

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penginderaan Jauh

Menurut Syah (2020), penginderaan jauh atau *remote sensing* merupakan ilmu dan seni dalam memperoleh informasi terkait objek, area, maupun gejala melalui proses analisis data yang diperoleh dengan memanfaatkan alat tanpa berhubungan langsung dengan objek, area, atau gejala yang diteliti. Setiap metode atau teknologi mempunyai kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Hal serupa juga terjadi pada teknologi penginderaan jauh. Oleh karena itu, penggunaan teknologi ini harus disesuaikan dengan tujuannya.

Teknologi penginderaan jauh merupakan alternatif yang sangat menguntungkan bila digunakan di negara dengan wilayah yang sangat luas seperti Indonesia. Manfaat penggunaan teknologi penginderaan jauh antara lain:

1. Citra menggambarkan objek, area, atau fenomena di permukaan bumi, bentuk dan letak objek tersebut menyerupai dengan yang ada di permukaan bumi, relatif lengkap dan permanen, serta mencakup wilayah yang sangat luas.
2. Sifat kasat mata suatu objek dapat diwujudkan dalam bentuk citra sehingga objek tersebut dapat dikenali.
3. Jumlah data yang dapat diambil pada satu titik pengumpulan data sangat besar sehingga tidak dapat ditandingi dengan cara lain.
4. Data dapat dikumpulkan secara berulang-ulang pada suatu wilayah yang sama, sehingga analisis data dapat didasarkan pada perubahan temporal dan spasial.
5. Dapat membuat citra secara akurat bahkan di area yang sulit dieksplorasi di lapangan.
6. Hanya dengan cara ini dapat dibuat peta wilayah bencana.
7. Masa pembuatan gambar relatif singkat.

Selain kelebihan-kelebihan yang ditawarkan pada teknologi penginderaan jauh tentunya terdapat kekurangan yang dimiliki dalam teknologi penginderaan jauh. Kekurangan tersebut antara lain yaitu

1. Tidak semua parameter wilayah laut dan pesisir dapat dideteksi dengan teknologi penginderaan jauh. Hal ini disebabkan karena gelombang elektromagnetik mempunyai kemampuan yang terbatas dalam membedakan suatu benda. Ia tidak dapat menembus benda padat yang tidak transparan, dan daya tembusnya terbatas pada air.

2. Karena keterbatasan gelombang elektromagnetik dan jauhnya jarak antara sensor dan objek yang diamati, maka keakuratan datanya lebih rendah dibandingkan metode pengumpulan data lapangan (*survei in-situ*).

2.2 Landsat 8

Satelit *landsat 8* mempunyai sensor *Onboard Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) dengan jumlah band sebanyak 11 band. Dari band-band tersebut, 9 band (band 1-9) terdapat di OLI dan 2 band lainnya (band 10 dan 11) berada pada TIRS. Sebagian besar band memiliki spesifikasi yang menyerupai dengan satelit *landsat 7*. Sebenarnya *landsat 8* lebih tepat jika disebut sebagai satelit dengan misi untuk melanjutkan *landsat 7* dari pada disebut sebagai satelit baru dengan spesifikasi yang baru pula. Ini terlihat dari karakteristiknya yang menyerupai dengan *landsat 7*, baik dalam hal resolusinya (spasial, temporal, spektral), cara koreksi, ketinggian terbang maupun karakteristik sensor yang dimiliki. Hanya saja terdapat beberapa tambahan yang disempurnakan dari *landsat 7* seperti jumlah kanal, rentang spektrum gelombang elektromagnetik terendah yang dapat ditangkap sensor serta nilai bit (rentang nilai *Digital Number*) dari tiap piksel citra. Seperti yang dijelaskan oleh USGS, satelit *landsat 8* terbang pada ketinggian 705 km dari permukaan bumi dan memiliki area tangkapan seluas 170 km x 183 km (mirip dengan *landsat* versi sebelumnya) (Purwanto, 2015).

2.3 Sentinel 5P

Copernicus Sentinel-5P adalah hasil kolaborasi antara ESA, Komisi Eropa, Kantor Luar Angkasa Belanda, industri, pengguna data, dan ilmuwan. Misi tersebut terdiri dari satu satelit yang membawa instrumen *TROPOspheric Monitoring Instrument* (TROPOMI). TROPOMI merupakan *spektrometer* pencitraan yang mencakup rentang spektral dari *ultraviolet* hingga pita yang terlihat (*visible*) dan inframerah dekat (*near-infrared*) yaitu UVN (US-VIS-NIR) dan SWIR (gelombang pendek inframerah) sekitar 2,3 μm . *Sentinel-5P* memiliki resolusi spasial 5.5 x 3.5 km dengan satuan unit mol/m^2 yang mana tujuan utama misi *Copernicus Sentinel-5P* adalah untuk melakukan pengukuran atmosfer dengan resolusi *spatio-temporal* tinggi, yang akan digunakan untuk kualitas udara, radiasi ozon & UV, serta pemantauan & prakiraan iklim (Fahmi, 2023).

Produk data *Sentinel-5P* dibagi menjadi tiga tingkatan dalam pemrosesan data yaitu:

1. *Level-0* berisi *Instrument Source Packets* (ISP) atau paket sumber instrumen yang ditampilkan berdasarkan waktu. Namun produk *level-0* tidak bisa diakses oleh publik/pengguna karena data tersebut diarsipkan.

2. *Level-1B* memuat data berupa pancaran bumi *Top Of Atmosphere* (TOA), letak geografis atau *geo-located*, dan sudah terkoreksi secara *radiometrik*. Yang termasuk dalam produk *Level-1B* yaitu, *Radiance UV*, *Radiance NIR*, *Radiance SWIR* dan *Irradiance*.
3. *Level-2* terdiri dari data besaran geofisika yang diperoleh dari pemrosesan data pengukuran yang disediakan produk *Level-1B*.

2.4 *Sentinel-2A*

Sentinel-2A merupakan hasil kolaborasi antara ESA, *European Comission*, perusahaan industri, perusahaan *providers* dan pengguna data. Misi untuk peluncuran satelit *Sentinel-2A* telah dirancang dan dibangun oleh sebuah konsorsium yang terdiri dari 60 perusahaan yang dipimpin oleh *Airbus Defence and Space*, dan didukung oleh Badan Antariksa Prancis (CNES) untuk mengoptimalkan kualitas gambar dan dibantu oleh badan antariksa DLR *German Aerospace center* untuk memperbaiki pemulihan data menggunakan komunikasi optik. Dengan citra multispektral dan cakupan yang sangat luas, misi *Sentinel-2A* tidak hanya menawarkan keberlangsungan namun juga memperluas misi dari satelit *French Spot* dan US *Landsat*. Satelit *Sentinel-2A* menghasilkan citra optik multispektral yang mempunyai 13 *band*, yang mana dibagi kebeberapa spektrum *visible*, *near infrared*, *shortwave infrared*. Dimana resolusi spasial dari satelit *Sentinel-2A* adalah 4 *band* dengan resolusi 10 m, 6 *band* dengan resolusi 20 m dan 3 *band* lainnya dengan resolusi 60 m. Sedangkan luas sapuan dari satelit *Sentinel-2A* adalah 290 km, selain itu satelit *Sentinel-2A* dapat diperoleh secara gratis (Sinaga, 2018).

(sumber : ESA, 2015)

<i>Band</i>	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial (m)
<i>Band 1 – Coastal Aerosol</i>	0,443	60
<i>Band 2 – Blue</i>	0,490	10
<i>Band 3 – Green</i>	0,560	10
<i>Band 4 – Red</i>	0,665	10
<i>Band 5 - Vegetation Red Edge</i>	0,705	20
<i>Band 6 - Vegetation Red Edge</i>	0,740	20
<i>Band 7 - Vegetation Red Edge</i>	0,783	20
<i>Band 8 – NIR</i>	0,842	10
<i>Band 8A - Vegetation Red Edge</i>	0,865	20
<i>Band 9 - Water Vapour</i>	0,945	60
<i>Band 10 - SWIR – Cirrus</i>	1,375	60
<i>Band 11 – SWIR</i>	1,610	20

Band 12 – SWIR	2,190	20
----------------	-------	----

Tabel 2. 1 Band Sentinel 2

2.5 Google Earth Engine

Pada tanggal 2 Desember 2010, *google* membuat sebuah teknologi yang diberi nama *Google Earth Engine* (GEE). GEE merupakan *platform* pengolahan citra satelit berbasis komputasi awan (*cloud computation*). *Platform* analisis geospasial ini memberikan data citra satelit yang dapat digunakan secara *online* dan gratis, sehingga para pengguna dapat melakukan berbagai macam analisis di permukaan bumi secara *real time*. GEE memungkinkan pengguna untuk melakukan pengolahan citra satelit ter-georeferensi yang tersimpan pada arsip (*cloud*) GEE dengan menerapkan suatu algoritma untuk menjalankannya.

Google Earth Engine selanjutnya akan disingkat dengan GEE adalah *platform* dari *google* yang mampu melakukan pengolahan informasi geospasial. GEE berbeda dengan *Google Earth*. Jika pada *Google Earth*, pengguna akan diajak untuk melakukan eksplorasi bumi dan seisinya seperti kegiatan tur atau wisata, maka pada GEE, pengguna dapat melakukan pengolahan informasi yang berbentuk citra penginderaan jauh untuk mengekstraksi informasi berbasis spasial mengenai apa yang terjadi atau apa yang berubah di muka bumi.

Informasi yang terdapat pada GEE adalah informasi yang sebetulnya memang *open access/free get to* dari sumber aslinya. Hanya saja, jika pada sumber aslinya kita harus mengunduh informasi tersebut terlebih dahulu untuk kemudian diproses pada desktop maka pada GEE informasi tersebut tidak perlu diunduh, langsung dapat ditampilkan, dan dapat diolah hingga tercapainya tujuan akhir pengolahan (Rijal, 2020).

Data geospasial seperti citra satelit dapat digunakan secara luas di dalam *platform* GEE diantaranya citra *landsat collection*, citra *Sentinel-1* dan *Sentinel-2*, MODIS, dll. *Platform* GEE juga menyediakan data cuaca dan geofisis serta data *Enhanced Vegetation Index* (EVI) dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) yang mana dapat langsung digunakan. Terdapat 2 jenis bahasa yang dapat digunakan di GEE, yaitu *Javascript* dan *Python*. Kedua bahasa pemrograman tersebut disediakan oleh GEE sebagai alat untuk pengguna menggunakan dan mengeksekusi di *platform webpage* GEE (Novianti, 2021).

2.6 Tutupan Lahan

Penutupan lahan merupakan wujud fisik suatu objek yang menutupi daratan tanpa memperhitungkan aktivitas manusia pada objek tersebut. Dengan kata lain tutupan lahan menggambarkan material yang terlihat di permukaan bumi (Lillesand dan Kiefer, 2008). Tutupan lahan memberikan gambaran terkait sebuah kondisi secara sosial dan alami dari suatu wilayah, sehingga dapat menyediakan informasi

yang penting untuk dapat memahami berbagai hal terkait fenomena yang ada di permukaan bumi. Tutupan lahan juga memiliki peran penting dalam berbagai hal seperti studi perubahan iklim yang digunakan untuk memahami hubungan yang kompleks antara kegiatan manusia dan perubahan yang terjadi di bumi secara global (Novianti, 2021). Aktivitas manusia yang selalu memanfaatkan lahan, mendorong terjadinya perubahan tutupan lahan yang memberikan dampak langsung terhadap tanah, air, atmosfer dan isu kepentingan lingkungan global lainnya. Deforestasi dalam skala besar di daerah tropis berubah menjadi lahan pertanian merupakan salah satu gambaran dari perubahan tutupan lahan yang memberikan dampak besar terhadap keanekaragaman hayati, tanah, degradasi dan kemampuan bumi untuk membantu kebutuhan manusia (Lambin dkk., 2003).

Berdasarkan sistem klasifikasi tutupan lahan dan kesetaraan data penginderaan jauh dengan pemetaan, maka tingkat dan kuantitas tutupan lahan disesuaikan dengan kemampuan data penginderaan jauh. Penentuan kelas penutup lahan sebaiknya berpedoman pada SNI 7645:2010 Klasifikasi penutup lahan yang disajikan pada tabel 2.2.

NO	Tingkat 1 Resolusi Rendah	Tingkat 2 Resolusi Menengah	Tingkat 3 Resolusi Tinggi
1.	Air	1. Perairan Laut	1. Air Laut Dalam 2. Air Laut Dangkal
		2. Perairan Darat	1. Danau 2. Waduk 3. Setu 4. Rawa 5. Tambak 6. Sungai
2.	Vegetasi	1. Hutan	1. Hutan Lahan Basah 2. Hutan Lahan Kering 3. Belukar/Semak
		2. Perkebunan	1. Perkebunan Industri 2. Perkebunan Campuran
		3. Pertanian	1. Sawah 2. Tegalan/Ladang
3.	Tanah	1. Lahan Terbangun	1. Permukiman Kota 2. Permukiman Desa 3. Fasilitas Umum
		2. Lahan Terbuka	1. Pasir

			2. Galian Tambang
			3. Endapan Lahar
			4. Batuan
			5. Gosong

Tabel 2. 2 Kelas Penutup Lahan

2.7 Klasifikasi Tutupan Lahan

Klasifikasi citra digital dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi kenampakan spektral objek yang dapat dilakukan dengan dasar pola spektral. Pola objek yang dimaksud dalam penginderaan jauh adalah susunan keruangan merupakan ciri (karakteristik) yang menandai berbagai objek (bentukan manusia atau artifisial dan alamiah). Contoh pola perkotaan, permukiman transmigrasi, pola aliran sungai, dan lain-lain. Pengenalan pola spektral dilakukan dengan cara klasifikasi. Tujuan pengenalan pola (*pattern recognition*) secara teknik untuk mengklasifikasi dan mendeskripsikan pola atau susunan objek melalui sifat atau ciri objek berdasarkan karakteristik spektral yang terekam pada citra. Pengenalan pola spektral (*spectral pattern recognition*) adalah mengevaluasi informasi objek berdasarkan ciri spektral citra penginderaan jauh. Pengenalan pola spektral dilakukan dengan bantuan komputer, agar Informasi spektral dapat dievaluasi secara kuantitatif.

Pengenalan pola spektral sebagai dasar interpretasi citra digital menggunakan dasar pola tanggapan spektral setiap objek di permukaan bumi. Klasifikasi citra secara digital bertujuan untuk melakukan kategorisasi secara otomatis dari semua *pixel* citra ke dalam kelas penutup lahan atau suatu tema tertentu. Secara umum data *multispektral* boleh dikatakan menggunakan bentuk klasifikasi pola spektral data untuk kategorisasi setiap *pixel* berbasis numerik. Perbedaan tipe kenampakan menunjukkan perbedaan kombinasi dasar nilai digital *pixel* pada sifat pantulan (reflektansi) dan pancaran (emisi) spektral yang dimilikinya, dan harus diingat bahwa pola spektral tidak semuanya sesuai dengan karakter geometrik. Bentuk pola cukup berhubungan dengan ukuran radian yang diperoleh dari setiap *pixel* berdasarkan jenis saluran atau panjang gelombang yang merekamnya. Pengenalan pola spektral (*spectral pattern recognition*) merupakan prosedur klasifikasi menggunakan informasi spektral setiap *pixel* untuk mengenal kelas-kelas penutup lahan secara otomatis.

Klasifikasi citra merupakan interpretasi secara otomatis dari atribut tekstural lebih sukar karena kekasaran rona dapat dikuantisasi dengan evaluasi terhadap variabilitas nilai *pixel* sekelilingnya. Suatu daerah yang teksturnya kasar seharusnya menunjukkan nilai varian yang besar, sedangkan daerah yang teksturnya halus seharusnya menunjukkan nilai varian yang rendah. Teknik klasifikasi berorientasi pada klasifikasi penutup lahan, secara tak- terbimbing

(*unsupervised classifications*) dengan pendekatan analisis kelompok (*cluster analysis*). Klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dimulai dari pengenalan pola spektral, prosedur *training areas* penyusunan kunci interpretasi, dan klasifikasi hingga keluarannya. Evaluasi ketelitian klasifikasi menggunakan kovusion matrik (*confusion matrix*) (Purwadhi & Sanjoto, 2008).

Metode klasifikasi *supervised* diawali dengan menentukan beberapa sampel dari tiap kelas tutupan lahan (*training area*). Algoritma pada perangkat lunak kemudian menggunakan sampel (*training area*) tersebut untuk mengklasifikasikan seluruh *piksel* pada citra. Algoritma tersebut menggunakan nilai spektral yang telah ditentukan pada *training area*. Kemudian mencari nilai Digital spektral yang paling menyerupai pada tiap kelas. Algoritma ini membutuhkan data sampel *training area* yang mewakili setiap kelas untuk dapat memperkirakan nilai rerata piksel dari tiap kelas yang ditentukan tersebut. Jika sampel *training area* terbatas atau tidak representatif, maka hasil klasifikasi yang diperoleh tidak maksimal. Klasifikasi *unsupervised* dapat diartikan sebagai identifikasi objektif natural yang ada pada data citra *multispektral*. Setiap kelas memiliki nilai spektral yang berbeda-beda, metode ini mengidentifikasi, melabeli dan memetakan kelas tersebut. Metode klasifikasi *unsupervised* bekerja dengan mengelompokkan piksel-piksel ke dalam *cluster* berdasarkan sifat atau cirinya kemudian dilakukan identifikasi secara manual setiap *cluster* sesuai dengan kelas tutupan lahan. Untuk membuat *cluster* tersebut, digunakan algoritma *clustering*. *Clustering* merupakan proses untuk mencari subkelompok yang homogen sehingga objek dalam kelompok (*cluster*) yang sama akan lebih mirip satu sama lain daripada dengan kelompok lainnya (Hakim, 2019).

2.8 Kualitas Udara

Kualitas udara adalah kondisi udara dengan kandungan gas atau partikulat tertentu yang berkaitan dengan kesehatan manusia. Kualitas udara ditentukan dari konsentrasi parameter pencemar udara yang terukur melebihi atau kurang dari nilai baku mutu udara ambien. Baku mutu udara ambien merupakan ukuran batas atau kadar unsur pencemaran udara yang terdapat dalam udara ambien. Baku mutu udara ambien nasional Indonesia ditetapkan sebagai batas maksimum mutu udara ambien untuk menanggulangi terjadinya pencemaran udara dan berlaku di wilayah Indonesia (Subagiyo dkk., 2021).

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya (Presiden Republik Indonesia, 1999). Zat polutan yang dapat menyebabkan pencemaran udara diantaranya: Karbon monoksida (CO), Karbon dioksida (CO₂), Sulfur dioksida (SO₂), Nitrogen dioksida

(NO₂), Hidrokarbon (HC), *Chlorouorocarbon* (CFC), Timbal (Pb), dan Partikulat (PM₁₀) (Abidin & Hasibuan, 2019).

Menurut Septiyana (2023) Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) merupakan angka yang tidak memiliki satuan yang menggambarkan keadaan mutu udara ambien di lokasi tertentu yang didasarkan pada dampak terhadap makhluk hidup, nilai estetika, dan kesehatan manusia. ISPU terdiri atas parameter partikulat (PM_{2.5}), Partikulat (PM₁₀), Karbon monoksida (CO), Nitrogen dioksida (NO₂), Sulfur dioksida (SO₂), Ozon (O₃), dan Hidrokarbon (HC).

2.8.1 PM₁₀ (Particulate Matter 10)

Gas kontaminan dapat terdiri dari Sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), Karbon monoksida (CO), Oksidan/ozon permukaan (O₃), dan partikel tersuspensi total (TSP) hingga 100 m. Sebaliknya, partikel kontaminan dapat berupa partikel berdiameter kurang dari 10 mikron (PM₁₀) dan partikel berdiameter kurang dari 2,5 mikron (PM_{2.5}) (Rita dkk., 2016). Dua jenis partikel adalah *dust fall* dan *suspended particulate matter* (SPM). SPM adalah partikel berukuran kurang dari 10µm dan berasal dari kegiatan industri dan pembakaran. *Dust fall* adalah partikel berukuran lebih besar dari 10µm dan tersuspensi di udara selama lebih lama. (Prabowo & Muslim, 2018).

2.8.2 Sulfur dioksida (SO₂)

Sulfur dioksida (SO₂) dan SO₃ membentuk gas belerang oksida (Sox) yang sangat berbahaya bagi tubuh manusia. Gas SO₂ berbau menyengat dan sukar terbakar. Konsentrasi SO₂ di udara akan terdeteksi oleh indera penciuman manusia jika konsentrasinya berkisar antara 0,3 – 1 ppm. Gas SO₂ umumnya dihasilkan dari kegiatan pembakaran bahan bakar minyak maupun zat yang mengandung sulfur. SO₂ yang larut dalam uap air akan membentuk asam sulfat yang memicu terjadinya hujan asam (Septiyana dkk., 2023).

2.8.3 Nitrogen dioksida (NO₂)

Nitrogen oksida (NO_x) terdiri dari gas NO₂ dan gas NO. Emisi nitrogen oksida terbesar dihasilkan oleh aktivitas pembakaran seperti pembakaran kendaraan, pembangkit listrik dan pembuangan limbah. Sebagian besar emisi NO_x manusia berasal dari pembakaran arang, minyak, gas alam, dan bahan bakar. (Prabowo & Muslim, 2018). Konsentrasi NO₂ yang berlebih dapat berdampak buruk pada paru-paru manusia.

2.9 Land Surface Temperature

Suhu Permukaan Tanah (LST) merupakan suatu kondisi yang dikendalikan oleh keseimbangan energi permukaan, atmosfer, dan sifat termal media permukaan dan bawah permukaan. Suhu permukaan suatu wilayah dapat ditentukan dengan menggunakan citra satelit *Landsat* yang diekstrak dari *band thermal*. Dalam penginderaan jauh, suhu permukaan tanah dapat didefinisikan sebagai suhu rata-rata permukaan dari suatu permukaan yang direpresentasikan dalam ruang piksel dari jenis permukaan yang berbeda (Utomo dan Suprayogi, 2017). Perhitungan LST atau *brightness temperature* dilakukan dengan menggunakan rumus (Delarizka, 2016) sebagai berikut :

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{CVR2}\right) + 1} - 273.15$$

Keterangan :

T = *Brightness Temperature* satelit (K)

K1 = Konstanta kalibrasi radian spektral

K2 = Konstanta kalibrasi suhu *absolut* (K)

CVR2 = *Radiance Spektral*

Hasil yang diperoleh dengan menerapkan rumus diatas merupakan hasil ekstraksi dianggap sebagai ToA (*Top of Atmosphere*) *brightness temperature*. Hal ini dikarenakan ekstraksi suhu didasarkan pada nilai radiansi yang diterima oleh sensor. Sehingga untuk mendapatkan nilai *brightness temperature* yang akurat perlu dilakukan koreksi atmosfer. Koreksi ini dilakukan dengan menggunakan metode koreksi atmosfer (Coll dkk., 1994) dengan persamaan sebagai berikut :

$$CV R2 = \frac{CVR1 - L \uparrow}{s\tau} - \frac{1 - s}{s} L \downarrow$$

Keterangan :

CV R2 = Nilai koreksi *atmosferik Radiance*

CV R1 = Nilai *Radiance* dari *section 1*

L $\uparrow$ = *Upwelling radiance*

L $\downarrow$ = *Downwelling radiance*

τ = Transmisi

e = Emisivitas (0,95)

2.10 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

Indeks vegetasi merupakan suatu transformasi matematis yang melibatkan beberapa saluran sekaligus, dan menghasilkan citra baru yang lebih representatif dalam menyajikan fenomena vegetasi. NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) merupakan indeks kehijauan vegetasi atau aktivitas fotosintesis vegetasi dan

salah satu indeks vegetasi yang paling sering digunakan. Indeks vegetasi NDVI didasarkan pada pengamatan bahwa permukaan yang berbeda-beda merefleksikan berbagai jenis gelombang cahaya yang berbeda-beda. Vegetasi yang aktif melakukan fotosintesis akan menyerap sebagian besar gelombang merah sinar matahari dan mencerminkan gelombang inframerah dekat lebih tinggi. Vegetasi yang sudah mati atau kurang sehat lebih banyak mencerminkan gelombang merah dan lebih sedikit pada gelombang inframerah dekat (Andini dkk., 2018).

Algoritma NDVI didapat dari rasio antara *band* merah dan *band* inframerah dekat dari citra penginderaan jauh dengan begitu indeks “kehijauan” vegetasi dapat ditentukan (Prasetyo dkk., 2017). NDVI dihitung berdasarkan per-piksel dari selisih normalisasi antara kanal merah dan inframerah dekat pada citra: Rumus NDVI dapat dilihat pada persamaan berikut (Danoedoro, 1996).

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

Keterangan :

NIR : *band near infrared* (kanal 5 pada *Landsat 8*)

RED : *band red* (sinar merah pada *Landsat 8*)

2.11 Regresi Linier Berganda

Menurut Yuliara (2016), regresi linier berganda merupakan model persamaan yang menjelaskan hubungan satu variabel tak bebas/*response* (Y) dengan dua atau lebih variabel bebas/*predictor* (X1, X2,...Xn). Tujuan dari uji regresi linier berganda adalah untuk memprediksi nilai variabel tak bebas/*response* (Y) apabila nilai-nilai variabel bebasnya/*predictor* (X1, X2,..., Xn) diketahui. Disamping itu juga untuk dapat mengetahui bagaimanakah arah hubungan variabel tak bebas dengan variabel-variabel bebasnya. Persamaan regresi linier berganda secara matematik diekspresikan oleh :

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n$$

yang mana :

Y = variabel tak bebas (nilai variabel yang akan diprediksi)

a = konstanta $b_1, b_2, \dots$,

b_n = nilai koefisien regresi $X_1, X_2, \dots$,

X_n = variabel bebas

Untuk mengetahui persentase pengaruh variabel-variabel X_1 dan X_2 terhadap variabel Y digunakan koefisien determinasi (r^2). Besarnya r^2 dihitung dengan rumus :

$$r^2 = (b_1 \sum x_1 y) + (b_2 \sum x_2 y) \sum y^2$$

1. Apabila r^2 bernilai 0, maka dalam model persamaan regresi yang terbentuk, variasi variable tak bebas Y tidak sedikitpun dapat dijelaskan oleh variasi variable-variable bebas X1 dan X2
2. Apabila r^2 bernilai 1, maka dalam model persamaan regresi yang terbentuk, variable tak bebas Y secara sempurna dapat dijelaskan oleh variasi variablevariable bebas X1 dan X2. Koefisien Korelasi Ganda (r).

Untuk mengetahui seberapa besar korelasi secara serentak/simultan antara variable-variable X1, X2, ..., Xn dengan variabel Y dapat digunakan koefisien korelasi ganda. Besarnya nilai koefisien korelasi ganda dapat dihitung dengan rumus :

$$r = \sqrt{r^2} = \frac{\sqrt{(b_1 \sum x_1 y) + (b_2 \sum x_2 y)}}{\sum y^2}$$

1. Nilai r : $-1 \leq r \leq +1$. Apabila nilai r mendekati nilai +1 atau - 1, maka dapat dikatakan bahawa semakin kuatnya hubungan/korelasi yang terjadi. Sebaliknya, apabila nilai r mendekati 0, maka semakin lemahnya hubungan/korelasi yang terjadi.

**POLITEKNIK SINAR MAS
BERAU COAL**

2.12 Penelitian Sebelumnya

Penulis	Judul	Tujuan Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
Zulkarnain, 2016	Pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap perubahan suhu permukaan di kota surabaya	1. Menganalisis distribusi suhu permukaan di Kota Surabaya Tahun 2001 dan Tahun 2015. 2. Menganalisis perubahan tutupan lahan, kerapatan vegetasi, dan kerapatan lahan terbangun di Kota Surabaya Tahun 2001 dan Tahun 2015. 3. Menganalisis pengaruh perubahan tutupan lahan, kerapatan vegetasi, dan kerapatan lahan terbangun terhadap perubahan suhu permukaan di Kota Surabaya.	1. NDVI atau indeks vegetasi untuk mengidentifikasi kerapatan vegetasi. 2. NDBI untuk mengidentifikasi kerapatan lahan terbangun. 3. Analisis korelasi dan regresi untuk mengetahui pengaruh perubahan tutupan lahan, kerapatan vegetasi, dan kerapatan lahan terbangun terhadap perubahan suhu permukaan.	1. Peningkatan rata-rata suhu permukaan terjadi di Kota Surabaya sebesar 3 derajat Celcius selama tahun 2001 hingga tahun 2015. 2. Konversi lahan tak terbangun menjadi lahan terbangun terutama terjadi di daerah pheri-urban Kota Surabaya. Area permukiman dan industri-pergudangan semakin meluas, menggantikan lahan bervegetasi dan tambak. Konversi lahan tersebut telah menyebabkan peningkatan kerapatan lahan terbangun sehingga area terbangun di Kota Surabaya semakin meluas secara horizontal. Perubahan tersebut juga terlihat dari perubahan rata-rata nilai NDBI Kota Surabaya yaitu sebesar -0,3519 pada tahun 2001 menjadi sebesar -0,2187 pada tahun 2015. 3. Berdasarkan hasil analisis korelasi dan regresi, diketahui bahwa NDBI memiliki pengaruh lebih dominan terhadap kenaikan suhu permukaan dibanding variabel bebas lainnya.

				4. jenis tutupan lahan berupa permukiman dan industri juga berpengaruh terhadap peningkatan suhu permukaan meski memiliki pengaruh yang relatif kecil.
Risalah, 2011	Keterkaitan Polutan Udara dan Suhu Permukaan Daratan Serta Distribusinya Di DKI Jakarta	1. Mengetahui keterkaitan konsentrasi polutan udara dengan suhu permukaan daratan. 2. Mengetahui distribusi spasial polutan udara dengan membuat model spasial distribusi polutan udara di DKI Jakarta.	1. Analisis deskriptif dengan menerapkan metode analisis spasial untuk mendeskripsikan distribusi suhu permukaan dan konsentrasi polutan yang di dapat dari pengolahan. 2. Uji korelasi untuk mengetahui keterkaitan antara suhu permukaan dan konsentrasi polutan udara.	3. Pola distribusi polutan dengan konsentrasi tinggi cenderung tersebar di bagian barat, barat laut, utara, timur, dan tengah DKI Jakarta. Sedangkan pola distribusi suhu permukaan daratan yang cenderung tinggi tersebar di bagian barat laut, utara, timur, dan tengah serta semakin meluas pada masa peralihan musim kemarau ke musim hujan. 4. Nilai korelasi NO₂ dan suhu sebesar 0,289 atau 8,3521%, sedangkan nilai korelasi SO₂ dan suhu sebesar 0,246 atau 6,0516%. Korelasi antara polutan (NO₂ dan SO₂) dan suhu permukaan daratan menunjukkan adanya asosiasi di antara keduanya. Suhu permukaan daratan yang tinggi dapat dijadikan indikator adanya pencemaran udara di suatu wilayah, sebaliknya pencemaran udara dapat menjadi salah satu pemicu terjadinya kenaikan suhu permukaan daratan di suatu wilayah.

Arifin & Sukojo, 2012	Analisis Perubahan Suhu Permukaan Tanah Dengan Menggunakan Citra Satelit Terra Dan Aqua Modis	5. Membuat peta suhu permukaan tanah daerah di Kabupaten Malang dan Kota Surabaya dengan menggunakan citra Terra dan Aqua MODIS yang diambil pada bulan Agustus tahun 2008, 2009 dan 2010. 6. Menganalisis perubahan suhu permukaan tanah dari peta suhu permukaan tanah dari daerah Kabupaten Malang dan Kota Surabaya dengan menggunakan citra Terra dan Aqua MODIS yang diambil pada bulan Agustus tahun 2008, 2009 dan 2010..	7. Algoritma Li & Becker digunakan untuk memperoleh nilai suhu permukaan tanah.	8. Perbandingan data SPT dari citra dengan data lapangan menunjukkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,4774 dan nilai korelasi (R) sebesar 0,6909 (69,09%) untuk SPT citra Terra MODIS dan data SPT lapangan serta R^2 sebesar 0,6251 dan R sebesar 0,7906 (79,06%) untuk SPT citra Aqua MODIS dan data SPT lapangan. 9. Hasil pengolahan menunjukkan bahwa pada tahun 2008, 2009 dan 2010 daerah Kabupaten Malang didominasi oleh daerah dengan nilai suhu 30 – 37,5° C. Pada tahun 2009 terjadi perubahan dimana daerah dengan rentang nilai suhu 37,5 – 45° C meluas. 10. Untuk daerah Surabaya, menunjukkan bahwa pada tahun 2008, 2009 dan 2010 daerah dengan nilai suhu 37,5 – 45° C mendominasi. Pada tahun 2009 terjadi perubahan suhu dimana muncul daerah dengan nilai suhu 45 – 52,5° C.
Rakuasa, 2022	Analisis Spasial Temporal Suhu Permukaan Daratan/ <i>Land Surface Temperature</i>	1. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan spasial temporal suhu permukaan daratan/	1. Analisis dilakukan dengan	2. Pada tahun 2002 diperoleh suhu rata-rata Kota Ambon yaitu suhu

	(LST) Kota Ambon Berbasis <i>Cloud Computing</i> : <i>Google Earth Engine</i>	<i>Land Surface Temperature</i> (LST) Kota Ambon tahun 2002, 2012 dan 2022 berbasis <i>cloud computing</i> : <i>Google Earth Engine</i> .	menggunakan produk citra MODIS yaitu MOD11A2.061 <i>Terra Land Surface Temperature and Emissivity 8-Day Global</i> 1km untuk menampilkan produk temperatur.	minimum 21°C dan maximumnya yaitu 30°C 3. Pada tahun 2012 terjadi peningkatan suhu permukaan daratan Kota Ambon menjadi min 24°C dan max 31°C 4. Pada tahun 2022 suhu permukaan daratan di Kota Ambon terus mengalami peningkatan menjadi suhu min 23°C dan max 33 °C.
Liwan & Latue, 2023	Analisis Spasial Perubahan Suhu Permukaan Daratan Kota Kupang Menggunakan Pendekatan <i>Geospatial Artificial Intelligence</i> (GeoAI)	1. Penelitian ini bertujuan untuk perubahan spasial suhu permukaan daratan di Kota Kupang pada tahun 2015 dan 2023 menggunakan pendekatan GeoAI, yaitu <i>Google Earth Engine</i> .	1. Analisis suhu permukaan daratan pada citra <i>Landsat</i> 8 menggunakan <i>Google Earth Engine</i> berbasis <i>cloud computing</i> memanfaatkan formula <i>Single Channel Algorithm</i> atau <i>Split-Window Algorithm</i> .	1. Suhu permukaan daratan Kota Kupang ditahun 2018 berkisar antar 21,09°C –30,79°C dengan luasan kelas suhu permukaan sangat rendah seluas 2.913,76 ha atau 20,81%, kelas rendah seluas 3.870,64 ha atau 27,64%, kelas sedang seluas 2.878,92 ha atau 20,56%, kelas tinggi seluas 2.345,00 ha atau sebesar 16,75%, kelas sangat tinggi seluas 1.995,01 ha atau sebesar 14,25% dari total luas Kota Kupang. 2. Suhu permukaan daratan Kota Kupang ditahun 2023 berkisar antar 22,06°C –34,99°C dengan luasan

				kelas suhu permukaan daratan sangat rendah seluas 2290,21 ha atau 16,35%, kelas rendah seluas 2683,12 ha atau sebesar 19,16%, kelas sedang seluas 3227,34 ha atau 23,05%, kelas tinggi seluas 2652,13 ha atau 18,94%, dan kelas sangat tinggi seluas 3150,53 ha atau sebesar 22,50% dari total luas Kota Kupang.
--	--	--	--	---

Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu

**POLITEKNIK SINAR MAS
BERAU COAL**