

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan mencerminkan kombinasi dari berbagai aspek, seperti kepemilikan, kondisi fisik lingkungan, struktur, serta fungsi ruang (Kaiser, 1995). Pola pemanfaatannya melibatkan pengaturan aktivitas sosial dan ekonomi yang membutuhkan lokasi, jenis, serta luasan tertentu. Perubahan lahan dapat dipahami sebagai peralihan fungsi lahan dari kondisi sebelumnya (Munibah, 2008). Malingreau (1977) Pemanfaatan lahan merupakan wujud campur tangan manusia terhadap sumber daya alam dan buatan guna memenuhi keperluan hidup, baik material maupun spiritual.

Penggunaan lahan adalah suatu aktivitas manusia pada lahan yang langsung berhubungan dengan lokasi dan kondisi lahan (Soegino, 2007). penggunaan lahan adalah suatu proses yang berkelanjutan dalam pemanfaatan lahan bagi maksud pembangunan secara optimal dan efisien. pemanfaatan lahan di kota selalu dihubungkan dengan penilaian yang bertumpu pada ekonomis atau tidaknya jika sebidang tanah dimanfaatkan baik untuk rumah tinggal maupun melakukan usaha di atas tanah tersebut (Hafidzoh dkk, 2022).

Menurut Edy Darmawan (2003), guna lahan adalah pengaturan penggunaan lahan untuk menentukan alokasi fungsi terbaik suatu kawasan. di perkotaan, pemanfaatan lahan umumnya dinilai berdasarkan nilai ekonomis, baik untuk permukiman maupun usaha. perubahan lahan cenderung terdistribusi di area berpotensi tinggi dan membentuk pola perubahan penggunaan lahan tertentu. menurut Bintarto dalam Wahyudi (2009) Pola perubahan penggunaan lahan dapat dikategorikan secara luas ke dalam beberapa area, termasuk:

1. Pola memanjang yang terbentuk mengikuti jaringan jalan.
2. Pola memanjang yang mengikuti arah aliran sungai.
3. Pola penyebaran berbentuk radial.
4. Pola penyebaran secara acak.
5. Pola memanjang di sepanjang garis pantai.
6. Pola memanjang yang mengikuti garis pantai sekaligus jalur rel kereta api.

Berdasarkan ketentuan yang tercantum dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 7645:2010 mengenai klasifikasi penggunaan lahan dibagi ke dalam kategori sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Klasifikasi Penggunaan Lahan

Referensi: Standar Nasional Indonesia, tahun 2010.

Area Vegetasi	Daerah tak bervegetasi
Daerah yang digunakan untuk kegiatan pertanian, meliputi sawah, ladang, tegal atau huma, berbagai jenis perkebunan, perkebunan campuran, serta tanaman campuran.	1. Lahan terbuka (Tanah kosong)
2. Area di luar pertanian, terdiri dari hutan pada lahan kering dan basah, semak atau belukar, padang rumput, serta lahan berawa dengan tumbuhan rerumputan.	2. Permukiman dan lahan selain pertanian a) Lahan terbangun, mencakup permukiman, jalan, bandara, dan pelabuhan. b) Area tidak terbangun, mencakup tempat penambangan serta lokasi pembuangan sampah.
	3. Wilayah yang termasuk perairan, seperti danau atau waduk, rawa, sungai, terumbu karang, serta gosong di sepanjang pantai.

2.2 Perubahan Fungsi Lahan

Perubahan lahan diartikan sebagai peralihan fungsi suatu lahan dari satu bentuk pemanfaatan ke bentuk lainnya, yang berlangsung seiring berkurangnya jenis pemanfaatan lain pada kurun waktu tertentu (Wahyunto, 2001). Sementara itu, Nawir & Rumboko (2008) menjelaskan bahwa deforestasi adalah hilangnya tutupan hutan, baik secara permanen maupun sementara. Istilah ini merujuk pada perubahan kondisi suatu wilayah dari yang semula berhutan menjadi tidak berhutan, yakni dari kawasan dengan tajuk vegetasi pohon tertentu menjadi area tanpa tutupan pohon atau bahkan tanpa vegetasi.

Menurut Su Ritohardoyo (2013:94), perubahan penggunaan lahan diartikan sebagai alih fungsi lahan dari bentuk pemanfaatan sebelumnya menuju bentuk pemanfaatan lain. Perubahan tersebut, baik bersifat permanen maupun sementara, merupakan dampak wajar dari dinamika pertumbuhan serta transformasi sosioekonomi masyarakat yang tengah berkembang, terutama untuk kepentingan industri dan komersialisasi.

Berdasarkan teori yang telah diuraikan, pertumbuhan penduduk dan perkembangan ekonomi memiliki pengaruh besar terhadap perubahan penggunaan lahan di suatu wilayah. Peningkatan jumlah penduduk akan mendorong kebutuhan ruang untuk berbagai aktivitas, sehingga menimbulkan kompetisi dalam memperoleh lahan yang sesuai dengan kepentingan dan kebutuhan hidup. Sementara itu, pertumbuhan ekonomi yang pesat menyebabkan sektor-sektor ekonomi terus berkembang dan membutuhkan ruang tambahan. Akibatnya, lahan sawah yang berada di sekitar pusat-pusat kegiatan ekonomi kerap mengalami alih fungsi.

2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Perubahan Lahan

Menurut Prayitno dkk. (2019:64), pertumbuhan penduduk, proses urbanisasi, peningkatan pembangunan infrastruktur, padatnya kawasan perkotaan, serta pandangan masyarakat terhadap harga lahan yang Perubahan lahan banyak dipengaruhi oleh faktor biaya yang relatif terjangkau. Menurut Su Ritohardoyo (2013:39), terdapat beberapa Faktor-faktor yang berdampak pada perubahan pemanfaatan lahan, antara lain:

1. Faktor fisik: Kondisi hidrologi, iklim, dan ketinggian wilayah yang memengaruhi penggunaan lahan.
2. Faktor ekonomi dan sosial-budaya: Kepadatan penduduk, jenis pekerjaan, tingkat pengetahuan, persepsi, serta nilai masyarakat terhadap pemanfaatan sumber daya alam.
3. Faktor ekologi: Karakteristik keterwakilan, kekhasan, keaslian, dan keanekaragaman ekosistem.

Menurut Prayitno dkk. (2019:64), perkembangan dan perubahan penutupan lahan ditentukan oleh dua kelompok faktor, yakni faktor alam yang meliputi iklim, topografi tanah, dan bencana alam, serta faktor manusia yang berkaitan dengan aktivitas pemanfaatan lahan. Di antara kedua faktor tersebut, faktor manusia cenderung memberikan pengaruh lebih besar. Dengan demikian, berdasarkan pendapat para ahli, faktor-faktor yang dapat memengaruhi penggunaan lahan secara umum dapat dikategorikan menjadi tiga, Faktor-faktor tersebut meliputi: (1) faktor fisik, (2) faktor ekonomi dan sosial-budaya, serta (3) faktor ekologi.

2.4 Penginderaan Jauh

Untuk memperoleh data geografis pada skala luas, dibutuhkan teknologi yang mampu menangkap kenampakan tertentu sesuai periode waktu yang ditetapkan. Penginderaan jauh menjadi salah satu teknologi yang dapat memenuhi kebutuhan ini. Secara umum, penginderaan jauh adalah cabang ilmu dan praktik teknik yang berfokus pada pengumpulan data atau informasi mengenai kondisi fisik objek, target, atau fenomena tertentu tanpa kontak langsung dengan objek tersebut (Soenarmo, 2009).

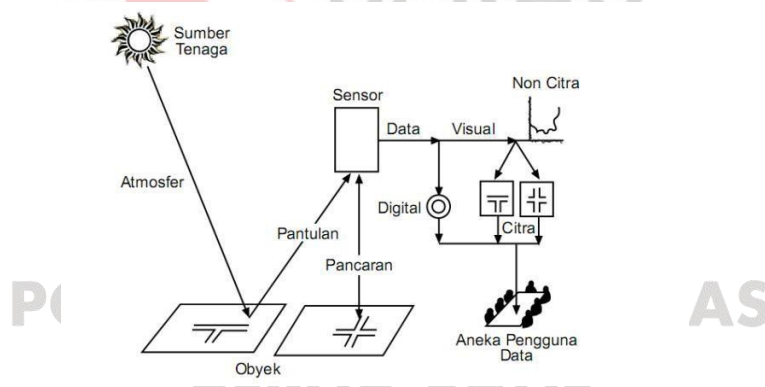
Penginderaan Jauh atau inderaja (*remote sensing*) adalah seni dan ilmu untuk mendapatkan informasi tentang obyek, Penginderaan jauh adalah metode untuk menganalisis area atau fenomena dengan memanfaatkan data yang diperoleh tanpa melakukan kontak langsung dengan objek, wilayah, atau fenomena yang sedang diteliti (Lillesand dan Kiefer, 1979). Tujuan utama dari penginderaan jauh adalah untuk mengumpulkan data dan informasi dari citra foto maupun non-foto yang menggambarkan berbagai objek di permukaan bumi. oleh alat pengindera buatan (sensor). sar-dasar interpretasi penginderaan jauh merupakan pengetahuan dasar yang harus dikuasai sebelum mempelajari dan melakukan interpretasi foto maupun non foto dalam bidang apapun.

Dengan menggunakan sensor di titik pengamatan wilayah penelitian, penginderaan jauh merupakan teknik untuk mengidentifikasi dan menganalisis objek atau peristiwa (Avery, 1985). Berbagai metode penginderaan jauh telah dikembangkan untuk mengumpulkan dan memeriksa data tentang planet ini. Secara spesifik, radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan

bumi merupakan sumber informasi ini (Lingdren, 1985). De Jong dan Clever (2007) mendefinisikan penginderaan jauh sebagai teknik yang menggunakan radiasi elektromagnetik untuk mengumpulkan data tentang suatu objek atau wilayah tanpa bersentuhan langsung dengan subjek penelitian.

Penginderaan jauh termasuk ilmu pengetahuan dan teknologi sekaligus seni dalam mengolah dan menyajikan objek agar lebih mudah diinterpretasi. Proses ini memanfaatkan kombinasi berbagai band atau spektrum untuk menghasilkan tampilan memiliki karakter informatif serta menarik (Hadi, 2002), dan pencapaiannya didukung oleh pendekatan multiview yang mencakup akuisisi multilevel, multispektral, dan multitemporal. Multilevel menyediakan variasi skala dan detail, multispektral memungkinkan objek terlihat pada panjang gelombang tertentu, sedangkan multitemporal merekam kondisi wilayah pada waktu berbeda untuk mendeteksi perubahan lahan.

Komponen utama dalam sistem penginderaan jauh meliputi sumber energi, atmosfer, interaksi energi dengan objek di permukaan bumi, sensor, sistem pengolahan data yang cepat dan tepat, serta pemanfaatan data. Ilustrasi sistem penginderaan jauh ditunjukkan pada Gambar 2.4. Energi yang mengenai objek tidak hanya berinteraksi dengan permukaan bumi, tetapi juga berperan sebagai media penghantar informasi dari objek menuju sensor. Sensor sendiri merupakan perangkat yang berfungsi untuk merekam dan mengumpulkan radiasi elektromagnetik. Data yang telah terekam kemudian dikirim ke stasiun penerima untuk diproses ke dalam format siap pakai, misalnya citra, yang selanjutnya dapat dimanfaatkan oleh pengguna (Lillesand, 2004).



Gambar 2. 1 Sistem penginderaan jauh dalam penyadapan informasi

Tenaga yang digunakan dalam penginderaan jauh adalah tenaga elektromagnetik. Tenaga elektromagnetik adalah paket elektrisitas dan magnetisme yang bergerak dengan kecepatan sinar pada frekuensi dan panjang gelombang tertentu, dengan sejumlah tenaga tertentu (Sutanto, 1994).

1) Sumber Tenaga

Sumber energi buatan dan alami merupakan komponen penting dalam sistem penginderaan jauh. Ketika radiasi ini mengenai sesuatu di permukaan Bumi, radiasi tersebut dipantulkan kembali ke sensor atau, dalam situasi tertentu, objek tersebut mengirimkan energi langsung ke sensor. Sejumlah variabel, termasuk waktu (musim dan jam), lokasi geografis, dan cuaca, memengaruhi seberapa banyak sinar matahari

yang mencapai permukaan bumi. Energi yang diperoleh di pagi atau sore hari tidak sama dengan energi yang diterima sepanjang hari. Selain itu, posisi matahari terhadap suatu tempat di permukaan bumi bervariasi sesuai musim, dan lokasi di permukaan bumi juga memengaruhi seberapa banyak energi yang diterima.

Daerah yang berada di sekitar garis ekuator menerima energi lebih besar dibandingkan wilayah dengan lintang yang lebih tinggi. Pada waktu dan lokasi yang sama, jumlah radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi dapat berbeda tergantung pada kondisi atmosfer. Semakin tebal tutupan awan atau kabut, semakin sedikit energi yang mampu menembus hingga ke permukaan bumi. Besarnya energi yang diterima permukaan bumi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E = f(w, L, c) \quad E = f(w, L, c) \quad E = f(w, L, c)$$

Keterangan:

E = energi yang sampai ke permukaan bumi

F = fungsi

w = waktu

L = lokasi

c = kondisi cuaca

Besarnya energi yang diterima sensor dipengaruhi oleh intensitas energi sumber serta karakteristik objek yang diamati. Pada energi hasil pantulan, jumlah energi yang sampai ke sensor ditentukan oleh persentase daya pantul objek dikalikan dengan energi yang mengenainya. Misalnya, jika energi yang jatuh pada objek sebesar 100 unit dengan daya pantul 30%, maka energi yang diterima sensor adalah 30 unit. Sementara itu, pada energi pancaran, besarnya energi yang diterima sensor bergantung pada suhu objek dan kemampuan pancarnya. Objek Semakin banyak tenaga yang diterima oleh sensor akan semakin cerah wujud objeknya pada citra.

2) Analisis Data Dalam Penginderaan Jauh

Pada analisis penginderaan jauh secara manual, cara perolehan datanya yakin dengan melakukan rekaman/ pemotretan objek di muka bumi dengan menggunakan kamera dan media yang digunakan film sehingga hasil perekaman atau pemotretan yang di peroleh berupa foto udara. Kemudian dari hasil perekaman dalam bentuk foto udara ini dilakukan analisis dengan cara interpretasi foto udara ini dilakukan analisis dengan cara interpretasi foto udara secara visual.

Dalam interpretasi foto udara dilakukan dengan mendasarkan teknik interpretasi foto udara yang mendasarkan delapan unsur interpretasi, yakni:

a. Rona atau Warna

Rona atau warna merupakan tingkat kecerahan atau kegelapan suatu objek pada foto udara. Umumnya digambarkan dalam variasi cerah, abu-abu, abu-abu gelap, hingga hitam.

b. Bentuk

Bentuk adalah ciri yang menunjukkan konfigurasi atau kerangka dari suatu objek. Seringkali bentuk ini mudah dikenali, misalnya bulat, segi empat, segitiga, dan bentuk geometris lainnya.

c. Ukuran

Ukuran menggambarkan atribut fisik objek dalam foto udara, seperti panjang, luas, kemiringan, volume, dan tinggi. Karena ukuran dipengaruhi oleh skala foto udara, maka setiap pengukuran harus selalu disesuaikan dengan skala citra yang digunakan.

d. Tekstur

Tekstur merupakan tingkat variasi rona pada foto udara, yang terbentuk dari pengulangan rona pada objek-objek kecil yang tidak dapat dibedakan satu per satu. Tekstur biasanya dinyatakan dalam kategori kasar, sedang, atau halus.

e. Pola

Pola atau susunan keruangan adalah karakteristik yang umum digunakan untuk mengenali objek buatan manusia maupun sebagian objek alami. Pola ini bisa berbentuk kompak, teratur, tidak teratur, atau kombinasi dari keduanya.

f. Bayangan

Bayangan dapat menutupi detail suatu objek pada area yang gelap, namun justru sering menjadi petunjuk penting dalam interpretasi. Beberapa objek lebih mudah dikenali melalui bentuk bayangannya, misalnya jenis vegetasi atau struktur bangunan.

g. Situs (*Site*)

Situs bersama dengan asosiasi berfungsi sebagai indikator dalam pengelompokan tingkat objek pada interpretasi citra. kerumitan interpretasi yang lebih tinggi. Situs bukan merupakan ciri objek, melainkan dalam kaitan dengan lingkungan sekitarnya, atau bisa disebutkan bahwa situs adalah letak objek terhadap bentang darat atau letak objek terhadap objek lain di sekitarnya. Misalnya situs pohon kopi terletak di tanah kering karena tanaman kopi memerlukan pengukuran air yang baik.

h. Asosiasi

Asosiasi diartikan sebagai hubungan keterkaitan antara satu objek dengan objek lainnya. Melalui hubungan tersebut, keberadaan suatu objek pada foto udara sering kali menjadi indikasi adanya objek lain di sekitarnya. Contohnya, keberadaan stasiun kereta api biasanya berkaitan dengan jalur rel serta deretan gerbong kereta api.

Setelah seluruh objek berhasil diinterpretasikan, tahap selanjutnya adalah melakukan pengecekan lapangan guna memastikan kebenaran hasil interpretasi. Pada dasarnya, analisis manual dapat dianggap selesai pada tahap ini, namun masih dimungkinkan untuk dilanjutkan melalui metode pengkajian manual yang lebih mendalam.

2.5 Citra Satelit

Citra merupakan representasi visual yang dihasilkan dari perekaman menggunakan kamera atau sensor yang dipasang pada wahana satelit pada ketinggian lebih dari 400 km di atas permukaan bumi. Dalam penginderaan jauh, sensor berfungsi merekam energi yang dipantulkan maupun dipancarkan oleh objek di permukaan bumi. Hasil rekaman energi tersebut kemudian diproses menjadi data

penginderaan jauh, yang dapat berbentuk data digital atau numerik untuk selanjutnya dianalisis dengan bantuan komputer (Pratama & Serimbing, 2018).

Ciri utama dari suatu citra dalam penginderaan jauh adalah adanya rentang panjang gelombang (*wavelength band*) atau pita-pita yang dimilikinya. Beberapa radiasi yang dapat dideteksi oleh sistem penginderaan jauh, seperti: radiasi matahari atau panjang gelombang tampak dan inframerah dekat hingga pertengahan, distribusi panas atau spasial energi panas yang dipantulkan dari permukaan bumi (*termal*) dan pantulan gelombang mikro. Setiap material di permukaan bumi juga memantulkan sinar matahari secara berbeda. Dengan cara ini bahan-bahan ini memiliki resolusi yang berbeda di setiap band (Lubis *et al.*, 2017).

2.6 Landsat 8

Identifikasi tutupan lahan dapat dilakukan secara akurat dengan bantuan penginderaan jauh, salah satunya melalui citra satelit Landsat. Landsat 8, yang diluncurkan pada 11 Februari 2013 dan mulai digunakan secara resmi pada 30 Mei 2013, merupakan satelit terbaru dalam rangkaian Landsat. Satelit ini memiliki keunggulan berupa resolusi spasial yang lebih tinggi serta kemampuan mendeteksi perbedaan kecerahan dan warna dengan lebih sensitif. Keistimewaan lainnya adalah kemampuannya mengamati permukaan bumi pada panjang gelombang tertentu, sehingga dapat mengoreksi gangguan atmosfer, khususnya di area pesisir (NASA Earth Observatory, 2013).

Satelit landsat adalah satelit dengan jenis *orbit sunsynkron*. mengorbit bumi yang hampir melewati kutub, memotong arah rotasi bumi dengan sudut inklinasi 98,2 dan Satelit Landsat 8 beroperasi pada ketinggian orbit sekitar 705 km di atas permukaan bumi. Menurut publikasi USGS, satelit ini memiliki cakupan area perekaman sebesar 185 km × 185 km dengan resolusi spasial mencapai 30 × 30 meter. Landsat 8 dilengkapi dengan dua sensor utama, yaitu *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS), yang secara keseluruhan terdiri atas 11 kanal. Dari jumlah tersebut, 9 kanal (band 1–9) terdapat pada sensor OLI, sedangkan 2 kanal lainnya (band 10 dan 11) dimiliki oleh sensor TIRS (Lillesand & Kiefer, 1996).

Band	Panjang Gelombang (micrometer)	Resolusi (meter)
Band 1 - Coastal aerosol	0.43 – 0.45	30
Band 2 - Blue	0.45 – 0.51	30
Band 3 - Green	0.53 – 0.59	30
Band 4 - Red	0.64 – 0.67	30
Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 – 0.88	30
Band 6 - SWIR 1	1.57 – 1.65	30
Band 7 - SWIR 2	2.11 – 2.29	30
Band 8 - Panchromatic	0.50 – 0.68	15
Band 9 - Cirrus	1.36 – 1.38	30
Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 – 11.19	100
Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 – 12.51	100

Gambar 2. 2 Karakteristik citra landsat

Landsat 8 merupakan kelanjutan dari misi Landsat yang menjadi satelit pengamatan bumi (Landsat 1) untuk pertama kalinya sejak tahun 1972. Landsat 8 tergolong satelit baru, walaupun sebenarnya lebih cocok disebut sebagai satelit yang melanjutkan misi Landsat 7, hal ini dikarenakan Landsat 8 memiliki karakteristik yang hampir sama dengan Landsat 7, dengan beberapa tambahan yang merupakan perbaikan band dari Landsat 7 Angka, rentang spektral, dan rentang nilai bit atau numerik.



Gambar 2. 3 Satelit landsat 8

Landsat 8 memiliki kemampuan untuk merekam citra dengan resolusi spasial yang bervariasi, dari 15 meter sampai 100 meter, serta dilengkapi oleh 11 kanal. Dalam satu harinya satelit ini akan mengumpulkan 400 scane citra atau 150 kali lebih banyak dari Landsat 7 (Sitanggang, 2010).

2.7 Interpretasi Citra

Keberhasilan interpretasi manual citra penginderaan jauh sangat bergantung pada pemahaman penafsir terhadap jenis citra yang digunakan, unsur-unsur interpretasi yang sesuai, teknik yang diterapkan, serta tujuan dari interpretasi tersebut. Oleh karena itu, pengetahuan, keterampilan, dan pengalaman seorang interpreter dalam mengenali serta menafsirkan objek-objek dalam citra akan sangat memengaruhi efektivitas pemanfaatan data penginderaan jauh sesuai dengan kebutuhan.

a) Tahapan Interpretasi Citra secara Manual

Interpretasi manual citra dalam penginderaan jauh adalah proses pengenalan fitur-fitur spasial suatu objek dengan menggunakan unsur-unsur interpretasi citra. Metode ini dapat diterapkan pada citra fotografi maupun non-fotografi yang telah dikonversi menjadi citra visual. Dengan melakukan interpretasi manual pada citra yang telah dikoreksi secara radiometrik dan geometrik, pengguna hanya dapat mengenali objek yang tampak pada citra tersebut. Pengukuran kuantitatif dilakukan secara manual dengan memperhatikan skala dan resolusi citra. Identifikasi objek didasarkan pada elemen-elemen interpretasi seperti rona atau warna, bentuk, ukuran, tekstur, pola, bayangan, lokasi, serta asosiasi antarobjek (Lestari, 2009).

Keberhasilan Interpretasi manual citra penginderaan jauh sangat dipengaruhi oleh pemahaman penafsir terhadap jenis citra yang digunakan, unsur interpretasi yang sesuai, teknik yang diterapkan, serta tujuan interpretasi itu sendiri. Dengan demikian, keberhasilan pemanfaatan data penginderaan jauh bergantung pada pengetahuan, keterampilan, dan pengalaman seorang interpreter dalam mengenali objek pada citra.

b) Interpretasi Citra Berbasis Digital

Interpretasi citra secara digital memanfaatkan data yang diperoleh dari sensor satelit, yang merekam pantulan Radiasi elektromagnetik yang dipancarkan atau dipantulkan oleh berbagai objek di permukaan bumi akan direkam sesuai dengan jenis radiasinya. Walaupun satelit berada pada jarak yang jauh dari bumi, data yang diperoleh tetap dapat dikirim secara *real-time* ke stasiun penerima di darat melalui sistem akuisisi data (*Data Acquisition System/DAS*). Data mentah yang diterima tidak hanya berisi informasi mengenai sensor satelit, tetapi juga mencakup pantulan atau pancaran objek, kondisi atmosfer seperti hamburan dan penyerapan, serta faktor lain termasuk kekuatan sinyal, pergerakan sensor, rotasi bumi, kelengkungan, dan tekstur permukaan bumi.

1) Pengolahan Digital Citra Penginderaan Jauh

- a) Merupakan tahap awal dalam pengolahan data citra satelit, yang meliputi koreksi radiometrik dan geometrik. Tahap ini bertujuan untuk meminimalkan kesalahan nilai digital pada setiap piksel serta memperbaiki ketidaktepatan posisi geometris piksel dalam citra. Rekonstruksi citra dilakukan untuk meningkatkan kualitas citra dengan memperbaiki gangguan nilai digital akibat Transmisi data dari stasiun bumi yang tidak sempurna dan terdeteksi oleh satelit penginderaan jauh
- b) Rekonstruksi citra langkah ini berfungsi untuk memperbaiki gangguan pada nilai digital citra yang terjadi akibat transmisi data yang tidak sempurna dari satelit ke stasiun bumi. Proses ini membantu mengembalikan kualitas citra ke bentuk yang mendekati aslinya.

Setelah proses interpretasi dilakukan, hasil akhirnya berupa peta. Menurut Miswar (2012:5), peta berfungsi sebagai panduan untuk peta digunakan untuk menunjukkan lokasi suatu wilayah, membantu penentuan titik Peta dimanfaatkan dalam kegiatan pengambilan sampel lapangan sekaligus sebagai media analisis untuk menghasilkan berbagai peta tematik melalui teknik tumpang susun (*overlay*). Selain itu, peta berperan sebagai alat visualisasi untuk menampilkan beragam fenomena penelitian, seperti distribusi penduduk, daerah rawan longsor, wilayah tergenang, potensi ketersediaan air, kesesuaian lahan, kemampuan lahan, dan aspek lainnya.

2.8 Proses Klasifikasi Citra

Klasifikasi citra merupakan teknik dalam pengolahan citra digital yang berfokus pada identifikasi pola visual dalam gambar. Tujuannya adalah untuk mengelompokkan objek atau bagian citra ke dalam kelas tertentu berdasarkan karakteristik visual yang diekstraksi. Proses ini mengintegrasikan prinsip-prinsip pengolahan citra dengan pendekatan *machine learning* sehingga mampu mengenali dan memahami isi citra secara otomatis.

Menurut Gonzalez dan Woods (2008) dalam buku *Digital Image Processing*, klasifikasi citra merupakan bagian penting dari pengolahan citra digital yang berperan utama dalam proses analisis serta pengenalan informasi visual pada gambar digital. Keberhasilan klasifikasi citra sangat dipengaruhi oleh metode yang dipilih, sehingga dalam pemetaan berbasis data penginderaan jauh, pemilihan metode klasifikasi menjadi aspek yang krusial. Salah satu pendekatan yang banyak

digunakan adalah klasifikasi multispektral, yakni teknik otomatisasi digital yang sering dimanfaatkan untuk pemetaan penutup lahan.

Klasifikasi multispektral dalam penginderaan jauh dibagi menjadi dua pendekatan, yaitu *supervised* (klasifikasi terkontrol) dan *unsupervised* (klasifikasi tak terkontrol). Pada *supervised classification*, proses klasifikasi dilakukan berdasarkan sampel objek berupa nilai spektral yang diberikan oleh operator. Sampel yang terdiri atas sekumpulan piksel dengan lokasi geografis tertentu dikenal sebagai *training area*. Sementara itu, *unsupervised classification* dilakukan secara otomatis oleh komputer, yang kemudian menghasilkan pengelompokan spektral (*cluster*) dan selanjutnya diinterpretasikan oleh operator sebagai kelas objek tertentu. Untuk identifikasi jenis tanaman pertanian, pendekatan yang lebih sesuai adalah *Supervised classification*, sebab klasifikasi multispektral pada dasarnya hanya diterapkan dalam pemetaan penutup lahan. Oleh karena itu, sistem klasifikasi yang digunakan harus memuat kelas penutup lahan seperti padi, jagung, hutan campuran, semak, padang rumput, maupun lahan terbuka (Darmawan dkk., 2018).

Klasifikasi citra satelit dapat dilakukan melalui berbagai pendekatan, seperti regresi, *clustering*, maupun secara langsung. Pada klasifikasi tidak langsung, proses biasanya terdiri dari dua tahap, yaitu pembentukan model terlebih dahulu, kemudian penentuan batas kelas klasifikasi berdasarkan model tersebut. Seiring perkembangannya, metode klasifikasi citra satelit dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori utama, yakni statistika konvensional, *machine learning*, dan *deep learning*. Ketiga pendekatan ini berperan penting dalam mendukung prediksi tanaman pangan yang berkaitan dengan peningkatan kesejahteraan serta ketahanan pangan. Dalam hal klasifikasi jenis tanaman pertanian berbasis penginderaan jauh, metode yang umum digunakan adalah *supervised classification* (Triscowati dan Wijayanto, 2019).

Machine learning merupakan salah satu cabang utama dalam kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*). Inti dari konsep ini adalah memberikan kemampuan kepada komputer untuk belajar dari data tanpa harus diprogram secara eksplisit. Dengan demikian, algoritma *machine learning* berfungsi untuk mengenali pola dalam data, lalu memanfaatkan pola tersebut dalam proses pengambilan keputusan maupun prediksi terhadap data baru (Alpaydin, 2020).

Pada dasarnya, ada tiga jenis utama dari *machine learning*:

- *Supervised Learning* merupakan salah satu jenis pembelajaran mesin di mana algoritma dilatih menggunakan data yang telah diberi label. Dalam proses ini, sistem mempelajari hubungan antara data masukan (*input*) dengan informasi keluaran (*output*) yang sudah diketahui. Sebagai contoh, untuk melatih komputer mengenali gambar kucing, digunakan sejumlah besar citra kucing yang diberi label “kucing”. Melalui data tersebut, algoritma belajar mengenali pola atau ciri khas yang membedakan kucing dari objek lain.
- *Unsupervised Learning* berbeda dengan *supervised learning* karena tidak menggunakan data berlabel dalam proses pelatihannya. Pada pendekatan ini, algoritma berupaya menemukan struktur atau pola tersembunyi dari data tanpa adanya informasi output yang jelas. Salah satu contoh penerapannya

adalah *clustering*, yaitu proses pengelompokan data ke dalam kelompok-kelompok yang memiliki kemiripan karakteristik.

- **Reinforcement Learning** adalah jenis pembelajaran mesin di mana sebuah agen belajar melakukan tindakan tertentu dalam suatu lingkungan dengan tujuan mencapai hasil yang optimal. Agen tersebut menerima umpan balik berupa penghargaan (*reward*) atau hukuman (*penalty*) berdasarkan tindakannya, dan informasi ini digunakan untuk menyesuaikan serta meningkatkan strategi agar kinerjanya semakin baik dari waktu ke waktu.

2.9 Support Vector Mechine (SVM)

Support Vector Machine (SVM) merupakan salah satu algoritma *machine learning* yang termasuk ke dalam metode klasifikasi terbimbing. Algoritma ini bersifat non-parametrik karena tidak bergantung pada asumsi distribusi data tertentu. Prinsip utamanya adalah mencari *hyperplane* dengan margin maksimum, yaitu jarak terdekat antara *hyperplane* dengan titik data dari masing-masing kelas. *Hyperplane* optimal tersebut berfungsi untuk memisahkan kelas secara akurat sekaligus memiliki kemampuan generalisasi yang baik terhadap data baru. Fokus dari SVM adalah menghasilkan performa klasifikasi yang tinggi dengan tingkat kesalahan minimal. Akan tetapi, pada kondisi di mana jumlah fitur lebih banyak dibandingkan dengan jumlah sampel pelatihan, risiko terjadinya kesalahan klasifikasi dapat meningkat (Smola, 2002).

Support Vector Machine (SVM) merupakan metode klasifikasi dalam analisis statistik yang bersifat non-parametrik (Akbar, 2022). Berbeda dengan metode lain, SVM tidak mengharuskan data pelatihan memiliki distribusi tertentu. Kemampuannya mencakup identifikasi kelas spektral serta analisis tingkat keterkaitan antar piksel pada citra. Dari segi akurasi, SVM telah terbukti lebih unggul dibandingkan metode *Maximum Likelihood*, khususnya dalam klasifikasi citra Synthetic Aperture Radar (SAR), sebagaimana disampaikan oleh Ariyantoni dan Rokhmana (2020). SVM merupakan salah satu metode yang populer dan banyak digunakan dalam pengolahan citra digital, termasuk citra SAR. Algoritma ini bekerja dengan menentukan *hyperplane* atau bidang pemisah optimal yang dapat membedakan data dari kelas yang berbeda secara efektif.

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa *Support Vector Machine* (SVM) memiliki performa yang lebih baik dalam klasifikasi citra *Synthetic Aperture Radar* (SAR) dibandingkan dengan metode klasifikasi lainnya, seperti *Maximum Likelihood*. Sebagai contoh, hasil penelitian oleh Ariyantoni dan Rokhmana (2020) mengindikasikan bahwa SVM menghasilkan tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan *Maximum Likelihood* dalam klasifikasi citra SAR. amun demikian, pemilihan metode klasifikasi yang paling tepat sangat bergantung pada kondisi serta karakteristik citra yang dianalisis. Oleh karena itu, diperlukan pengujian terhadap beberapa metode klasifikasi untuk menentukan pendekatan yang paling sesuai dengan kebutuhan dan tujuan aplikasi tertentu.

2.10 Google Earth Engine (GEE)

Dalam pemodelan data penginderaan jauh untuk klasifikasi tutupan lahan hutan, diperlukan pengolahan citra satelit dengan volume sangat besar dan bersifat tidak

terstruktur. Permasalahan ini dikenal sebagai Geo Big Data, yang membutuhkan dukungan teknologi serta sumber daya baru untuk mengelola citra satelit skala besar (Shelestov et al. 2017). Kehadiran *platform* komputasi awan seperti *Google Earth Engine* (GEE) menjadi alternatif solusi dalam menangani tantangan Geo Big Data (Mutanga et al. 2019). Peningkatan jumlah serta variasi data penginderaan jauh menimbulkan tantangan baru dalam pengelolaan Big Data, sehingga dibutuhkan pendekatan inovatif agar dapat menghasilkan informasi yang relevan dan akurat (Kussul et al. 2016).

Google Earth Engine (GEE) adalah *platform* komputasi awan yang dirancang untuk menyimpan sekaligus mengolah data berskala sangat besar hingga mencapai petabyte, sehingga dapat dimanfaatkan untuk analisis serta mendukung proses pengambilan keputusan (Kumar dan Mutanga, 2018). GEE memiliki antarmuka sederhana dan mudah digunakan, sehingga memudahkan pengguna dalam mengakses data interaktif maupun mengembangkan algoritme. Pengguna juga diberi kesempatan untuk mengunggah dan mengelola data miliknya, sementara seluruh pemrosesan dilakukan melalui infrastruktur *cloud* milik *Google*. Dari aspek perangkat keras maupun perangkat lunak, GEE menawarkan fleksibilitas tinggi dalam pengolahan data (Mutanga dan Lalit, 2019; Gorelick et al., 2017). Adapun tujuan penelitian ini adalah memperoleh citra satelit dengan tutupan awan yang minimal sebagai dasar analisis citra selanjutnya.

2.11 Uji Akurasi

Dalam pengolahan data citra satelit, uji akurasi merupakan tahap penting yang perlu dilakukan. Uji akurasi dimaksudkan untuk menilai tingkat kesesuaian antara data standar yang dianggap benar dengan hasil klasifikasi citra yang kualitas informasinya belum diketahui (Campbell, 1987). Salah satu metode yang umum digunakan dalam menilai kinerja klasifikasi adalah matriks konfusi (*confusion matrix*). Matriks ini menyajikan perbandingan antara hasil klasifikasi yang dihasilkan sistem dengan klasifikasi yang sebenarnya (Lillesand & Kiefer, 2000).

Matriks konfusi dapat menghitung besarnya akurasi pembuat (*producers accuracy*), akurasi pengguna (*users accuracy*), akurasi keseluruhan (*overall accuracy*), akurasi kappa (*kapa accuracy*) (Arison dang. dkk 2015). Menurut Menurut Riswanto (2009), suatu hasil klasifikasi dapat dikatakan layak apabila nilai akurasi kappa yang diperoleh mencapai minimal 85%.

Kelas Referensi	Data Sampel			Jumlah Piksel	Akurasi Pembuat
	A	B	C		
A	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{1+}	X_{11}/X_{1+}
B	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{2+}	X_{22}/X_{2+}
C	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{3+}	X_{33}/X_{3+}
Total Piksel	X_{1+}	X_{2+}	X_{3+}		
Akurasi Pengguna	X_{11}/X_{+1}	X_{22}/X_{+2}	X_{33}/X_{+3}		

Gambar 2. 4 Bentuk matrik kesalahan (Sumber Jaya, 2007)

Persamaan untuk Menghitung Akurasi (Jaya, 2007):

1. **Akurasi Pengguna (*User's Accuracy*)**

$$UA = \frac{X_{11}}{X_{11} + X_{12}} \times 100\%$$

2. **Akurasi Produsen (*Producer's Accuracy*)**

$$PA = \frac{X_{11}}{X_{11} + X_{21}} \times 100\%$$

3. **Akurasi Keseluruhan (*Overall Accuracy*)**

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^N X_{ii}}{N} \times 100\%$$

4. **Akurasi Kappa (*Kappa Accuracy*)**

$$\kappa = \frac{N - \sum_{i=1}^N X_{ii}}{N - \sum_{i=1}^N X_{ii} - \sum_{i=1}^N X_{ii}} \times 100\%$$



**POLITEKNIK SINAR MAS
BERAU COAL**