

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang objek atau fenomena di permukaan bumi tanpa melakukan kontak langsung. Dalam konteks survei dan pemetaan, penginderaan jauh digunakan untuk mengamati, mencatat, dan menganalisis wilayah permukaan bumi dalam berbagai skala dan resolusi. Penginderaan jauh merupakan suatu teknik untuk mengumpulkan informasi mengenai obyek dan lingkungannya dari jarak jauh tanpa sentuhan fisik. Biasanya teknik ini menghasilkan beberapa bentuk citra yang selanjutnya diproses dan diinterpretasikan guna menghasilkan data yang bermanfaat untuk aplikasi-aplikasi di bidang pertanian, arkeologi, kehutanan, geografi, geologi, perencanaan dan bidang-bidang lainnya. Tujuan utama penginderaan jauh ialah mengumpulkan data sumber daya alam dan lingkungannya, informasi tentang obyek disampaikan ke pengamat melalui energi elektromagnetik yang merupakan pembawa informasi dan sebagai penghubung komunikasi. Oleh karena itu kita dapat menganggap bahwa data penginderaan jauh pada dasarnya merupakan informasi intensitas panjang gelombang yang perlu diberikan kodenya sebelum informasi tersebut dapat dipahami secara penuh. Proses pengkodean ini setara dengan interpretasi citra penginderaan jauh yang sangat sesuai dengan pengetahuan kita mengenai sifat-sifat radiasi elektromagnetik.

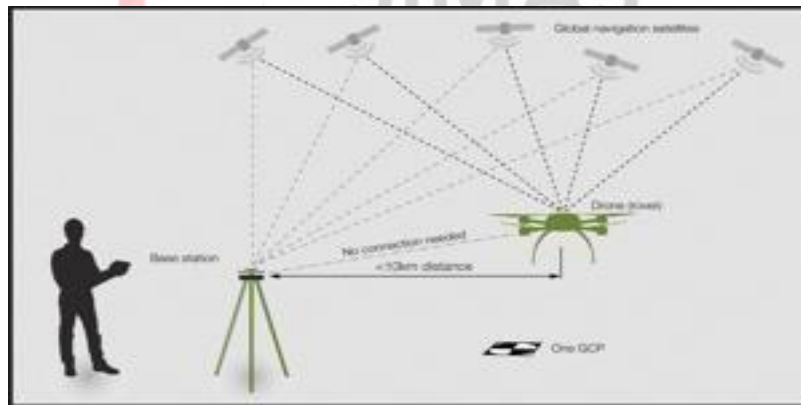
2.2. *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV)

Teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau drone telah menjadi alat utama dalam pengumpulan data spasial beresolusi tinggi. UAV memiliki keunggulan dalam fleksibilitas waktu, akurasi tinggi, serta efisiensi biaya jika dibandingkan dengan metode konvensional. Menurut Lillesand dkk. (2015), UAV dapat digunakan secara efektif untuk pemetaan detail karena mampu menghasilkan citra dengan resolusi lebih tinggi dibandingkan dengan citra satelit resolusi menengah.

UAV atau lebih sering dikenal dengan pesawat tanpa awak adalah salah satu jenis mobile robot yang terdiri dari dua jenis yaitu bentuk pesawat *fixed wing* dan bentuk *copter*. Saat ini UAV banyak digunakan untuk berbagai keperluan seperti pengambilan citra wilayah, sinematografi udara dan keperluan militer. UAV juga digunakan oleh akademisi maupun peneliti untuk melakukan pengujian

dan pengembangan sistem yang dapat membantu pekerjaan sehari-hari (Gaol dkk. 2017).

UAV adalah salah satu jenis robot penjelajah udara tanpa awak. UAV juga sering disebut dengan nama Pesawat Udara Nir Awak (PUNA). UAV merupakan kendaraan udara tanpa awak (pilot pengendali) di dalamnya. Karena tidak memiliki awak, UAV harus dikendalikan dari jarak jauh menggunakan *remote control* dari luar kendaraan atau biasa disebut *Remotely Piloted Vehicle* (RPV). Selain itu, UAV juga dapat bergerak secara otomatis berdasarkan program yang sudah ditanamkan pada sistem komputernya. Beberapa contoh pengaplikasian UAV yaitu melakukan penginderaan jauh, melakukan respons terhadap bencana, melakukan pengawasan hukum, melakukan pencarian dan penyelamatan pada daerah yang sulit dijangkau, transportasi, menjadi alat penghubung komunikasi permanen maupun sementara dan membawa atau mengirimkan suatu muatan (Sari, 2017).



Gambar 11 Ilustrasi Pengambilan Data Drone

Gambar tersebut menggambarkan proses penggunaan teknologi *Real-Time Kinematic* (RTK) dalam operasi drone untuk pemetaan dengan akurasi tinggi. Sistem ini bekerja dengan mengandalkan sinyal dari satelit navigasi global diterima oleh dua perangkat, yaitu drone (sebagai rover) dan *base station* (sebagai stasiun referensi di darat). Base station diletakkan di lokasi yang koordinatnya sudah diketahui secara pasti. Dengan membandingkan sinyal satelit yang diterimanya dengan posisi aktualnya, base station dapat menghitung kesalahan (*error*) posisi dari sinyal GNSS tersebut. Koreksi posisi ini kemudian dikirimkan ke drone secara *real-time*, tanpa memerlukan koneksi kabel, selama drone berada dalam radius kurang dari 13 kilometer dari *base station*. Drone yang menerima koreksi ini dapat menentukan posisinya dengan akurasi yang jauh lebih tinggi, biasanya hingga tingkat sentimeter. Dengan sistem ini, penggunaan titik kontrol tanah (*Ground Control Points/GCP*) dapat diminimalkan, bahkan

cukup menggunakan satu GCP saja untuk validasi. Teknologi ini sangat efisien untuk pemetaan, survei topografi, dan aplikasi lain yang membutuhkan data geospasial presisi tinggi.

2.3. *Object Based Image Analysis (OBIA)*

Object-Based Image Analysis (OBIA) merupakan pendekatan analisis citra yang berkembang pesat dalam bidang penginderaan jauh, khususnya sejak berkembangnya citra resolusi tinggi. Tidak seperti pendekatan tradisional berbasis piksel yang menganalisis tiap piksel secara individu, OBIA bekerja dengan mengelompokkan piksel yang memiliki karakteristik serupa menjadi objek (*segments*) untuk dianalisis secara keseluruhan. Pendekatan ini memungkinkan pemanfaatan informasi spasial seperti bentuk, ukuran, tekstur, dan konteks antar objek, yang sangat penting dalam interpretasi citra resolusi tinggi (Blaschke, 2010).

Langkah awal dalam OBIA adalah proses segmentasi citra, yaitu membagi citra menjadi unit-unit objek homogen berdasarkan kesamaan nilai spektral dan atribut spasial. Teknik segmentasi yang umum digunakan adalah *multiresolution segmentation*, yang menggabungkan piksel berdasarkan parameter skala, bentuk, dan kekompakan. Setelah objek terbentuk, berbagai atribut objek seperti nilai rata-rata spektral, luas, bentuk geometri, serta hubungan spasial antar objek diekstraksi sebagai dasar untuk proses klasifikasi (Hay & Castilla, 2008).

Selanjutnya, proses klasifikasi dilakukan terhadap objek-objek yang telah dibentuk. Klasifikasi ini dapat dilakukan secara *supervised* maupun *unsupervised*, menggunakan algoritma seperti *decision tree*, *random forest*, *support vector machine*, dan lain-lain. Salah satu keunggulan OBIA adalah kemampuannya mengurangi efek “*salt-and-pepper*” yang sering muncul dalam klasifikasi berbasis piksel, terutama pada citra resolusi tinggi, serta meningkatkan akurasi klasifikasi karena memanfaatkan lebih banyak fitur dari objek (Dronova, 2015).

OBIA telah banyak diterapkan dalam berbagai studi, antara lain dalam pemetaan penutup lahan, deteksi perubahan penggunaan lahan, analisis vegetasi, dan identifikasi objek buatan manusia seperti bangunan dan jalan. Pendekatan ini terbukti efektif dalam mendeteksi perubahan spasial dari waktu ke waktu, serta mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan wilayah dan manajemen sumber daya alam (Chen dkk., 2012).

OBIA adalah metode klasifikasi citra digital berbasis objek, bukan piksel tunggal. OBIA melibatkan dua tahapan utama, yaitu segmentasi

citra dan klasifikasi objek. Segmentasi dilakukan untuk memecah citra menjadi beberapa objek berdasarkan kesamaan nilai spektral, bentuk, dan tekstur. Setelah segmentasi, setiap objek dianalisis berdasarkan atributnya dan diklasifikasikan sesuai kategori yang ditentukan.

Menurut Blaschke (2010), pendekatan OBIA sangat efektif dalam mengatasi keterbatasan metode klasifikasi berbasis piksel, terutama untuk foto beresolusi tinggi seperti UAV. OBIA mampu menangkap informasi spasial yang kompleks dan cocok untuk menganalisis tutupan lahan heterogen seperti Vegetasi, Permukiman, Perairan dan Jalan.

2.4. Klasifikasi Vegetasi dan Tutupan Lahan

Klasifikasi vegetasi dan tutupan lahan merupakan proses pengelompokan permukaan bumi berdasarkan atribut yang dimiliki seperti jenis tumbuhan, kerapatan, dan penggunaan lahan. Klasifikasi ini sangat penting dalam pengelolaan sumber daya alam, pemantauan perubahan lahan, dan perencanaan wilayah.

Menurut Anderson dkk. (1976), sistem klasifikasi tutupan lahan dibagi dalam beberapa level hierarki, mulai dari kategori umum seperti hutan, perairan, jalan, dan permukiman, hingga kategori yang lebih spesifik seperti hutan mangrove atau lahan sawah. Dengan pendekatan OBIA, klasifikasi dapat dilakukan secara lebih akurat karena mempertimbangkan faktor bentuk, ukuran, serta hubungan spasial antar objek.

Jumlah kelas tutupan lahan umumnya disesuaikan dengan tujuan penelitian, resolusi data, serta kondisi wilayah. Dalam studi dengan citra UAV beresolusi tinggi dan metode *Object Based Image Analysis* (OBIA), klasifikasi biasanya dibuat dalam beberapa kelas utama agar mudah dianalisis. Berikut contoh kelas tutupan lahan yang sering digunakan beserta penjelasannya:

1. **Vegetasi** Meliputi area yang ditutupi oleh tumbuhan, baik berupa hutan, semak belukar, kebun, maupun lahan pertanian. Vegetasi biasanya memiliki spektrum hijau yang khas pada citra UAV sehingga mudah dibedakan dari kelas lain.
2. **Permukiman Terbangun** Area yang sudah dimanfaatkan untuk bangunan, jalan, fasilitas umum, maupun struktur buatan manusia lainnya. Kelas ini penting untuk analisis perkembangan pemukiman dan perubahan penggunaan lahan.
3. **Perairan** Mencakup sungai, danau, kolam, atau genangan air lain yang terlihat jelas pada citra. Air biasanya memiliki nilai spektral rendah (gelap) dan kontras dengan vegetasi atau lahan terbangun.

4. **Lahan Terbuka** Area yang tidak ditumbuhi vegetasi atau belum dimanfaatkan, misalnya tanah kosong, bekas tambang, lahan gundul, atau lapangan terbuka. Kelas ini penting untuk melihat potensi konversi lahan di masa depan.

5. **Lahan Pertanian** (opsional, jika dipisahkan dari vegetasi)

Jika penelitian lebih detail, lahan pertanian bisa dipisahkan dari vegetasi umum karena memiliki pola tanam tertentu (sawah, ladang, kebun produktif).

2.5. Perubahan lahan

Perubahan lahan adalah proses di mana fungsi, penggunaan, atau penutupan suatu lahan berubah dari kondisi semula menjadi kondisi yang berbeda, baik karena kegiatan manusia maupun faktor alami (Lambin & Geist, 2006). Perubahan ini bisa terjadi, misalnya, saat hutan diubah menjadi lahan pertanian, pemukiman, industri, atau bangunan. Selain itu, juga bisa terjadi perubahan tutupan tumbuhan menjadi lahan yang terbuka atau sudah berkembang (Briassoulis, 2019). Di kota-kota dan daerah yang sedang berkembang, perubahan lahan sering terjadi karena kebutuhan pembangunan, pertumbuhan jumlah penduduk, dan tekanan ekonomi. Selain memengaruhi kondisi fisik lingkungan seperti hilangnya tumbuhan dan rusaknya tanah, perubahan lahan juga memengaruhi kualitas udara, ketersediaan air, dan keanekaragaman makhluk hidup. Untuk itu, penting bagi kita memahami dan mengelola perubahan lahan agar bisa menjaga keseimbangan antara perkembangan dan perlindungan lingkungan.

Perubahan lahan di Gunung Panjang pada dasarnya mencerminkan tren yang juga terjadi di banyak wilayah Kalimantan Timur, di mana pertumbuhan penduduk, pembangunan infrastruktur, dan ekspansi industri ekstraktif menjadi faktor utama pengubah lanskap. Urbanisasi dan peningkatan aksesibilitas wilayah membuka peluang bagi alih fungsi lahan dari hutan atau lahan vegetasi menjadi lahan pemukiman, komersial, maupun industri (BPS Kaltim, 2022). Namun, tanpa tata kelola yang baik, perubahan ini dapat berdampak negatif terhadap lingkungan, seperti peningkatan risiko bencana alam, kehilangan keanekaragaman hayati, dan konflik kepemilikan lahan. Oleh karena itu, sangat penting dilakukan pemantauan dan analisis spasial berbasis data penginderaan jauh serta evaluasi kebijakan tata ruang untuk memahami lebih dalam pola dan dampak perubahan lahan yang terjadi di wilayah Gunung Panjang

2.6. QGIS (Quantum Gis)

Quantum GIS (QGIS) adalah perangkat lunak *open source* dalam bidang Sistem Informasi Geografis (SIG) yang dirancang untuk memvisualisasikan, mengelola, menganalisis, dan menyajikan data geospasial. QGIS mulai dikembangkan sejak tahun 2002 oleh Gary Sherman, dan kini menjadi salah satu perangkat lunak SIG paling populer di dunia, baik di lingkungan akademik, pemerintahan, maupun sektor industri. QGIS bersifat gratis dan berlisensi GNU General Public License (GPL), sehingga dapat digunakan, dimodifikasi, dan dikembangkan secara bebas oleh siapa saja.

QGIS mampu mengolah berbagai format data spasial, baik vektor (shapefile, GeoJSON, KML, GPKG) maupun raster (GeoTIFF, IMG, JPEG, PNG), serta mendukung basis data spasial seperti PostgreSQL/PostGIS, SpatiaLite, dan Oracle Spatial. Hal ini menjadikan QGIS sangat fleksibel dalam memproses data dari berbagai sumber. Selain itu, QGIS juga mendukung berbagai sistem koordinat dan proyeksi, sehingga memudahkan dalam analisis data lintas wilayah.

Keunggulan utama QGIS terletak pada dukungan plugin yang beragam. Melalui *plugin*, pengguna dapat menambahkan fungsi-fungsi tertentu sesuai kebutuhan, seperti:

- *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP) untuk klasifikasi citra penginderaan jauh.
- Orfeo Toolbox (OTB) untuk segmentasi dan analisis citra beresolusi tinggi.
- AcATaMA untuk uji akurasi klasifikasi.
- QGIS3D untuk visualisasi model tiga dimensi.

Dari sisi analisis, QGIS menyediakan berbagai fitur analisis spasial, seperti *buffering*, *overlay*, *interpolation*, *spatial query*, *hydrological analysis*, hingga analisis perubahan lahan (*land cover change*). Integrasi QGIS dengan perangkat lunak lain seperti GRASS GIS dan SAGA GIS juga semakin memperkaya kemampuan analisisnya.

QGIS memiliki antarmuka (*interface*) yang ramah pengguna. Tampilan utama QGIS terdiri atas *map canvas* untuk menampilkan data, *layer panel* untuk mengatur data vektor maupun raster, serta *processing toolbox* yang berisi berbagai algoritma analisis. Selain itu, QGIS mendukung peta interaktif berbasis web melalui integrasi dengan QGIS Server, sehingga hasil analisis dapat langsung dipublikasikan dalam bentuk WebGIS.

2.7. Penelitian Sebelumnya

Berikut adalah beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan topik klasifikasi vegetasi dan tutupan lahan menggunakan metode OBIA dan UAV:

Table 1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti & Tahun	Judul	Temuan Utama	Hasil Penelitian
1.	Iskandar (2020)	Klasifikasi lahan pertanian di Kabupaten Bogor	Akurasi klasifikasi 85%, berhasil membedakan padi dan jagung.	Penelitian ini menunjukkan bahwa metode klasifikasi mampu membedakan jenis tanaman pertanian utama dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi, sehingga efektif untuk pemantauan lahan pertanian.
2.	Yuliana et al. (2020)	Pemetaan tutupan lahan sempadan sungai	OBIA memisahkan vegetasi riparian dan semak belukar secara akurat.	Studi ini menegaskan keunggulan OBIA dalam membedakan jenis vegetasi yang memiliki kemiripan visual di area yang kompleks seperti sempadan sungai.

3.	Kurniawan dan Sari (2021)	Klasifikasi wilayah pesisir	Air, pasir, vegetasi pantai dibedakan akurat dengan segmentasi berbasis OBIA.	Penelitian ini membuktikan bahwa OBIA efektif untuk klasifikasi objek dengan karakteristik berbeda secara spasial dan spektral di lingkungan pesisir.
4.	Putri & Wahyudi (2021)	Pemetaan vegetasi hutan kota di Yogyakarta	OBIA lebih unggul daripada metode piksel dalam membedakan jenis vegetasi.	Penelitian ini menegaskan keunggulan OBIA dalam mengidentifikasi variasi vegetasi di lingkungan perkotaan dengan tingkat detail yang lebih baik dibanding metode konvensional.
5.	Rahmadani (2022)	Kawasan kelapa sawit di Kalimantan Barat	OBIA dapat membedakan pohon sawit muda dan dewasa berdasarkan tekstur.	Studi ini menunjukkan kemampuan OBIA dalam mendeteksi dan membedakan kelas vegetasi berdasarkan atribut tekstur, penting untuk pengelolaan perkebunan secara efektif.