

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **I.1. Latar Belakang**

Hutan mangrove merupakan ekosistem yang memiliki peran ekologis penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem pesisir. Hutan mangrove berperan dalam melindungi pantai dari abrasi, menyaring bahan sedimen yang memasuki ekosistem laut, serta menyediakan habitat bagi berbagai organisme seperti ikan, udang, dan burung. Pada saat yang sama, hutan mangrove termasuk dalam ekosistem yang paling terancam dan rentan di seluruh dunia karena mengalami penurunan yang dramatis selama setengah abad terakhir (Kuenzer dkk., 2011). Menurut Mitra (2013), ekosistem mangrove di seluruh dunia menghadapi ancaman serius akibat perubahan iklim, peningkatan suhu, dan kenaikan permukaan air laut. Sementara itu, aktivitas manusia juga memberikan ancaman dalam penurunan luas hutan mangrove, seperti konversi lahan untuk perkebunan sawit, tambak, dan perladangan ilegal, pengrusakan hutan bakau untuk produksi kayu arang, serta kegiatan reklamasi di daerah estuari (Purnobasuki, 2011).

Di Indonesia, salah satu wilayah yang memiliki potensi keberagaman hayati mangrove adalah Muara Sungai Citarum yang terletak di Kabupaten Bekasi, Jawa Barat. Berdasarkan Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat (2016), hutan mangrove di Muara Sungai Citarum, Kabupaten Bekasi, merupakan hutan mangrove terluas kedua setelah Kabupaten Indramayu yang terletak di pesisir utara Jawa dengan luas sebesar 10.481,15 hektare. Hutan mangrove Muara Sungai Citarum memiliki fungsi esensial dalam melindungi intrusi air laut ke daratan yang menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai di Muara Sungai Citarum. Namun, saat ini kondisi hutan mangrove di Muara Sungai Citarum telah mengalami alih fungsi lahan sebesar 93,5 persen menjadi tambak dan lahan pertanian masyarakat (Saturi, 2013). Dalam artikelnya, Saturi (2013) juga menyebutkan bahwa kerusakan yang terjadi pada hutan mangrove di Muara Gembong telah menyebabkan hilangnya tiga desa: Desa Pantai Bahagia, Desa Pantai Mekar, dan Desa Pantai Sederhana. Hal ini terjadi akibat minimnya kesadaran masyarakat dalam menjaga ekosistem lingkungan telah menyebabkan terjadinya abrasi dan pergeseran garis pantai di wilayah tersebut.

Menurut Prokopim Pemkab Bekasi (2022), diperkirakan wilayah daratan Kabupaten Bekasi saat ini mengalami pengurangan sebesar 2.338,85 hektare akibat laju abrasi yang terus meningkat. Oleh karena itu, diperlukan suatu penelitian untuk mendeteksi perubahan luas hutan mangrove yang mengalami deforestasi dan reforestasi selama 10 tahun terakhir, tahun 2013 sampai 2023.

Dengan cakupan wilayah yang luas dan periode penelitian yang panjang, penggunaan teknologi penginderaan jauh menjadi metode yang efektif untuk menyediakan informasi spasial dan temporal mengenai distribusi ekosistem mangrove dan perubahan tutupan lahan mangrove. Metode ini dapat mengatasi kendala penggunaan metode konvensional yang sulit dan membutuhkan waktu lama. Menurut Kuenzer dkk. (2011), teknologi penginderaan jarak jauh telah menunjukkan potensi yang tinggi dalam mendeteksi dan memantau kondisi perubahan mangrove selama dua dekade terakhir. Hal ini disebabkan oleh kemampuan teknologi penginderaan jauh untuk menyediakan data dengan cakupan area luas dan informasi spasial yang rinci dalam waktu relatif singkat. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam penginderaan jauh adalah indeks GNDVI (*Green Normalized Difference Vegetation Index*). Metode GNDVI merupakan metode yang mengembangkan NDVI menggunakan *band* NIR dan *band visible green*. Penggunaan GNDVI dapat memberikan informasi yang lebih sensitif terhadap kondisi tanaman tertentu dan memiliki nilai indeks vegetasi yang optimal dalam menguji kerapatan vegetasi (Arhatin & Wahyuningrum, 2013).

Proyek akhir ini dilakukan dengan tujuan untuk melakukan pemetaan dan analisis perubahan tutupan lahan area hutan mangrove menggunakan citra multi-temporal dari Landsat 8 dengan kurun waktu 10 tahun dari 2013 sampai dengan 2023. Data citra Landsat 8 diolah dan dianalisis menggunakan formula indeks vegetasi GNDVI untuk mendeteksi perubahan spasial dan temporal pada hutan mangrove. Formula GNDVI menghitung nilai kandungan klorofil dari tanaman mangrove, sehingga menghasilkan data yang akurat. Hasil dari proyek akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat penting dalam menyediakan informasi akurat dan terkini mengenai status ekosistem mangrove di Muara Sungai Citarum bagi pemerintah dan organisasi yang berwenang dalam upaya konservasi hutan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi terhadap pemahaman ilmiah tentang

perubahan luasan ekosistem mangrove, tetapi juga memberikan informasi yang dapat digunakan dalam pengembangan kebijakan dan tindakan konservasi yang berkelanjutan di Kawasan Hutan Mangrove Muara Sungai Citarum, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat.

## **I.2. Rumusan Penelitian**

Perubahan luas lahan mangrove di Muara Sungai Citarum disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk konversi lahan dari hutan mangrove menjadi lahan pemukiman, pertanian, dan kegiatan industri. Selain itu, peningkatan abrasi pada tahun 2013 di wilayah ini turut mempercepat deforestasi hutan mangrove yang mengakibatkan hilangnya daratan di tiga desa, yaitu Desa Pantai Bahagia, Pantai Mekar, dan Desa Pantai Sederhana. Oleh karena itu, perlu dilakukan sebuah penelitian yang menghitung serta memvisualisasikan perubahan luas area hutan mangrove di Muara Sungai Citarum setiap tahunnya dari tahun 2013 sampai tahun 2023.

## **I.3. Lingkup Kegiatan**

Lingkup pekerjaan dalam penelitian ini meliputi:

1. Lingkup wilayah pada penelitian ini adalah Muara Sungai Citarum, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat.
2. Rentang waktu citra yang digunakan sebagai data penelitian yaitu dari tahun 2013 sampai tahun 2023.
3. Waktu akusisi citra untuk penelitian dipilih dari bulan Juli sampai September di setiap tahunnya dengan asumsi bahwa kondisi cuaca pada bulan tersebut optimal untuk analisis citra satelit.
4. Data yang digunakan adalah citra Landsat 8. Hal ini dikarenakan citra Landsat 8 menyediakan resolusi spasial dan temporal yang memadai untuk analisis perubahan area hutan mangrove di Muara Sungai Citarum. Citra Landsat 8 diperoleh dari USGS *Earth Explorer*.
5. Proyek akhir ini menggunakan analisis multi-temporal dengan menganalisis spektral *band* NIR dan *band visible green* menggunakan indeks vegetasi GNDVI (*Green Normalized Difference Vegetation Index*).

6. Proses pengolahan data proyek akhir ini mencakup *preprocessing* citra, ekstraksi nilai GNDVI, reklasifikasi, dan analisis multi-temporal pada tutupan lahan vegetasi mangrove tahun 2013 sampai 2023.
7. Metode pemisahan tutupan lahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan nilai *threshold* 0,4. Nilai tersebut dijadikan sebagai ambang batas untuk membagi tutupan vegetasi Mangrove dan Non-Mangrove.
8. Ketelitian hasil klasifikasi dinilai menggunakan data referensi *ground truth* yang diperoleh dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada tahun 2021, 2022, dan 2023, menggunakan metode *confusion matrix*.
9. Hasil dari proyek akhir ini adalah visualisasi mengenai perubahan luas secara multi-temporal serta analisis perubahan pola perubahan tutupan lahan hutan mangrove di Muara Sungai Citarum, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat.

#### I.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari proyek akhir ini yaitu:

1. Memperoleh nilai luas hutan mangrove di Muara Sungai Citarum, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat dari tahun 2013 sampai tahun 2023.
2. Memvisualisasikan pola perubahan tutupan lahan hutan mangrove secara multi-temporal di Muara Sungai Citarum dari tahun 2013 sampai tahun 2023.

#### I.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari proyek akhir ini yaitu:

1. Proyek akhir ini dapat memberikan pemahaman ilmiah tentang dinamika perubahan area hutan mangrove di Muara Sungai Citarum dalam kurun waktu 10 tahun terakhir, yang dapat berkontribusi pada literatur ilmiah mengenai ekosistem mangrove.
2. Menunjukkan potensi dan kegunaan teknologi pemantauan satelit, khususnya analisis multi-temporal GNDVI, dalam memantau dan mendeteksi perubahan area hutan mangrove di Muara Sungai Citarum.
3. Menyediakan informasi kepada pihak berwenang, khususnya pemerintah daerah, terkait hasil distribusi persebaran mangrove terbaru yang dapat menjadi dasar tindakan konservasi lingkungan dan pelestarian ekosistem pesisir yang berkelanjutan.

## I.6. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka merupakan uraian sistematis mengenai kajian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian atau proyek akhir yang sedang dilakukan. Tabel 1.1 merupakan beberapa penelitian yang dapat diuraikan sebagai berikut.

Tabel 1.1 Uraian Tinjauan Pustaka

Judul	Data	Metode	Hasil
Algoritma Indeks Vegetasi Mangrove Menggunakan Satelit Landsat ETM+ (Arhatin & Wahyuningrum, 2013)	Data citra Landsat ETM+ tanggal perekaman 21 Mei 2002 (path/row: 116/059) dan data pengamatan mangrove di lapangan dengan transek plot 30 x 30 m <sup>2</sup> .	Klasifikasi <i>maximum likelihood</i> RVI, TRVI, DVI, NDVI, GNDVI, SAVI, GVI, IPVI, SLAVI dan uji ketelitian <i>separability transformasi divergency</i>	Algoritma vegetasi indeks yang paling baik dalam menghitung nilai kerapatan kanopi mangrove adalah <i>Green Normalized Difference Vegetation Index</i> (GNDVI) dengan diperoleh hasil $R^2 = 0,8331$
<i>Remote Estimation of Wheat Yield based on Vegetation Indices Derived from Time Series Data of Landsat 8 Imagery</i> (Naqvi dkk., 2019)	Citra Landsat 8 seri waktu sepanjang musim tanam (2015-2016) Data posisi hasil panen gandum di area seluas 10 m x 10 m di 43 lokasi.	Model regresi GNDVI, NDVI, WDRVI, EVI dan uji data lapangan dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan <i>RMS Error</i>	Indeks GNDVI dan EVI menunjukkan akurasi dan presisi yang paling baik dengan masing-masing nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) 0,89 dan 0,82 dengan nilai RMSE 203,83 dan 224,67 untuk bulan bulan Maret 2016. Hal ini menunjukkan nilai $R^2$ dan RMSE pada GNDVI lebih unggul dari EVI.
<i>The above-ground biomass model of mangrove forest in Panai Hilir, Indonesia</i> (Pasaribu dkk., 2023)	Citra Landsat 7 dan Landsat 8 dengan tahun akuisisi 2002 dan 2022.	Analisis multi-spektral pada indeks vegetasi yang digunakan adalah NDVI, GNDVI, dan TDVI;	Dari ketiga metode tersebut, GNDVI menghasilkan nilai $R^2$ paling baik yaitu 0,404.

Tabel 1.2 Lanjutan Tabel 1.1

Judul	Data	Metode	Hasil
Analisa Distribusi Spasial Vegetasi Mangrove di Desa Pantai Mekar Kecamatan Muara Gembong (Hanan dkk., 2020)	Citra Satelit Sentinel 2A level 1C perekaman bulan Oktober 2019 dan data lapangan yang diakuisisi pada bulan Desember 2019 sebagai <i>ground check</i> .	Metode band komposit, <i>supervised classification</i> , dan metode validasi lapangan menggunakan <i>hemispherical photography</i> .	Sebaran vegetasi mangrove di Desa Pantai Mekar tersebar sebesar 377,06 ha. Klasifikasi tutupan vegetasi mangrove terdiri dari 81,53 ha kategori mangrove padat, 77,11 ha kategori mangrove sedang dan 218,42 ha kategori mangrove jarang.
Analisis perubahan hutan mangrove menggunakan data penginderaan jauh di Pantai Bahagia, Muara Gembong, Bekasi. (Suwargana, 2010)	Citra Landsat-TM path/row:162/064 akuisisi tanggal 09 Oktober 1990 dan citra SPOT-4 path/row:248/362 akuisisi tanggal 11 Januari 2007.	Menganalisis nilai spektral berdasarkan citra komposit warna (RGB 453 Landsat-TM dan citra RGB 143 SPOT-4) dan citra klasifikasi serta data lapangan	Perubahan hutan mangrove selama 17 tahun (1990-2007) mengalami penurunan dari 34,89 ha menjadi 33,23 ha.
<i>Monitoring mangrove forest change in China from 1990 to 2015 using Landsat-derived spectral-temporal variability metrics</i> (Hu dkk., 2018)	Citra Landsat TM+, ETM, OLI Collection level-1 tahun 1986-2017 (11597 <i>scene</i> ), SRTM, garis pantai global.	Matrik variabilitas spektral-temporal dan klasifikasi tutupan lahan dengan <i>Random Forest</i> .	Hutan bakau di Cina meningkat signifikan dari 10.774 ha pada periode 1986-1992 menjadi 19.220 ha pada periode 2013-2017. Klasifikasi tutupan mangrove terbagi menjadi 2, yaitu <i>mangrove forest</i> dan <i>non-mangrove forest</i> .

Berdasarkan kajian-kajian terdahulu yang tercantum pada Tabel 1.1 dan Tabel 1.2, beberapa penelitian dari dalam dan luar negeri telah mempublikasikan topik perubahan hutan mangrove dengan mengeksplorasi beberapa metode penginderaan

jauh, seperti penelitian oleh: Suwargana (2010) yang melakukan analisis perubahan mangrove di Muara Gembong dengan analisis nilai spektral berdasarkan citra komposit warna RGB 453 Landsat-TM dan citra RGB 143 SPOT-4, Hanan dkk. (2020) menggunakan metode komposit band pada citra satelit Sentinel 2A dan pengambilan data lapangan di Muara Gembong, serta Hu dkk. (2018) yang melakukan matriks variabilitas dengan klasifikasi *Random Forest* menggunakan data citra Landsat TM+, ETM, dan OLI pada tahun 1986–2017.

Perbedaan penelitian yang dilakukan saat ini adalah lokasi proyek akhir dan indeks vegetasi yang digunakan. Lokasi proyek akhir ini terletak di Muara Sungai Citarum, Kecamatan Muara Gembong, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat, dan pemilihan *Green Normalized Difference Vegetation Index* (GNDVI) sebagai indeks vegetasi yang digunakan. Metode GNDVI merupakan metode yang mengembangkan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) menggunakan *band* NIR dan *band visible green*. Pemilihan indeks GNDVI didasari penelitian oleh Arhatin & Wahyuningrum (2013), Naqvi dkk. (2019), dan Pasaribu dkk. (2023) yang menyatakan bahwa metode GNDVI memiliki nilai akurasi yang paling tinggi dibandingkan formula indeks vegetasi pembandingnya, seperti *Ratio Vegetation Index* (RVI), *Transformed Ratio Vegetation Index* (TRVI), *Difference Vegetation Index* (DVI), *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Soil-Adjusted Vegetation Index* (SAVI), *Green Vegetation Index* (GVI), *Infrared Percentage Vegetation Index* (IPVI), *Specific Leaf Area Vegetation Index* (SLAVI), *Enhanced Vegetation Index* (EVI), *Wide Dynamic Range Vegetation Index* (WDRVI), dan *Transformed Difference Vegetation Index* (TDVI).

## I.7. Landasan Teori

### I.7.1. Ekosistem Mangrove

Kata "*mangrove*" berasal dari gabungan kata Portugis "*mangue*" dan kata dalam bahasa Inggris "*grove*". Mangrove adalah tanaman berkayu yang tumbuh di perbatasan antara daratan dan lautan di lintang tropis dan sub-tropis (Kathiresan & Bingham, 2001). Ekosistem mangrove memiliki struktur vegetasi unik yang menyusun beberapa karakteristik, sehingga membentuk zona tertentu seperti pada Gambar 1.1. Struktur vegetasi mangrove berperan sangat penting dalam menjaga keberlangsungan ekosistem pesisir secara fisik, ekologi, dan ekonomi.

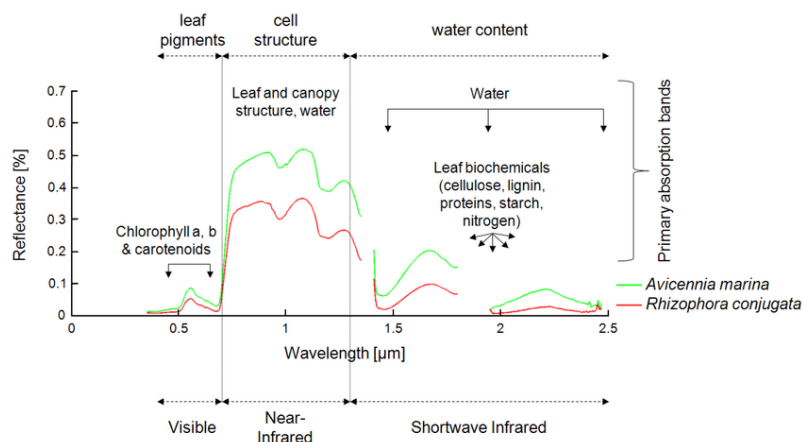




Gambar 1.1 Ekosistem mangrove (Universitas Airlangga, 2019)

Secara fisik, vegetasi mangrove membentuk daratan dan melindungi pantai dari gelombang laut. Secara ekologi, vegetasi mangrove berfungsi sebagai tempat pemijahan dan tempat mencari makan (*feeding*) bagi berbagai biota perairan, termasuk ikan, udang, dan ular (Cahyanto & Kuraesin, 2013). Selain itu, secara ekonomi, vegetasi mangrove juga mempunyai peran sebagai penghasil keperluan rumah tangga, penghasil keperluan industri, dan penghasil bibit (Rositasari dkk., 2010).

Berdasarkan analisis spektral menggunakan teknologi penginderaan jauh, vegetasi mangrove menunjukkan peningkatan pantulan spektral pada panjang gelombang hijau karena keberadaan klorofil a dan b, serta peningkatan yang drastis pada panjang gelombang NIR. Selain itu, perbedaan spesies mangrove juga mempengaruhi respon spektral yang diterima oleh sensor menunjukkan variasi yang signifikan dalam pantulan dan serapan cahaya (Ramadhani, 2020) sebagaimana disajikan oleh Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Karakteristik spektral mangrove spesies mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora conjugata* (Kuenzer dkk., 2011)



Berdasarkan Gambar 1.2, dapat dilihat bahwa pada spesies *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata*, panjang gelombang yang diukur menggunakan spektrometer menunjukkan bahwa klorofil dan karotenoid yang dimiliki oleh spesies mangrove ini mulai terekam pada rentang panjang gelombang 0,4 hingga 0,5 mikrometer. Menurut penelitian Marsudi dkk. (2018), terdapat tiga jenis spesies tanaman mangrove yang hidup di Muara Sungai Citarum, Kabupaten Bekasi, yaitu *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina*, dan *Sonneratia alba*. Pada tingkat semai, spesies yang paling banyak ditemukan adalah *Avicennia marina* dengan jumlah 3000 pohon. Pada tingkat pancang, *Rhizophora mucronata* mendominasi dengan jumlah 825 pohon. Sementara itu, pada tingkat pohon, jumlah terbanyak juga ditemukan pada *Rhizophora mucronata* dengan total 225 pohon.

### **I.7.2. Analisis Multi-Temporal**

Analisis multi-temporal merupakan suatu teknik yang digunakan dalam interpretasi gambar satelit dengan tujuan mengevaluasi perubahan pada suatu wilayah tertentu sepanjang periode waktu penelitian (Sardiyatmo & Hartoko, 2013). Berdasarkan resolusi dataset input, deteksi perubahan dibagi menjadi dua pendekatan, yaitu deteksi berbasis objek dan deteksi berbasis piksel. Deteksi berbasis objek merujuk pada metode analisis perubahan area berdasarkan objek yang terdeteksi di area yang diamati. Sementara itu, deteksi perubahan berbasis piksel menggunakan dataset dengan resolusi rendah hingga menengah untuk mengidentifikasi area yang mengalami perubahan dan yang tidak. Pendekatan ini melibatkan pengklasifikasian area berdasarkan nilai piksel maksimum dan minimum yang tercatat pada peta perubahan (Soleh dkk., 2018).

Menurut Almutairi & Warner (2010), terdapat 3 metode dalam melakukan analisis multi-temporal, yaitu *Image Differencing*, *Post-Classification Comparison*, dan *Principal Component Analysis (PCA)*. Dari ketiga metode tersebut, proyek akhir ini menggunakan *Image Differencing* sebagai pendekatan utama untuk menganalisis perubahan tutupan hutan mangrove Muara Sungai Citarum dari tahun 2013 sampai 2023. Metode *Image Differencing* merupakan teknik pemrosesan citra yang digunakan untuk mengidentifikasi perubahan yang terjadi antara dua citra yang diambil pada periode waktu yang berbeda. Teknik ini melibatkan pengurangan nilai piksel pada satu citra dari nilai piksel yang bersesuaian pada citra lainnya, sehingga menghasilkan citra

perbedaan yang menyoroti area-area perubahan signifikan (Murinto & Hartati, 2013). Dengan pendekatan ini, perubahan tutupan hutan mangrove dapat diidentifikasi secara jelas, sehingga dapat dilakukan analisis yang mendalam terhadap dinamika perubahan di wilayah tersebut.

### 1.7.3. *Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI)*

*Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI)* merupakan indikator tingkat kesehatan tanaman atau aktivitas fotosintesis. Indeks vegetasi ini berfungsi untuk mendeteksi kandungan klorofil pada tanaman. Berbeda dengan NDVI, indeks ini lebih efektif digunakan pada fase pertumbuhan yang lebih rinci (Gitelson dkk., 1996). GNDVI merupakan metode penyempurnaan dari NDVI yang didasarkan pada perbedaan reflektansi antara dua panjang gelombang, yaitu panjang gelombang panjang gelombang hijau dan *Near Infrared (NIR)*.

Menurut Gitelson dkk. (1996), GNDVI dapat dikalkulasikan dengan persamaan (I.1) sebagai berikut:

$$GNDVI = \frac{(NIR - GREEN)}{(NIR + GREEN)} \dots\dots\dots (I.1)$$

Keterangan:

*NIR* adalah reflektansi pada panjang gelombang inframerah dekat;

*GREEN* adalah reflektansi pada panjang gelombang hijau.

Penggunaan GNDVI memberikan informasi yang lebih sensitif terhadap kondisi tanaman tertentu dan memiliki nilai indeks vegetasi yang optimal dalam menguji kerapatan vegetasi (Arhatin & Wahyuningrum, 2013). Dalam melakukan deteksi kondisi vegetasi, GNDVI menghasilkan suatu nilai spektral yang memiliki karakteristik didasari oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut meliputi pantulan dan serapan cahaya oleh tanaman, kandungan klorofil, kerapatan dan struktur kanopi, dan kondisi atmosfer. Oleh karena itu, GNDVI sering disebut sebagai alat analisis spektral yang bermanfaat untuk mendeteksi kondisi tanaman dan aktivitas fotosintesis pada tingkat yang lebih rinci.

Dari ketiga jenis spesies mangrove yang hidup di Muara Sungai Citarum, yaitu *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina*, dan *Sonneratia alba*, nilai spektral yang terekam dalam algoritma indeks vegetasi GNDVI bervariasi di antara spesies-spesies tersebut. Pada spesies *Rhizophora sp.*, nilai indeks vegetasi GNDVI yang terekam berkisar antara 0,427 sampai 1,01. Pada spesies *Avicennia sp.*, nilai indeks berkisar

antara 0,416 sampai 0,793, sedangkan pada spesies *Sonneratia sp.*, nilai indeks minimum yang terekam adalah 0,482 (Arhatin & Wahyuningrum, 2013). Oleh karena itu, nilai *threshold* sebesar 0,4 dijadikan sebagai nilai ambang batas dalam mendeteksi vegetasi mangrove karena mampu mencakup variasi nilai indeks vegetasi GNDVI di antara spesies-spesies mangrove yang ada, sehingga memberikan representasi yang akurat terhadap keberadaan dan kondisi vegetasi mangrove di Muara Sungai Citarum, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat.

#### I.7.4. Landsat 8

Landsat 8 merupakan satelit pemantauan bumi yang diluncurkan pada 11 Februari 2013 (Gambar 1.4). Satelit ini dilengkapi dengan dua sensor aktif, yaitu *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). Kedua sensor tersebut menyediakan resolusi spasial sebesar 30 meter untuk citra *visible*, *near-infrared* (NIR), dan *shortwave infrared* (SWIR), 100 meter untuk citra termal, dan 15 meter untuk citra pankromatik (Prasetyo dkk., 2021).



Gambar 1.3 Landsat 8 (*European Space Agency, 2022*)

Landsat 8 beroperasi pada orbit *Sun-Synchronous* dengan ketinggian 705 km dan memiliki resolusi temporal 16 hari. Orbit *sun-synchronous* merupakan orbit satelit yang melintas dari kutub utara ke kutub selatan beberapa kali dalam sehari. Hal tersebut mengakibatkan satelit memiliki pencahayaan yang konsisten pada setiap lintasan dalam melakukan perekaman wilayah di permukaan Bumi. Satelit Landsat 8 dilengkapi dengan 11 *bands* yang dihasilkan oleh sensor OLI dan TIRS, masing-masing dengan karakteristik warna spektral tertentu. Tabel 1.3 menunjukkan daftar *bands* pada sensor OLI dan TIRS, di mana setiap pita memiliki warna spektral yang berbeda sesuai dengan rentang panjang gelombangnya.

Tabel 1.3 *Band Landsat 8 (LAPAN, 2018)*

<i>Bands</i>	<i>Wavelength (μm)</i>	<i>Res (m)</i>
<i>Band 1 Coastal aerosol</i>	0,43-0,45	30
<i>Band 2 BLUE</i>	0,45-0,51	30
<i>Band 3 GREEN</i>	0,53-0,59	30
<i>Band 4 RED</i>	0,64-0,67	30
<i>Band 5 Near Infrared (NIR)</i>	0,85-0,88	30
<i>Band 6 SWIR 1</i>	1,57-1,65	30
<i>Band 7 SWIR 2</i>	2,11-2,29	30
<i>Band 8 Panchromatic</i>	0,50-0,68	15
<i>Band 9 Cirrus</i>	1,36-1,38	30
<i>Band 10 Thermal Infrared (TIRS) 1</i>	10,60-11,19	100
<i>Band 11 Thermal Infrared (TIRS) 2</i>	11,50-12,51	100

### I.7.5. Koreksi Citra

Koreksi citra merupakan suatu proses yang dilakukan pada data citra hasil perekaman satelit *remote sensing* untuk memperbaiki kualitas dan akurasi citra sebelum dilakukan analisis. Hal ini diperlukan karena data citra satelit yang belum diproses sering kali mengandung gangguan (*noise*) yang berasal dari sistem, salah satunya disebabkan oleh perbedaan posisi matahari saat data diakuisisi (Rahayu, 2014). Oleh karena itu, diperlukan proses koreksi citra yang secara umum terdiri dari koreksi radiometrik dan koreksi atmosferik.

I.7.6.1 Koreksi Radiometrik. Koreksi radiometrik merupakan proses untuk mengubah nilai *Digital Number* (DN) pada data citra menjadi *reflectance*. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra dengan mengurangi efek dari pantulan permukaan bumi yang tidak merata, serta parameter lain seperti posisi matahari, keadaan cuaca, dan kondisi atmosfer (Dimyati & Sari, 2014). Persamaan I.2 merupakan formula untuk mengubah nilai DN ke *reflectance* (Tarigan & Sasmito, 2019).

$$\rho\lambda' = MpQcal + Ap..... (I.2)$$

Keterangan:

- $\rho\lambda'$  : nilai reflektansi citra yang belum dilakukan koreksi sudut matahari  
 $Mp$  : skala faktor spesifik band yang diambil dari metadata *REFLECTANCE\_MULT\_BAND\_x* (x adalah nomor *band*)  
 $Qcal$  : Digital Number  
 $Ap$  : Skala faktor aditif spesifik band yang diambil dari metadata *REFLECTANCE\_ADD\_BAND\_x* (x adalah nomer *band*)

Salah satu algoritma yang digunakan dalam koreksi radiometrik adalah algoritma FLAASH (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes*). FLAASH merupakan algoritma pemodelan koreksi atmosfer untuk mengekstraksi nilai reflektansi spektral dari pancaran citra yang direkam menggunakan perangkat lunak ENVI. Metode ini secara efektif mengurangi efek atmosfer, mengubah panjang gelombang dari *near-infrared* (NIR) ke *shortwave infrared* (SWIR), dan menghitung visibilitas rata-rata (aerosol/jumlah kabut) (Rianzani dkk., 2018).

I.7.6.2. Koreksi Atmosferik. Koreksi atmosferik merupakan koreksi yang dilakukan untuk menghilangkan kesalahan radians yang terekam pada citra yang diakibatkan oleh hamburan atmosfer (*path radiance*) (Akbari, 2016). Hamburan atmosfer bervariasi sesuai dengan panjang gelombang, sehingga nilai koreksi atmosferik berbeda di tiap band citra.

Danoedoro (2012) menjelaskan bahwa algoritma FLAASH memperbaiki citra dengan mengurangi atau menghilangkan dampak dari uap air, oksigen, karbondioksida, metana, ozon, serta hamburan molekular dan aerosol. Algoritma ini didasarkan pada model transfer radiasi MODTRAN-4 (*Moderate Resolution Atmospheric Transmission*). Dengan melakukan koreksi atmosferik, perhitungan pengaruh atmosfer pada setiap piksel citra menjadi lebih akurat, sehingga meningkatkan ketelitian dalam analisis citra pada proyek akhir ini.

### I.7.6. Uji Akurasi

Uji akurasi merupakan proses evaluasi hasil klasifikasi yang dilakukan untuk mengukur tingkat akurasi dan validitas model peta penggunaan lahan yang dihasilkan melalui proses klasifikasi digital dengan sampel uji yang diperoleh dari kegiatan lapangan (Wulansari, 2017). Menghitung nilai ketelitian pada uji akurasi pemetaan dievaluasi melalui pembuatan matriks kontingensi atau *Confusion Matrix*.

Metode pengujian menggunakan *Confusion Matrix* dapat mengestimasi nilai akurasi pembuat (*Producer Accuracy*) dengan persamaan (I.4), akurasi pengguna (*User Accuracy*) dengan persamaan (I.3), dan akurasi keseluruhan (*Overall Accuracy*) dengan persamaan (I.5) (Arison dang dkk., 2015). Berikut merupakan contoh *Confusion Matrix* yang disajikan pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Contoh *Confusion Matrix* (Kawamuna dkk., 2017)

Data Referensi	Data Klasifikasi di Peta			Jumlah Piksel	<i>Producer Accuracy</i>
	A	B	C		
A	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>1+</sub>	X <sub>11</sub> /X <sub>1+</sub>
B	X <sub>21</sub>	X <sub>22</sub>	X <sub>23</sub>	X <sub>2+</sub>	X <sub>22</sub> /X <sub>2+</sub>
C	X <sub>31</sub>	X <sub>32</sub>	X <sub>33</sub>	X <sub>3+</sub>	X <sub>33</sub> /X <sub>3+</sub>
Jumlah Piksel	X <sub>+1</sub>	X <sub>+2</sub>	X <sub>+3</sub>	N	
<i>User Accuracy</i>	X <sub>11</sub> /X <sub>+1</sub>	X <sub>22</sub> /X <sub>+2</sub>	X <sub>33</sub> /X <sub>+3</sub>		

Menurut Muhammad dkk. (2016), rumus akurasi dijabarkan secara matematis sebagai berikut:

$$User\ Accuracy = \frac{x_{ii}}{x_{+i}} \times 100\% \dots\dots\dots (I.3)$$

$$Producer\ Accuracy = \frac{x_{ii}}{x_{i+}} \times 100\% \dots\dots\dots (I.4)$$

$$Overall\ Accuracy = \frac{\sum_{i=1}^r x_{ii}}{N} \times 100\% \dots\dots\dots (I.5)$$

Keterangan :

*x<sub>ii</sub>* adalah nilai diagonal matriks kontingensi baris *i* dan kolom *i*;

*x<sub>+i</sub>* adalah jumlah piksel dalam kolom ke-*i*;

*x<sub>i+</sub>* adalah jumlah piksel dalam baris ke-*i*;

*N* adalah jumlah piksel dalam sampel.

Menurut Peraturan Kepala BIG No 3 Tahun 2014, terdapat dua metode yang dapat digunakan untuk menentukan titik sampel dalam uji akurasi vegetasi mangrove, yaitu *stratified random sampling* dan *proporsional sampling*. Teknik ini melibatkan pemisahan populasi ke dalam kelompok-kelompok yang tidak saling tumpang tindih yang disebut strata, kemudian sampel diambil secara acak dari setiap strata sesuai dengan tujuan penelitian. Jumlah sampel yang diambil harus proporsional dengan luas area mangrove yang ada. Berdasarkan Peraturan Kepala BIG No 3 Tahun 2014, jika skala pemetaan tutupan lahan adalah 1 : 50.000, maka jumlah minimum sampelnya adalah 30 titik. Perbandingan antara jumlah titik sampel minimal dan skala pemetaan dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1. 5 Perbandingan jumlah titik sampel minimal dengan skala pemetaan tutupan mangrove (BIG, 2014)

Skala	Kelas Kerapatan (Kr)	Total Sampel Minimal (TSM)
1:25.000	5	50
1:50.000	3	30
1:250.000	2	20