

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tutupan Lahan

Tutupan lahan merupakan segala bentuk vegetasi maupun konstruksi buatan yang menutupi permukaan bumi. Tutupan lahan berhubungan dengan ciri fisik di permukaan, seperti bangunan, perairan (danau), serta vegetasi. Sementara itu, penggunaan lahan lebih berkaitan dengan aktivitas manusia pada objek tersebut (Lillesand dan Kiefer, 2004). Dalam proses klasifikasi, identifikasi tutupan lahan dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu:

1. Interpretasi citra tutupan lahan dengan menggunakan kunci interpretasi citra, meliputi ukuran, bentuk, pola, tekstur, asosiasi, serta karakteristik spasial. Kunci interpretasi ini didasarkan pada pengenalan unsur-unsur dasar seperti tanah, air, dan vegetasi.
2. Menentukan sistem klasifikasi yang sesuai. Pada penelitian ini digunakan sistem klasifikasi tutupan lahan yang telah dipilih agar hasil interpretasi lebih terarah.
3. Klasifikasi dilakukan dengan metode delineasi pada layar monitor atau biasa disebut digitasi *on-screen*, sesuai kunci interpretasi dan sistem klasifikasi. Hasil dari klasifikasi ini berupa peta tutupan lahan.

Tabel 2. 1 Pola Ruang
(Sumber : RTRW Kabupaten Berau, 2016-2036)

No	Kelas Tutupan Lahan
1	Hutan Produksi Tetap
2	Perkebunan
3	Permukiman Perdesaan
4	Pertanian lahan Basah
5	Sempadan Badan Air
6	Badan Air

Tabel 2. 2 Klasifikasi Tutupan Lahan
(Sumber : Lubis & Nugroho, 2023)

No	Kelas Tutupan Lahan
1	Lahan Terbuka
2	Perkebunan
3	Permukiman
4	Pertanian
5	Hutan
6	Badan Air

Perubahan tutupan lahan merupakan salah satu bentuk dinamika sosial masyarakat yang terjadi dengan cepat akibat tuntutan kebutuhan serta interaksi antarwilayah. Fenomena ini mencakup perubahan seperti bertambahnya kawasan permukiman, berkurangnya lahan persawahan, maupun menyusutnya area hutan dan daerah resapan air hujan akibat alih fungsi lahan (Akbari, 2014).

2.1.2 Perubahan Penggunaan Lahan

Perubahan penggunaan lahan merupakan peralihan fungsi suatu bentuk dan lokasi lahan dari kondisi lama ke bentuk baru atau pergeseran fungsi pada kurun waktu tertentu. Perubahan ini tidak dapat dihindari karena dipicu oleh meningkatnya kebutuhan penduduk. Ada dua faktor utama penyebabnya, yaitu bertambahnya jumlah penduduk yang membutuhkan lahan dan meningkatnya mutu kehidupan yang menimbulkan kebutuhan ruang tambahan, misalnya untuk transportasi atau rekreasi (Sarihi dkk, 2020).

Perkembangan teknologi juga sangat berpengaruh terhadap pola pemanfaatan lahan. Ada tiga aspek penting dalam hal ini: pertama, teknologi pertanian yang mampu meningkatkan produktivitas; kedua, kemajuan teknologi transportasi yang mendorong urbanisasi dan meningkatkan efisiensi tenaga kerja; ketiga, teknologi transportasi yang memudahkan aksesibilitas suatu wilayah (Sarihi dkk, 2020).

Menurut Peraturan Menteri PU Nomor 41 Tahun 2007, penggunaan lahan dikelompokkan menjadi dua kategori besar, yaitu kawasan lindung dan kawasan budidaya.

- **Kawasan Lindung**

Kawasan lindung adalah wilayah yang ditetapkan dengan fungsi utama melindungi kelestarian lingkungan hidup yang mencakup sumber daya alam dan sumber daya buatan.

- **Kawasan Budidaya**

Kawasan budidaya, adalah wilayah yang ditetapkan dengan fungsi utama untuk dibudidayakan atas dasar kondisi dan potensi sumber daya alam, sumber daya manusia, dan sumber daya buatan (Sarihi dkk, 2020).

2.2 Rencana Tata Ruang Wilayah

Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) merupakan sumber daya lahan yang dapat diamati dari kondisi penutupan lahan atau bentuk pemanfaatannya. Keadaan lahan di suatu wilayah dipengaruhi oleh berbagai faktor fisik, seperti letak geografis, struktur geologi, jenis tanah, iklim, hingga aktivitas ekonomi masyarakat. Data yang diperoleh biasanya digunakan untuk melakukan analisis spasial berbasis *Geographic Information System* (GIS), sehingga mampu mengidentifikasi pola pemanfaatan lahan. Jenis penggunaan lahan dapat berupa hutan, sawah, perkebunan rakyat, tambang batubara, permukiman, dan sebagainya (Sarihi dkk, 2020).

Kesesuaian penggunaan lahan adalah tingkat kecocokan antara kondisi penggunaan lahan yang ada dengan rencana tata ruang wilayah. Analisis kesesuaian ini dilakukan dengan membandingkan luas dan bentuk lahan aktual dengan yang telah direncanakan. Terdapat beberapa faktor yang dapat menimbulkan penyimpangan penggunaan lahan, antara lain: kondisi sosial ekonomi masyarakat, kepadatan penduduk, pendidikan, pekerjaan, pendapatan, serta kegiatan ekonomi seperti pertanian dan pertambangan. Selain itu, rendahnya pemahaman masyarakat tentang rencana tata ruang, kurangnya sosialisasi, serta lemahnya kepemilikan lahan juga berpengaruh terhadap penyimpangan tersebut (Sarihi dkk., 2020).

2.3 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh berasal dari istilah *remote sensing* yang diartikan sebagai ilmu dan seni untuk memperoleh data atau informasi mengenai suatu objek tanpa melakukan kontak langsung dengan objek tersebut (Lillesand & Kiefer, 1979). Penginderaan jauh mempelajari dan menganalisis kondisi permukaan bumi dari jarak tertentu menggunakan alat perekam (sensor) yang ditempatkan pada wahana di udara maupun di luar angkasa. Objek yang diteliti terekam oleh sensor tersebut tanpa harus bersentuhan langsung dengan permukaan bumi. Proses penginderaan jauh dilakukan dengan memanfaatkan wahana seperti satelit, pesawat udara, balon udara, dan sebagainya. Hasil rekaman yang diperoleh berupa data mentah yang selanjutnya harus diolah dan dianalisis agar dapat menghasilkan informasi yang bermanfaat. Untuk menjadi suatu informasi tentang permukaan bumi yang berguna bagi berbagai kepentingan bidang ilmu yang berkaitan perlu dianalisis dengan cara interpretasi. Hal ini disebabkan perolehan data penginderaan jauh melalui satelit menawarkan beberapa keunggulan, antara lain periode ulang perekaman daerah yang sama, pemilihan spektrum panjang gelombang untuk mengatasi hambatan atmosfer, daerah cakupannya yang luas dan mampu menjangkau daerah terpencil, bentuk datanya hasil penginderaan jauh berbentuk digital dengan kombinasi saluran spektral (*band*) sehingga dapat diolah untuk berbagai kebutuhan, misalnya pembuatan citra, peta administrasi, maupun peta tutupan lahan. Penginderaan jauh terdiri atas tiga komponen utama, yaitu objek yang diamati, sensor yang merekam objek, serta gelombang elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan oleh permukaan bumi. Interaksi dari ketiga

komponen tersebut menghasilkan data yang kemudian diolah melalui proses interpretasi. Dari proses ini dapat diketahui jenis objek, fenomena yang terjadi, maupun kondisi suatu wilayah (Mulya, 2024).

Beberapa manfaat penerapan penginderaan jauh antara lain:

1. Identifikasi tutupan lahan.
2. Identifikasi dan pemantauan perubahan lahan.
3. Manajemen serta perencanaan wilayah.
4. Pemantauan sektor pertanian dan perkebunan.

2.4 *Google Earth Engine (GEE)*

Penggunaan media pengolahan data berbasis *cloud computing* semakin meluas. Salah satu contohnya adalah *Google Earth Engine* (GEE) yang menyediakan informasi spasial dari citra satelit. Pemanfaatan GEE memungkinkan pengguna mengakses dan mengolah data tanpa harus memiliki perangkat keras dengan kapasitas penyimpanan besar, karena semua proses dilakukan di *server*. Pengguna hanya memerlukan koneksi internet yang stabil serta *browser* untuk menjalankannya, tanpa perlu menginstal perangkat lunak tambahan. Untuk memanfaatkan GEE untuk mengolah data yang tidak tersedia di GEE dan mengunggah batas daerah sebagai fokus daerah yang akan diolah agar proses pengolahan semakin cepat. Pada setiap data yang disediakan di GEE, terdapat juga informasi metadatanya. Hal ini memudahkan pengguna untuk memodifikasi data, misalnya untuk memanfaatkan GEE untuk mengolah data yang tidak tersedia di GEE dan mengunggah batas daerah sebagai fokus daerah yang akan diolah agar proses pengolahan semakin cepat. Hal ini memudahkan pengguna untuk memodifikasi data, misalnya untuk *cloud masking*. GEE juga menyediakan contoh-contoh API yang dapat disalin pengguna untuk disimpan dalam direktori pengguna sendiri. Fitur ini dapat diakses melalui menu *platform* lalu pilih submenu *code editor* pada situs GEE. Fasilitas pengolah data atau API yang disiapkan merupakan fasilitas pengolah data menggunakan bahasa pemrograman *JavaScript*. GEE cukup mudah dipahami dan digunakan, bahkan bagi pengguna yang baru mengenal bahasa pemrograman (Nugroho dkk, 2019).

Tujuan utama *Google Earth Engine* (GEE) adalah menyediakan akses data penginderaan jauh berskala global untuk mendukung pengembangan algoritma dan pemanfaatan big data dalam menghasilkan pengetahuan baru yang berdampak luas terhadap isu-isu geospasial global. Oleh karena itu, GEE dianggap sebagai sebuah terobosan teknologi yang sangat penting. Kelebihan GEE terletak pada akses terhadap data citra satelit dan data lainnya yang jumlahnya sangat besar, selalu diperbarui, serta tersedia secara publik. Dengan demikian, pengguna tidak perlu lagi mencari sumber data tambahan. Umumnya, citra satelit diperoleh melalui *platform* seperti USGS atau ESA, namun GEE sudah mengintegrasikan arsip citra tersebut, sehingga memudahkan proses pengumpulan data. GEE bahkan memiliki arsip citra penginderaan jauh dalam jumlah petabyte yang siap diakses, sehingga sangat

praktis digunakan dalam berbagai analisis geospasial (Nugroho dkk, 2019).

2.5 *Cloud Computing*

Cloud computing adalah teknologi yang mengintegrasikan komputasi melalui jaringan internet untuk menjalankan berbagai aplikasi komputer. Di era revolusi industri 4.0, kebutuhan akan pengolahan data citra yang cepat, murah, dan akurat semakin meningkat. Metode konvensional tidak lagi memadai, sehingga diperlukan sistem berbasis internet atau yang dikenal dengan *cloud computing* untuk mengatasinya. Dengan teknologi ini, pengguna tidak perlu mengunduh data dalam jumlah besar atau menyediakan kapasitas penyimpanan yang luas. Seluruh proses pengolahan dilakukan di *server*, sehingga pengguna tidak wajib memiliki perangkat keras maupun perangkat lunak dengan spesifikasi tinggi. Saat ini, salah satu *platform* yang banyak digunakan adalah *Google Earth Engine* (GEE), yang menyediakan beragam data seperti citra Landsat, Sentinel-1, Sentinel-2, MODIS, DEM, SRTM, hingga data geofisika lain. Secara umum, *cloud computing* memungkinkan akses dan pemanfaatan data secara lebih efisien dan praktis. GEE menyediakan banyak jenis citra seperti Landsat, Sentinel-1, sentinel-2, modis, DEM, SRTM, dan citra geofisika seperti gravitasi. Pada dasarnya *cloud computing* ini memberikan manfaat yang bersifat *cloud* komputasi yaitu dapat memberikan skalabilitas. Manfaat lainnya yang diberikan cloud adalah aksesibilitas, aksesibilitas disini adalah pengguna dapat dengan mudah untuk mengakses data dan informasi yang pengguna butuhkan. Tetapi manfaat yang paling utama dari *cloud computing* ini adalah dalam segi keamanannya (Nugroho dkk, 2019).

2.6 *Citra Satelit Landsat-8*

Program satelit Landsat telah berlangsung sejak tahun 1972 dan menjadi salah satu program penginderaan jauh terpanjang di dunia. Satelit Landsat 8 resmi diluncurkan pada 11 Februari 2013 sebagai bagian dari kelanjutan program ini. Satelit tersebut membawa instrumen *Operational Land Imager* (OLI) serta *Thermal InfraRed Sensor* (TIRS), yang memungkinkan pengamatan bumi dengan kualitas lebih baik, yaitu:

1. *Onboard Operational Land Imager (OLI)*

Instrumen OLI dikembangkan oleh *Ball Aerospace dan Technologies Corporation*, memiliki 9 saluran spektral, termasuk *Deep Blue (Coastal/Aerosol) Band* (0,433–0,453 mikrometer) yang berfungsi untuk mendeteksi partikel aerosol serta *Cirrus Band* (1,360–1,390 mikrometer) untuk mengidentifikasi keberadaan awan tipis. Sementara itu, instrumen TIRS diproduksi oleh *NASA Goddard Space Flight Center* dan terdiri atas 2 saluran spektral, dengan resolusi spasial 100 meter, yang digunakan untuk pengukuran radiasi panas permukaan bumi.

2. *Sensor Thermal InfraRed Sensors (TIRS)*

Instrumen ini juga terdapat pada Satelit Landsat 8. Sensor ini dibuat

oleh NASA *Goddard Space Flight Center*, terdapat 2 (dua) kanal pada *region thermal* yang mempunyai resolusi spasial 100 meter. Citra disusun atas tiga warna dasar, yaitu merah (*red*), hijau (*green*), dan biru (*blue*) atau RGB. Dengan kombinasi RGB, objek dalam citra dapat terlihat semakin beragam warnanya. Komposit RGB memungkinkan obyek tampak lebih bervariasi warnanya. Sebelum hadirnya Landsat 8, nilai tingkat keabuan (*Digital Number/DN*) pada citra Landsat umumnya berada pada rentang 0–255 (8 bit). Sementara itu, Landsat 8 sudah memiliki tingkat kuantisasi yang lebih tinggi, yaitu mencapai 0–65535 (16 bit). Keunggulan ini menjadikan sensitivitas citra meningkat, sehingga tampilan citra menjadi lebih halus dan detail. Kecuali pada kanal pankromatik yang memiliki resolusi 15 meter, citra Landsat 8 umumnya beresolusi spasial 30 meter. Dengan demikian, data yang dihasilkan tetap dapat dibandingkan dengan produk citra Landsat 5 maupun Landsat 7 untuk berbagai kajian, termasuk analisis data *time series* terhadap perubahan permukaan bumi. Berdasarkan publikasi *USGS*, satelit Landsat 8 mengorbit pada ketinggian sekitar 705 km dari permukaan bumi dan memiliki lebar jangkauan scan sekitar 183 km (Akbari, 2014).

Tabel 2. 3 Spesifikasi Kanal Spektral Sensor Pencitra LDCM Landsat 8

Landsat 8	Kanal	Panjang Gelombang (Mikrometer)	Resolusi (Meter)
Landsat 8 <i>Operational Land Imager (OLI)</i> dan <i>Thermal Infrared Sensor (TIRS)</i>	Kanal 1 - <i>Coastal Aerosol</i>	0,43 - 0,45	30
	Kanal 2 - <i>Blue</i>	0,45 - 0,51	30
	Kanal 3 - <i>Green</i>	0,53 - 0,59	30
	Kanal 4 - <i>Red</i>	0,64 - 0,67	30
	Kanal 5 - <i>Near Infrared (NIR)</i>	0,85 - 0,88	30
	Kanal 6 - <i>SWIR 1</i>	1,57 - 1,65	30
	Kanal 7 - <i>SWIR 2</i>	2,11 - 2,29	30
	Kanal 8 - <i>Panchromatic</i>	0,50 - 0,68	15
	Kanal 9 - <i>Cirrus</i>	1,36 - 1,38	30
	Kanal 10 - <i>Thermal Infrared (TIRS) 1</i>	10,60 - 11,19	100
	Kanal 11 - <i>Thermal</i>	11,50 - 12,51	100

(sumber: Butler, 2013)

2.7 Metode Algoritma *Random Forest*

Algoritma *random forest* merupakan sebuah *ensemble* (kumpulan) metode pembelajaran menggunakan pohon keputusan sebagai *base classifier* yang dibangun dan dikombinasikan, beberapa aspek penting dari metode *random forest* diantaranya melakukan sampling terpandu untuk membangun pohon prediksi. Setiap pohon keputusan menggunakan prediktor acak dan *random forest* sendiri melakukan prediksi dengan mengkombinasikan hasil dari setiap pohon keputusan dengan cara *majority vote* untuk klasifikasi dan juga rata-rata untuk regresi. Algoritma *random forest* bekerja dengan cara menggabungkan hasil dari setiap pohon keputusan melalui metode *majority vote* untuk klasifikasi dan rata-rata untuk regresi. Dengan cara ini, model menjadi lebih tahan terhadap *outlier* maupun *noise* serta mampu menghasilkan akurasi yang tinggi dibandingkan hanya menggunakan satu pohon keputusan. Selain itu, algoritma ini relatif cepat karena dapat membangun banyak pohon sekaligus dengan memanfaatkan berbagai parameter penting, di antaranya:

1. *N Estimator*, yaitu jumlah pohon yang dibentuk, umumnya antara 10 hingga 100 pohon.
2. *Max depth*, kedalaman maksimum dari pohon keputusan.
3. *Criterion*, ukuran kualitas pemisahan, misalnya gini untuk ketidakmurnian atau *entropy* untuk perolehan informasi.
4. *Minimal sample split*, yaitu jumlah minimum data yang harus ada agar sebuah node dapat dipecah.
5. *Max features*, jumlah fitur yang dipertimbangkan pada setiap pemisahan node. (Ibnu Afdhal, 2022).

(Marlina Haiza dkk, 2023), selain memiliki parameter-parameter tersebut, *random forest* juga unggul dalam kestabilan hasil, ketahanan terhadap data yang bising, dan efisiensi pada pengolahan data berskala besar. Hal ini karena algoritma tersebut mampu melakukan seleksi fitur terbaik sehingga tetap efektif meskipun parameter yang digunakan cukup kompleks.

2.8 Klasifikasi

Klasifikasi citra digital adalah proses pengelompokan piksel ke dalam kelas tertentu berdasarkan nilai spektralnya. Umumnya, setiap piksel dianggap sebagai satuan terkecil yang menyimpan informasi pantulan (reflektansi) atau pancaran (emisi) spektral dari objek di permukaan bumi. Perbedaan nilai digital piksel digunakan untuk membedakan kenampakan yang homogen pada citra. Dengan teknik kuantitatif, klasifikasi citra dapat dilakukan melalui tiga pendekatan utama, yaitu klasifikasi tanpa pembimbing (*unsupervised classification*), klasifikasi dengan pembimbing (*supervised classification*), serta gabungan dari keduanya (Akbari, 2014).

Menurut Purwadhi (2001), dalam melakukan interpretasi citra, penafsir memerlukan unsur-unsur pengenalan pada objek atau fenomena yang terekam. Unsur pengenalan tersebut dapat dikenali baik secara individual maupun kolektif sehingga menghasilkan pengenalan yang tepat. Terdapat tujuh unsur utama interpretasi, yaitu:

- a) Rona (*tone*), yaitu perbedaan tingkat kecerahan objek pada citra.
- b) Bentuk (*shape*), yaitu wujud atau konfigurasi objek, baik umum maupun khusus.
- c) Ukuran (*size*), yakni besar kecilnya objek pada citra dalam kaitannya dengan skala.
- d) Pola (*pattern*), yaitu susunan atau keteraturan ruang dari suatu objek.
- e) Bayangan (*shadow*), yang memberikan petunjuk tentang tinggi atau bentuk objek, meski kadang menimbulkan efek berlawanan.
- f) Tekstur (*texture*), yaitu tingkat kekasaran atau kehalusan rona pada objek.
- g. Situs (*site*), yakni lokasi atau posisi relatif suatu objek terhadap lingkungannya.

Situs (*site*) atau letak merupakan penjelasan tentang lokasi obyek relatif terhadap obyek atau kenampakan lain yang lebih mudah untuk dikenali, dan dipandang dapat dijadikan data untuk identifikasi obyek yang dikaji (Akbari, 2014).

2.8.1 Klasifikasi Terbimbing (*Supervised Classification*)

Klasifikasi terselia (*supervised classification*) menggunakan algoritma untuk menganalisis piksel yang belum diketahui dan mengelompokkannya ke dalam kelas tertentu berdasarkan nilai digital citra. Kelas yang dihasilkan biasanya berupa kelas spektral. Dengan demikian, proses pengelompokan dilakukan berdasarkan nilai spektral alami citra, meskipun identitas dari nilai spektral tersebut belum dapat dipastikan sejak awal. Oleh karena itu, analisisnya memerlukan data acuan, misalnya citra beresolusi tinggi, untuk membantu menentukan identitas serta informasi dari setiap kelas spektral. Menurut Purwadhi (2001), klasifikasi terselia dilakukan melalui tiga tahap utama:

- Tahap *training sample*: dilakukan dengan menyusun kunci interpretasi serta mengembangkannya melalui analisis numerik spektral pada setiap objek citra dengan menentukan batas wilayah tertentu (*training area*).
- Tahap klasifikasi: setiap piksel dalam citra dibandingkan dengan kategori pada kunci interpretasi secara numerik, yaitu dengan menetapkan nilai piksel yang belum diketahui ke dalam kategori yang paling sesuai. Perbandingan dilakukan menggunakan berbagai metode klasifikasi numerik, seperti jarak minimum, rata-rata, kemiripan maksimum, atau

parallelepiped. Setiap piksel kemudian diberi label kelas sehingga terbentuk matriks multidimensi untuk mengidentifikasi jenis penutup lahan yang ditafsirkan.

- Tahap keluaran: hasil akhir berupa matriks yang telah didelineasi hingga menjadi peta. Dari peta tersebut diperoleh informasi jenis dan luas berbagai kategori penutup lahan, yang kemudian disajikan dalam bentuk tabel matriks luas tutupan lahan pada citra.

Klasifikasi Terbimbing dibagi menjadi 3 :

- Klasifikasi Berdasarkan Jarak Minimum Rata-rata Kelas

Metode ini merupakan teknik klasifikasi terbimbing yang paling sederhana. Prinsipnya adalah menghitung nilai rata-rata tiap kelas (disebut vektor rata-rata atau *mean vector*), lalu jarak terdekat ke rata-rata tersebut dijadikan dasar klasifikasi. Pendekatan ini efisien secara matematis dan mudah dihitung, tetapi kelemahannya kurang sensitif terhadap perbedaan variasi spektral

- Klasifikasi Berdasarkan Strategi *Parallelepiped*

Metode *parallelepiped* adalah klasifikasi terbimbing yang memperhitungkan rentang nilai digital dari tiap kategori kelas berdasarkan piksel *training sample*. Setiap kelas ditentukan oleh kisaran nilai minimum (DN min) dan maksimum (DN max) pada tiap saluran. Kisaran tersebut kemudian digambarkan sebagai bentuk balok (empat persegi panjang) pada ruang data citra.

- Klasifikasi Berdasarkan Fungsi Normal Gauss Kemiripan Maksimum (*Maximum Likelihood*)

Metode ini merupakan teknik klasifikasi terbimbing yang menilai kesesuaian atau kemiripan maksimum suatu piksel dengan kelas tertentu. Prinsipnya, piksel yang tidak dikenal dibandingkan dengan pola spektral kelas menggunakan informasi varian dan korelasi, lalu dikategorikan ke kelas dengan peluang tertinggi. Prosesnya memanfaatkan *training sample* yang diasumsikan mengikuti sebaran normal (distribusi normal), di mana pola respon spektral setiap kelas dianggap memiliki vektor rata-rata dan matriks kovarian. Dengan demikian, probabilitas statistiknya dapat digambarkan melalui kurva normal (Gaussian). Klasifikasi ini mempertimbangkan banyak dimensi, sehingga pengelompokan dilakukan terhadap piksel dengan sifat spektral yang serupa dan konsisten pada citra. Setiap kelas dianggap memenuhi distribusi normal Gauss dengan ciri khas

berupa nilai rata-rata (*mean*) intensitas piksel yang telah diketahui.

2.8.2 Klasifikasi Tidak Terbimbing (*Unsupervised Classification*)

Klasifikasi tidak terbimbing adalah metode yang memanfaatkan algoritma untuk mengelompokkan piksel-piksel citra yang belum diketahui kelasnya ke dalam beberapa kelompok berdasarkan kesamaan nilai spektralnya. Kelas yang terbentuk berasal dari pola data citra tanpa bantuan informasi lapangan sebelumnya. Karena sulit membedakan kelas penutupan lahan hanya dengan pengamatan visual, terutama jika menggunakan lebih dari satu saluran citra, maka digunakan teknik statistik untuk mengelompokkan piksel secara otomatis sesuai kemiripan spektralnya. Dengan cara ini, data citra dikelompokkan menjadi kelas-kelas alami. Prosedur pengelompokan objek dengan karakteristik spektral serupa ini disebut analisis kelompok (*cluster analysis*). Analisis *cluster* sendiri merupakan metode untuk mempelajari struktur data dan menentukan pengelompokan yang paling sesuai. Analisis *cluster* merupakan studi yang mempelajari algoritma yang mencari bentuk struktur data yang sesuai. Algoritma *clustering* merupakan penyusunan matriks pola (*pattern matrix*) atau menyusun matrik desimilasi atau matriks keserupaan (*dissimilarity matrix*) dalam proses penentuan *cluster* (Akbari, 2014).

2.9 Uji Akurasi

Dalam pengolahan data citra satelit, uji akurasi sangat penting dilakukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara informasi hasil klasifikasi dengan data acuan yang dianggap benar. Akurasi ini dapat diukur menggunakan matriks konfusi (*confusion matrix*), yaitu metode yang membandingkan data hasil klasifikasi dengan data referensi untuk mengetahui kualitasnya (Campbell, 1987). Secara umum, matriks konfusi memuat informasi yang menunjukkan perbedaan antara hasil klasifikasi dengan kondisi sebenarnya. Dari matriks ini dapat dihitung berbagai parameter akurasi, antara lain: akurasi produsen (*producers accuracy*), akurasi pengguna (*users accuracy*), akurasi keseluruhan (*overall accuracy*), serta akurasi kappa (*kappa accuracy*) (Alim dkk, 2020). Menurut Riswanto (2009), hasil klasifikasi dapat diterima apabila nilai akurasi kappa mencapai minimal 85% atau lebih.

Tabel 2. 4 Bentuk Matrik Kesalahan
(Sumber : Jaya, 2007)

Kelas Referensi	Data Sampel			Jumlah Piksel	Akurasi Pembuat
	A	B	C		
A	X11	X12	X13	X1+	X11/X1+
B	X21	X22	X23	X2+	X22/X2+

C	X31	X32	X33	X3+	X33/X3+
Total Piksel	X+1	X+2	X+3	N	
Akurasi Pengguna	X11/ X+1	X22/ X+2	X33/ X+3	Xii	

Beberapa persamaan fungsi yang digunakan (Jaya, 2007) sebagai berikut:

1. Akurasi pengguna = $\frac{X_{11}}{X_{1+}} \times 100\%$
2. Akurasi pembuat = $\frac{X_{11}}{X_{1+}} \times 100\%$
3. Akurasi keseluruhan = $\left(\sum_{i=1}^r \frac{X_{ii}}{N} \right) \times 100\%$
4. Akurasi kappa = $\left[\frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{1+} X_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r X_{1+} X_{+i}} \right] \times 100\%$

Keterangan : N : Banyaknya piksel dalam contoh
 X_{1+} : Nilai piksel dalam baris ke – i
 X_{+i} : Jumlah piksel setiap baris ke – i
 X_{ii} : Nilai diagonal dari matriks kontingensi baris ke–i.

2.10 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya yang membahas terkait tutupan lahan dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) menggunakan beberapa metode yang berbeda:

POLITEKNIK SINAR MAS
BERAU COAL

Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Gap
1	Analisis Perubahan Tutupan Lahan Di Kabupaten Lombok Timur Dengan Memanfaatkan Citra Landsat 8 menggunakan Metode klasifikasi Terbimbing (<i>Supervised Classification</i>) Dan Tidak Terbimbing (<i>Unsupervised Classification</i>) (Rizky dkk., 2021).	Penelitian ini memakai metode klasifikasi terbimbing dan tidak terbimbing. Pada klasifikasi tidak terbimbing digunakan algoritma <i>Iterative Self Organizing Data Analysis Technique</i> (ISODATA).	Selama kurun waktu lima tahun (2017–2021), luas penutupan lahan mengalami perubahan. Sebagian besar kelas penutup lahan cenderung meningkat, kecuali kelas badan air yang tidak menunjukkan perubahan berarti.	Masih diperlukan penelitian lanjutan mengenai klasifikasi penutupan lahan dengan metode yang berbeda, sehingga dapat menghasilkan identifikasi kelas penutup lahan yang lebih rinci dan akurat.
2	Analisis perubahan penutupan lahan akibat letusan Gunung Semeru tahun 2021 dengan algoritma <i>Random Forest</i> (Studi Kasus: Kecamatan Pronojiwo, Kabupaten Lumajang) (Hidayat dkk, 2024).	Penelitian menggunakan data citra Sentinel 2 Level 2A dengan penerapan algoritma <i>Random Forest</i> .	Hasil analisis menunjukkan bahwa kelas badan air, lahan terbuka, dan hutan mengalami peningkatan luas masing-masing sebesar 0,054 km ² , 6,391 km ² , dan 6,963 km ² . Sebaliknya, lahan permukiman, sawah, dan perkebunan justru mengalami penurunan luas berturut-turut sebesar 0,055 km ² , 8,816 km ² , dan 4,536 km ² .	Diperlukan penelitian lanjutan yang lebih memperhatikan penentuan training point dan testing agar hasil klasifikasi lebih akurat.

No	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Gap
3	Analisis perubahan tutupan lahan terhadap pola ruang pada Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dengan metode <i>Machine Learning</i> menggunakan klasifikasi terbimbing <i>Classification and Regression Tree</i> (CART) (Studi Kasus: Kabupaten Tapanuli Utara) (Lubis & Nugroho, 2023).	Penelitian ini menggunakan metode klasifikasi terbimbing <i>Classification and Regression Tree</i> (CART) berbasis <i>machine learning</i> .	Tutupan lahan pada periode 2013–2023 mengalami perubahan di setiap kelas. Pada tahun 2013–2017, perubahan tercatat sebesar 5,91% atau 224,292 km ² , sedangkan pada tahun 2017–2023 perubahan mencapai 2,33% atau 88,561 km ² . Beberapa kelas tutupan lahan, seperti hutan, mengalami penurunan luas. Secara keseluruhan, kesesuaian antara tutupan lahan dengan pola ruang RTRW Kabupaten Tapanuli Utara cukup tinggi.	Ketidaksesuaian antara tutupan lahan dengan rencana pola ruang masih ditemukan. Hal ini wajar terjadi karena penelitian tutupan lahan dibandingkan dengan RTRW dilakukan di akhir masa berlaku rencana tersebut.

POLITEKNIK SINAR MAS
BERAU COAL