasi seperti *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Nilai NDVI positif umumnya merupakan area vegetasi yang lebat, sedangkan nilai negatif mengindikasikan area tanpa vegetasi dengan emisi tinggi.

Menurut Akher & Chattopadhyay, (2017) nilai emisivitas dapat dihitung dari NDVI, dengan rumus sebagai berikut:

$$P_v = ((NDVI - NDVIMin) / (NDVIMax - NDVIMin))$$

$$\varepsilon = 0.004P_v + 0.986$$

Keterangan: P_v = *Proportion of vegetation*
 $NDVIMax$ = Nilai indeks vegetasi maksimum
 $NDVIMin$ = Nilai indeks vegetasi minimum
 ε = Nilai emisivitas

Tabel 2. Kelas Nilai NDVI dan Emisivitas Permukaan Lahan.

NDVI	Emisivitas permukaan lahan (ε)
$NDVI < -0.185$	0.995
$-0.185 \leq NDVI < 0.157$	0.985
$0.157 \leq NDVI \leq 0.727$	$1.009 + 0.047 \times \ln(NDVI)$
$NDVI > 0.727$	0.990

Sumber: Khaeruddin (2017).

Perhitungan Land Surface Temperature

Suhu permukaan tanah atau *Land Surface Temperature* (LST) merupakan keadaan yang dikendalikan oleh keseimbangan energi permukaan, atmosfer, sifat termal dari permukaan, dan media bawah permukaan tanah. Suhu permukaan suatu wilayah dapat diidentifikasi dari citra satelit Landsat yang diekstrak dari band termal (Delarizka *et al.*, 2016). Metode perhitungan LST dilakukan dengan menggunakan rumus;

$$LST = \frac{T_b}{1 + \left(\lambda \times \frac{T_b}{\rho}\right) \ln(\varepsilon)} - 273$$

Keterangan: LST = *Land Surface Temperature*
 T_b = *Temperature Brightness*
 λ = Panjang gelombang radian yang dipancarkan ($\lambda = 11.5 \mu m$)
 ρ = $h c / \sigma$ (1.438×10^2 mK)
 h = Konstanta Planck (6.26×10^{-34} Js)
 c = Kecepatan Cahaya (2.998×10^8 m/s⁻¹)
 σ = Konstanta Stefan–Boltzmann's (1.38×10^{-23} J/K⁻¹)

ε = Emisivitas permukaan

273,15 = Nilai Konversi Kelvin (°K) ke Celcius (°C)

2.3 Penginderaan Jauh dan Citra Landsat

2.3.1 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan seni dan ilmu teknologi dalam memperoleh informasi mengenai objek atau fenomena yang ada di permukaan bumi yang direkam dengan alat tertentu berupa sensor tanpa adanya kontak langsung dengan objek, wilayah, atau fenomena yang ingin dikaji (Komarudin, 2017). Tujuan dari penginderaan jauh adalah untuk memperoleh data dan informasi dalam bentuk citra foto dan nonfoto dari berbagai objek yang ada di permukaan bumi yang direkam atau digambarkan oleh alat pengindera buatan (sensor). Dasar-dasar interpretasi penginderaan jauh merupakan pengetahuan dasar yang harus dikuasai sebelum mempelajari dan melakukan interpretasi foto maupun non-foto dalam berbagai bidang apapun (Yusuf & Rijal, 2001). Penginderaan jauh merupakan pengkajian atas informasi mengenai daratan dan permukaan air bumi dengan menggunakan citra yang diperoleh dari sudut pandang atas (*overhead perspective*), menggunakan radiasi elektromagnetik dalam satu beberapa bagian dari spektrum elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi. Dengan demikian dapat diartikan, penginderaan jauh sebagai salah satu aplikasi untuk mempelajari informasi permukaan bumi (Handayani & Setiyadi, 2003).

Penginderaan jauh merupakan aktivitas untuk dapat mengidentifikasi, dan menganalisis objek atau kenampakan dengan menggunakan sensor pada posisi pengamatan daerah kajian (Avery, 1985 ; Yusuf & Rijal, 2001). Sensor yang dimaksud dalam batasan ini adalah alat pengindera seperti kamera, alat penyiam (*scanner*), dan alat radiometer yang masing-masing dilengkapi dengan detektor di dalamnya. Informasi yang ditangkap oleh sensor untuk analisis data digital dalam bentuk angka. Satuan terkecil di lapangan yang mempunyai satuan nilai tertentu disebut picture element atau sering disebut piksel. Pada citra Landsat misalnya, besarnya piksel adalah 30 m x 30 m. Piksel mempunyai nilai refleksi tertentu, perbedaan nilai tiap piksel inilah yang digunakan untuk mengenali tiap objek. Nilai reflek ini seperti nomor registrasi piksel, sedangkan nilai karakteristik objek merupakan nilai

perbandingan antara pantulan dan tenaga yang jatuh pada objek dalam bentuk persentase. Tingkat refleksi ini dapat dibedakan dari bilangan 0 hingga 127, nilai 0 untuk objek yang gelap dan 127 untuk objek yang benar-benar cerah (Yusuf & Rijal, 2001).

Penggunaan citra landsat dalam melihat penutupan lahan saat ini sudah banyak digunakan. Penggunaan citra landsat dinilai efektif dalam pemantauan penutupan lahan dengan kemampuannya menyediakan informasi mengenai keragaman spasial di permukaan bumi dengan cepat, luas, tepat, serta mudah (Arifin *et al.*, 2018). Selain itu dapat dimanfaatkan juga dalam memperoleh informasi suhu permukaan lahan pada suatu daerah melalui nilai *brightness temperature* yang dihitung dari band 10 dan band 11 pada sensor TIRS citra landsat 8 serta nilai LSE (*land surface emissivity*) yang dihitung dari band 4 dan band 5 pada sensor OLI citra Landsat 8 (Guntara, 2015).

2.3.2 Citra Landsat

Satelit landsat merupakan satelit yang digunakan untuk memantau sumber daya yang ada di bumi. Satelit ini merupakan hasil kerjasama antara *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) dengan *Departement of Interior United State* pada pertengahan tahun 1960-an. Landsat sebelumnya bernama *Earth Resources Technology Satellite* (ERTS-1) yang diluncurkan pada tanggal 23 Juli 1972 dengan tujuan memberikan gambaran menyeluruh tentang permukaan bumi.(Bakry, 2011).

Program Landsat merupakan satelit tertua dalam program observasi bumi. Landsat dimulai tahun 1972 dengan satelit Landsat-1 yang membawa sensor MSS multispektral. Kemudian berkembang seiring dengan zaman yang mana sudah sampai pada Landsat 8. Citra landsat memiliki banyak fungsi serta kegunaan seperti untuk pemetaan penutupan lahan, pemetaan penggunaan lahan, pemetaan geologi, pemetaan suhu permukaan laut dan lain-lain. Untuk pemetaan penutupan dan penggunaan lahan dapat memilih data Landsat TM karena terdapat band infra merah menengah. Landsat TM adalah satu-satunya satelit non-meteorologi yang mempunyai band inframerah termal. Data thermal diperlukan untuk studi proses-

proses energi pada permukaan bumi seperti variabilitas suhu tanaman (Suwargana, 2013).

Landsat 8 merupakan satelit generasi kedelapan dari program Landsat dan merupakan jenis satelit yang berfungsi untuk observasi bumi. Landsat 8 atau juga disebut *Landsat Data Continuity Mission* (LDCM) merupakan hasil kerjasama antara *The National Aeronautics and Space Administration* (NASA) dan *United States Geological Survey* (USGS) yang diluncurkan pada 11 Februari 2013 dan mulai menyediakan produk citra *open-access* pada 30 Mei 2013 (NASA, 2018).

Program Landsat 8 menyediakan data multispektral beresolusi menengah yang diakuisisi secara repetitif dari permukaan bumi secara global. Data Landsat 8 dapat diunduh secara gratis dari laman <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

Tabel 3. Kanal Landsat 8 OLI/TIRS

Kanal	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial (m)	Fungsi
Operational Land Imager (OLI)			
Band 1- <i>Coastal Aerosol</i>	0,435-0,451	30	Studi terkait daerah pesisir dan aerosol seperti debu dan asap pada atmosfer
Band 2-Biru	0,452-0,512		Pemetaan batimetri dan membedakan antara tanah dan vegetasi
Band 3-Hijau	0,533-0,590		Mempertegas warna vegetasi untuk mengetahui kesehatan tanaman
Band 4-Merah	0,636-0,673		Membedakan tingkat kemiringan vegetasi
Band 5- <i>Near Infrared</i>	0,851-0,879	30	Mempertegas kadar biomassa dan garis pantai
Band 6- <i>Short Wave Infrared</i> (SWIR) 1	1,566-1,651		Membedakan kadar lengas antara tanah dan vegetasi ; menembus awan tipis
Band 7- <i>Short Wave Infrared</i> (SWIR) 2	2,107-2,294		Meningkatkan perbedaan kadar lengas tanah dan vegetasi serta penembusan awan tipis

Kanal	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial (m)	Fungsi
Band 8-Pankromatik	0,503-0,676	15	Mempertajam tampilan citra Meningkatkan deteksi awan Cirrus
Band 9-Cirrus	1,363-1,384	30	Meningkatkan deteksi awan Cirrus
<i>Thermal Infrared Sensor (TIRS)</i>			
Band 10-TIRS 1	10,60-11,19	100	Pemetaan suhu permukaan dan perhitungan kelembaban tanah
Band 11-TIRS 2	11,50-12,51		Meningkatkan deteksi suhu permukaan dan kelembaban tanah

Sumber : (U.S. Geological Survey, 2019).

Satelit Landsat 8 dirancang untuk diorbitkan pada ketinggian 705 km dengan inklinasi 98.2°, memiliki resolusi temporal 16 hari, ukuran scene yang dihasilkan 170 × 183 km dengan resolusi spasial 15 – 100 m. Satelit membawa dua buah sensor yaitu *Operational Land Imager (OLI)* dan *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* (U.S. Geological Survey, 2019). Terkait dengan suhu permukaan akan menggunakan band 10 (*Thermal Infrared Sensor*). Band 10 ini bisa membedakan bagian permukaan bumi yang mempunyai perbandingan intensitas suhu pada suatu permukaan (Pradana *et al.*, 2020).

2.3.3 Interpretasi Citra

Interpretasi citra merupakan kegiatan mengkaji foto udara dan atau citra dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti pentingnya objek tersebut (Estes dan Simonett, 1975). Interpretasi citra penginderaan jauh dapat dilakukan dengan dua cara yaitu interpretasi secara manual dan interpretasi secara digital (Purwadhi, 2001; Arsy, 2010). Pengolahan data secara digital yang dimaksud adalah proses klasifikasi sebagai salah satu tahapan pada interpretasi. Dalam melakukan klasifikasi, metode yang dapat dilakukan adalah *supervised* dan *unsupervised classification* (Komarudin, 2017).

Klasifikasi tidak terbimbing (*unsupervised*) dilakukan dengan mengelompokkan piksel pada citra menjadi beberapa kelas hanya berdasarkan pada perhitungan statistik tertentu tanpa menentukan sampel piksel (*training*) yang digunakan oleh komputer sebagai acuan untuk melakukan klasifikasi. Identifikasi ulang dilakukan dengan membandingkan citra hasil koreksi untuk menghasilkan klasifikasi yang lebih sedikit (penggabungan kelas/*merging*) sesuai dengan klasifikasi yang dibutuhkan pada skala hasil. Pada proses interpretasi ulang ini dibantu secara visual menggunakan citra komposit warna atau data hasil kerja lapangan sebagai dasar penggabungan kelas. Algoritma yang disarankan digunakan dalam klasifikasi tidak terbimbing adalah *isodata classification* (Komarudin, 2017).

Klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) merupakan proses pengelompokkan piksel pada citra menjadi beberapa kelas tertentu dengan berdasarkan pada statistik sampel piksel (*training*) atau *region of interest* ditentukan oleh pengguna sebagai piksel acuan yang selanjutnya digunakan oleh komputer sebagai dasar melakukan klasifikasi. Sampel piksel yang baik memiliki rerata keterpisahan yang baik antar tiap kelasnya yang ditunjukkan oleh nilai indeks separabilitas (*separability index*) (Richards, 1999).

Interpretasi secara visual (manual) dilakukan terhadap data penginderaan jauh yang berdasarkan pada pengenalan ciri/karakteristik objek secara keruangan. Karakteristik objek dapat dikenali berdasarkan 9 unsur interpretasi yaitu bentuk, ukuran, pola, bayangan, rona/warna, tekstur, situs, asosiasi dan konvergensi bukti. Tahapan yang dilakukan pada interpretasi secara visual adalah dengan menggunakan teknik kombinasi RGB. RGB yang digunakan disesuaikan dengan informasi yang diinginkan (Komarudin, 2017)

Tabel 4. Penggunaan Kombinasi Band pada Landsat 8.

Aplikasi	Kombinasi Band (RGB)
<i>Natural Color</i>	4 3 2
<i>False Color</i>	7 6 4
<i>Color Infrared</i>	5 4 3
<i>Agriculture</i>	6 5 2

Aplikasi	Kombinasi Band (RGB)
<i>Atmospheric Penetration</i>	7 6 5
<i>Healthy Vegetation</i>	5 6 2
<i>Land Water</i>	5 6 4
<i>Natural With Atmospheric Removal</i>	7 5 3
<i>Shortwave Infrared</i>	7 5 4
<i>Vegetation Analysis</i>	6 5 4

Sumber: <http://blogs.esri.com/esri/arcgis/band-combination-for-landsat-8/>

2.4 Google Earth Engine

Kemampuan komputasi telah meningkat pesat dalam beberapa tahun terakhir, instrumen komputasi yang canggih untuk mendukung investigasi dan analisis penginderaan jauh sangat diperlukan. Google Earth Engine (GEE) adalah instrumen komputer dengan jutaan servernya di seluruh dunia, dan kemampuan komputasi awan terkini, yang dapat digunakan untuk melakukan analisis penginderaan jauh. GEE telah mengarsipkan katalog besar data observasi bumi (EO), dan memungkinkan ilmuwan dan peneliti untuk memanfaatkan triliunan citra satelit yang ada di *cloud computing* (Dong *et al.*, 2016).

Pengolahan citra satelit penginderaan jauh berbasis *cloud* memiliki keuntungan salah satunya tidak memerlukan penyimpanan yang besar. Platform ini menyediakan *database* citra *open source* di seluruh dunia, dimana data tersebut dapat diakses pengguna secara *real-time* (Prayogo, 2021). Menurut Gorelick *et al.*, (2017), Google Earth Engine (GEE) merupakan platform yang disediakan oleh *US Geological Survey* dan NOAA yang dapat melakukan komputasi dan pemrosesan data dengan cepat. Terdapat berbagai fungsi untuk pemrosesan citra pada platform ini diantaranya analisis statistika, deteksi tepi, analisis nilai bit citra dan pengujian matrik.

Teknik ini sudah berkembang pesat selama beberapa tahun belakangan dan mengubah cara pandang terhadap data satelit. Selain Google Earth Engine (GEE)

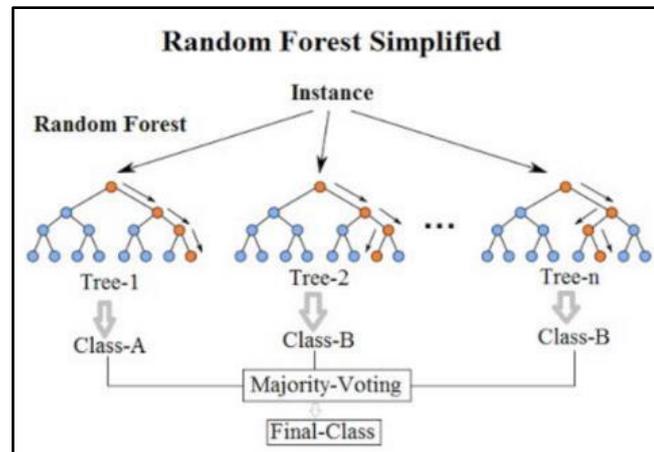
yang berasal dari Amerika Serikat, Uni Eropa dengan program Copernicusnya juga membuat aplikasi serupa yang memungkinkan komputasi berbasis awan (Bereta *et al.*, 2019). Terdapat lima platform yang ditawarkan oleh Copernicus untuk mengolah data citra satelit, kesemuanya berbasis *cloud computing*. Lima platform ini yaitu: *Creodias*, *Sobloo*, *Mundi*, *Onda*, dan *Weegeo* (Filchev *et al.*, 2018). Namun dibandingkan dengan kelima platform ini, Google Earth Engine (GEE) masih lebih banyak digunakan karena forumnya yang hidup dan publikasi menggunakan Google Earth Engine sudah cukup banyak. Dengan basis kode pemrograman, pengguna dapat dengan mudah memodifikasi program sesuai dengan keinginan. Pengguna juga dapat berbagi kode yang dimiliki, atau memodifikasi kode yang dibagikan pengguna lain (Ar-Rahiem *et al.*, 2019).

Hadirnya platform bernama Google Earth Engine (GEE) bisa menjadi solusi dalam menjawab tantangan dalam pemetaan penutup lahan untuk wilayah yang luas. Ketika dibandingkan dengan platform pengolahan data spasial yang lain, GEE mempunyai kelebihan seperti akses data yang sangat besar dan pengolahan data berbasis *cloud*, sehingga proses analisis *geo big* data dapat dilakukan tanpa menggunakan komputer yang memiliki spesifikasi tinggi (Tamiminia *et al.*, 2020). Pemrosesan data di GEE juga sangat praktis sehingga kita dengan mudah mendapatkan data citra yang bebas awan (Mateo-García *et al.*, 2018), apalagi GEE juga memiliki beberapa metode *machine learning* untuk analisis citra seperti *Random forest*, *CART* dan sebagainya.

2.4.1 Random Forest Algoritma

Algoritma *Random Forest* merupakan metode yang berasal dari ansambel pohon keputusan, yang terdiri atas sejumlah besar pohon. Bagian khususnya adalah penggunaan sampel acak dengan penggantian dari data latihan saat membangun setiap pohon individu (Zhang *et al.*, 2021). Algoritma *Random Forest* menghasilkan banyak pohon keputusan yang digunakan dasar *Majority Vote*. *Majority Vote* digunakan untuk menentukan kelas label dioutput. Keunggulan dari algoritma *Random Forest* ini adalah sangat efektif dalam menghadapi masalah *overfitting*, karena *tree* atau *classified* yang dihasilkan oleh *Random Forest* dipetakan secara *random*, sehingga tidak akan berpengaruh oleh *overfitting*. Cara kerja dari

algoritma *Random Forest* itu sendiri dapat digambarkan sebagai berikut (Marlina, 2022) :



Gambar 1. Cara Kerja Random Forest Algoritma.

Random Forest membentuk sejumlah subset dari data saat data dimasukkan dalam beberapa iterasi. Pada setiap iterasi, subset pertama membentuk pohon sendiri (pohon pertama), subset kedua membentuk pohon kedua, dan pola ini berlanjut sesuai dengan iterasi yang dijalankan. Setiap pohon ini mengidentifikasi kelas-kelas yang berbeda (kelas A, kelas B), dan kemudian dilakukan pemilihan mayoritas (*majority vote*) dari hasil pohon-pohon tersebut untuk menghasilkan (*final class*) atau kelas akhir (Marlina, 2022).