

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh (*remote sensing*), yang sering disingkat sebagai inderaja merupakan bidang pengetahuan dan seni yang digunakan untuk mendapatkan data mengenai suatu objek, kawasan, atau peristiwa dengan menganalisis informasi yang diperoleh melalui perangkat tanpa perlu berkontak langsung dengan objek, kawasan, atau peristiwa yang sedang diteliti.

Data penginderaan jauh, dalam bentuk citra, memberikan gambaran yang relatif komprehensif mengenai objek di permukaan bumi, menampilkan detail dan posisi objek dengan tingkat kemiripan terhadap penampakan dan letaknya pada wilayah yang luas. Citra hasil penginderaan jauh merupakan representasi visual objek, wilayah, atau peristiwa, dihasilkan dari tangkapan pantulan atau radiasi yang dipancarkan oleh objek menggunakan sensor penginderaan jauh, dan dapat berupa gambar foto atau data digital. Penggunaan satelit dalam teknologi penginderaan jauh mewakili bentuk penginderaan jauh yang tidak melulu bergantung pada fotografi, ini merupakan perkembangan dari pendekatan fotografi atau fotogrametri dalam penginderaan jauh. Sebelum tahun 1960, istilah “penginderaan jauh fotografik” atau dikenal sebagai “foto udara” lebih sering digunakan, dan perluasan konsep penginderaan jauh telah membawa penggunaan istilah ini lebih jauh dalam sistem fotografi (Adisasmitha et al., 2018).

Ide dasar dari penginderaan jauh terdiri dari beberapa unsur atau bagian, yang mencakup sumber energi, lapisan atmosfer, interaksi energi dengan benda-benda di permukaan bumi, alat penginderaan (sensor), sistem untuk memproses data, dan beragam aplikasi data tersebut. Sistem penginderaan jauh dimulai dengan merekan benda-benda di atas permukaan bumi. Energi memiliki peran utama dalam penginderaan jauh, berfungsi sebagai pengantar informasi dari objek ke sensor. Bentuk energi bisa berupa suara, medan magnet, gravitasi, atau energi elektromagnetik. Dalam konteks penginderaan bumi, energi elektromagnetik adalah yang paling relevan. Sumber energi elektromagnetik dalam penginderaan jauh umumnya berasal dari matahari, di mana radiasi matahari bergerak melalui lapisan atmosfer.

Sebagian dari energi radiasi matahari tidak mencapai permukaan bumi karena sebagian diabsorpsi dan kemudian tersebar di atmosfer. Energi yang berhasil mencapai permukaan bumi, sebagian dipantulkan atau dipancarkan kembali oleh objek-objek di permukaan tersebut, dan proses ini terekam oleh sensor dalam penginderaan jauh. Sensor-sensor ini membutuhkan energi sebagai media operasionalnya. Sensor ini dapat dipasang pada pesawat terbang atau satelit, dan dalam kasus sensor pada satelit, hasil rekaman dari permukaan bumi dikirim ke stasiun penerima di bumi. Stasiun ini menerima data dari satelit dan merekamnya dalam bentuk data digital pada media magnetik. Informasi yang direkam kemudian diolah di laboratorium pengolahan data untuk menghasilkan citra penginderaan jauh, yang selanjutnya didistribusikan kepada berbagai pengguna. Penginderaan jauh memiliki berbagai resolusi yang digunakan sebagai parameter untuk mengukur kemampuan sensor (Danoedoro, 2010). Beberapa resolusi yang biasa digunakan antara lain :

- a. Resolusi Spasial adalah kemampuan untuk menggambarkan ukuran terkecil dari objek yang masih dapat dibedakan dan dikenali dalam citra. Semakin kecil ukuran objek yang dapat direkam, maka semakin tinggi kualitas dari resolusi spasial tersebut.
- b. Resolusi Spektral mengacu pada kemampuan sistem pencitraan atau sensor optik elektronik pada satelit untuk mengisolasi informasi atau mengungkapkan karakteristik objek dengan mempertimbangkan intensitas pantulan atau emisi cahaya pada berbagai rentang gelombang dalam spektrum elektromagnetik yang digunakan untuk mengumpulkan data. Semakin besar jumlah pita spectral yang dapat dikenali oleh sensor, maka semakin tinggi pula kualitas resolusi spectral yang dimilikinya.
- c. Resolusi Radiometrik menggambarkan kapabilitas sistem sensor dalam mendeteksi perbedaan pantulan yang sangat halus, atau tingkat sensitivitas sensor terhadap perubahan kecil dalam intensitas sinyal untuk mengonversinya menjadi representasi angka digital. Ketika nilai angka digital dari suatu objek lebih rendah, ini mencerminkan tingkat resolusi radiometrik yang lebih tinggi dari sensor tersebut.

- d. Resolusi Termal mengacu pada batas kemampuan sensor pemantauan jarak jauh untuk merekam radiasi energi panas atau perbedaan suhu yang masih dapat dikenali oleh sensor dalam konteks karakteristik termal.
- e. Resolusi Temporal menggambarkan kemampuan sensor untuk merekam gambaran dari objek yang identik secara berulang. Semakin sering frekuensi sensor dalam merekam ulang objek yang sama, semakin tinggi kualitas resolusi temporal yang dimilikinya.

Penggunaan teknologi penginderaan jauh semakin meluas dalam berbagai bidang penelitian, termasuk namun tidak terbatas pada pemetaan, survei tanah, analisis geologi, monitoring hutan, pengelolaan pertanian, rekayasa, industri, perencanaan perkotaan, pemantauan cuaca, eksplorasi kelautan, analisis bencana alam, kegiatan pertambangan, riset kebudayaan, kajian lingkungan, dan berbagai bidang lainnya. Peningkatan signifikan dalam penggunaan teknologi ini dipicu oleh beberapa faktor di antaranya :

- Citra penginderaan jauh memiliki cakupan yang cukup luas dan menyeluruh, menampilkan objek dengan bentuk dan posisi yang mirip dengan situasi nyata, dan data yang direkam dapat berfungsi sebagai bentuk dokumentasi.
- Sifat-sifat yang tidak dapat dilihat secara langsung, seperti variasi suhu akibat kebocoran pipa, dapat teridentifikasi melalui penggunaan citra inframerah.
- Data direkam dalam interval waktu yang singkat.
- Dapat mengumpulkan informasi dari wilayah yang sulit diakses secara fisik.
- Tersedia informasi beragam spectral, dari berbagai sensor, dalam berbagai periode waktu, sementara resolusi spasial semakin meningkat.



Gambar 2.1 Ilustrasi penginderaan jauh (Hadi, 2019)

2.2 *Land Surface Water Index (LSWI)*

Land Surface Water Index (LSWI) adalah suatu indeks yang digunakan untuk mengukur jumlah air pada permukaan tanah, yang dihitung berdasarkan perbedaan nilai reflektansi antara cahaya pada wilayah *Near infrared (NIR)* dan *Shortwave infrared (SWIR)* pada citra satelit. *Land Surface Water Index (LSWI)* indeks yang digunakan untuk memantau kebasahan pada permukaan tanah. Penggunaan *LSWI* pada penelitian ini untuk memetakan daerah-daerah yang terkena banjir dan daerah-daerah yang kekurangan air (Karismawati et al., 2019), indeks ini memanfaatkan saluran *NIR* untuk mengetahui referensi kebasahan dan pada saluran *SWIR* digunakan sebagai pengukur kebasahan. Berikut merupakan algoritma yang digunakan untuk menghitung *LSWI* :

$$LSWI = \frac{(\rho_{NIR} - \rho_{SWIR})}{(\rho_{NIR} + \rho_{SWIR})} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

ρ_{NIR} : Reflektansi saluran inframerah dekat (*Near Infrared*)

ρ_{SWIR} : Reflektansi saluran inframerah tengah (*Shortwave Infrared*)

Pada *Land Surface Water Index (LSWI)* dapat diketahui dari pengklasifikasian berdasarkan nilai *LSWI* yang melebihi 0.4 yang mengindikasikan tingkat yang

tinggi, berikut dapat dilihat merupakan klasifikasi rentang nilai LSWI pada Table 2.1.

Tabel 2. 1 Klasifikasi rentang nilai *Land Surface Water Index* (Chandrasekar et al., 2010)

<i>Category</i>	<i>LSWI Range</i>
<i>Low</i>	< 0.2
<i>Medium</i>	0.2-0.4
<i>High</i>	> 0.4

2.3 Citra Satelit Sentinel-2

Sentinel-2 adalah satelit penginderaan jauh yang dilengkapi dengan sensor *MultiSpectral Instrument* (MSI). Sensor ini dapat menghasilkan citra multispektral dengan resolusi spasial yang tinggi. Dasar teori dari citra Sentinel-2 mencakup prinsip dasar pemrosesan citra, pengolahan citra multispektral, dan karakteristik citra satelit. Prinsip dasar pemrosesan citra Sentinel-2 meliputi pengolahan citra radiometrik dan geometrik. Pengolahan radiometrik mengacu pada koreksi radiometrik citra, yang bertujuan untuk menghilangkan efek atmosfer pada citra satelit. Pengolahan geometrik mengacu pada koreksi geometrik citra, yang bertujuan untuk mengoreksi distorsi geometrik pada citra satelit. Kedua proses ini diperlukan untuk memperoleh citra Sentinel-2 yang akurat dan dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.

Pengolahan citra multispektral pada Sentinel-2 melibatkan klasifikasi citra dan ekstraksi informasi citra. Klasifikasi citra mencakup pengelompokan piksel citra menjadi kelas-kelas yang berbeda, seperti vegetasi, air, dan permukaan tanah. Ekstraksi informasi citra mencakup pengekstrakan informasi tertentu dari citra, seperti indeks vegetasi, yang digunakan untuk memantau pertumbuhan vegetasi. Dalam pengolahan citra multispektral, penting untuk memahami spektrum elektromagnetik dan bagaimana citra multispektral dihasilkan, keunggulan utama dari Sentinel-2 adalah resolusi spasialnya yang tinggi, yaitu 10 meter untuk band biru, hijau, dan merah, serta 20 meter untuk band NIR dan SWIR. Selain itu, Sentinel-2 juga memiliki kemampuan untuk menangkap citra dengan revisi waktu

yang tinggi, yaitu 5 hari, sehingga sangat berguna untuk memantau kondisi lahan pertanian dan lingkungan sekitarnya.

Karakteristik citra sentinel-2 meliputi resolusi spasial, resolusi spektral, dan akurasi radiometrik. Resolusi spasial citra sentinel-2 berkisar antara 10-60 meter, tergantung pada mode operasi dan kanal citra, akurasi radiometrik citra sentinel-2 sangat penting dalam memastikan citra yang dihasilkan dapat digunakan untuk analisis yang akurat, pada citra sentinel-2 level-2A telah melalui proses koreksi atmosferik dan geometrik sebelumnya (Rahmi et al., 2021).

Tabel 2.2 Spesifikasi Sentinel-2 (Putri et al., 2021)

Sentinel-2 Band	Panjang Gelombang	Resolusi
Band 1 - <i>Coastal</i>	0,443-0,453	60
Band 2 - <i>Blue</i>	0,458-0,523	10
Band 3 - <i>Green</i>	0,543-0,578	10
Band 4 - <i>Red</i>	0,650- 0,680	10
Band 5 - <i>Vegetation Red Edge</i>	0,698- 0,713	20
Band 6 - <i>Vegetation Red Edge</i>	0,733-0,748	20
Band 7 - <i>Vegetation Red Edge</i>	0,765- 0,785	20
Band 8 - <i>Near Infrared (NIR)</i>	0,785- 0,900	10
Band 8A - <i>Near Infrared (NIR) Vegetation Red Edge</i>	0,855- 0,875	20
Band 9 - <i>Water Vapour</i>	0,930- 0,950	60
Band 10 - <i>Shortwave infrared SWIR – Cirrus</i>	1,365- 1,385	60
Band 11 – SWIR 1	1,565- 1,655	20
Band 12 – SWIR 2	2,100- 2,280	20

2.4 Lahan Cetak Sawah

Mengembangkan area persawahan adalah suatu Upaya untuk menambahkan luas lahan pertanian yang diaplikasikan pada berbagai jenis tanah yang belum pernah dimanfaatkan secara pertanian melalui sistem persawahan. Praktik pertanian padi sawah merupakan aspek khas dari gaya hidup tradisional yang lazim dijumpai

di beberapa negara di mana mayoritas penduduknya mengandalkan beras sebagai makanan pokok, seperti di kawasan Asia (seperti Asia Tenggara, Asia Selatan, dan

Asia Timur). Penggunaan lahan sawah sebagai elemen integral kehidupan masyarakat tradisional sudah berlangsung sejak zaman kuno (Santosa et al., 2011).

Bukti-bukti mengenai keberadaan lahan sawah sejak zaman praasejarah telah diselidiki oleh para arkeolog yang menyajikan informasi bahwa praktik pertanian di lahan sawah, khususnya dengan fokus pada tanaman padi, pertama kali dimulai di India dan Cina lebih dari seribu tahun sebelum Masehi. Metode pertanian ini kemudian menyebar ke wilayah Asia lainnya, termasuk Indonesia. Karena beras menjadi pilihan makanan pokok yang sesuai di sejumlah negara Asia, pertumbuhan lahan sawah di berbagai negara Asia mengalami perkembangan yang signifikan.



Gambar 2.2 Lahan Cetak Sawah (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2020)

2.5 Sampling

Penyeleksian sampel dilaksanakan untuk mempermudah tugas para survei dalam mengatur jadwal dan rute pelaksanaan survei lapangan. Pendekatan yang diterapkan untuk menentukan sampel adalah dengan menggunakan metode stratified random dan proporsional sampling. Pendekatan ini merupakan suatu teknik pengambilan contoh di mana populasi dibagi menjadi kelompok-kelompok yang tidak tumpang tindih yang disebut sebagai subpopulasi (strata). Dari masing-masing strata ini, sampel diambil secara acak sesuai dengan tujuan penelitian (random sampling). Jumlah sampel yang diambil juga sebanding dengan luas

wilayah yang ada. Secara umum, pada skala pemetaan 1:25.000, setidaknya diperlukan 50 sampel sebagai jumlah minimum (Badan Informasi Geospasial, 2014).

Perbandingan antara jumlah titik sampel minimal yang perlu diambil dengan berbagai skala pemetaan dapat diobservasi dalam Tabel 2.3 di bawah ini :

Tabel 2. 3 Penentuan jumlah sampel pemetaan (Badan Informasi Geospasial, 2014)

Skala	Kelas Kerapatan (Kr)	Min.Plot	Total Sampel Minimal (TSM)
1 : 25.000	5	30	50
1 : 50.000	3	20	30
1 : 250.000	2	10	20

Rumus yang dipergunakan untuk menghitung jumlah minimal sampel berdasarkan total luas dalam hektar (ha) adalah sebagai berikut :

$$A = TSM = \left(\frac{\text{Luas (ha)}}{1500} \right) \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

A = Jumlah sampel minimal

TSM = Total sampel minimal

2.5.1 Lahan Rawa Pertanian

Lahan rawa pertanian adalah salah satu jenis lahan pertanian yang memiliki potensi besar untuk pengembangan pertanian. Lahan ini dapat ditemukan di daerah-daerah dengan tingkat kebasahan yang tinggi, seperti daerah pesisir atau dataran rendah yang berdekatan dengan sungai atau danau. Lahan rawa pertanian memiliki kesuburan tanah yang tinggi dan dapat menyimpan air yang cukup untuk kebutuhan tanaman. Hal ini menjadikan lahan rawa pertanian cocok untuk pengembangan tanaman padi, yang membutuhkan air dalam jumlah besar. Selain itu, lahan rawa pertanian juga dapat digunakan untuk pengembangan tanaman lain, seperti sayuran, buah-buahan, dan tanaman hutan.

Pengembangan lahan rawa pertanian juga memiliki tantangan tersendiri. Salah satu tantangan utama adalah risiko banjir yang cukup tinggi, terutama pada musim hujan. Hal ini dapat berdampak pada kerugian bagi para petani, baik dalam hal hasil panen maupun kerusakan infrastruktur pertanian. Oleh karena itu, diperlukan teknologi yang khusus untuk mengolah lahan rawa pertanian, seperti sistem irigasi yang baik dan penanaman varietas tanaman yang tahan terhadap genangan air.

Pengembangan lahan rawa pertanian juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi pertanian *modern*, seperti teknologi informasi dan komunikasi, yang dapat membantu para petani dalam mengoptimalkan penggunaan lahan dan meminimalisir resiko kerugian. Selain potensi dan tantangan yang dimiliki, lahan rawa pertanian juga memiliki kelebihan lainnya, yaitu potensi untuk dikembangkan sebagai lahan pertanian organik. Pada lahan rawa pertanian memiliki kandungan nutrisi yang tinggi dan tidak tercemar oleh pestisida atau bahan kimia lainnya, sehingga cocok untuk dikembangkan sebagai lahan pertanian organik. Hal ini dapat memberikan manfaat baik bagi kesehatan manusia maupun lingkungan, karena produk pertanian organik cenderung lebih sehat dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, pengembangan lahan rawa pertanian sebagai lahan pertanian organik dapat menjadi alternatif pengembangan pertanian yang menjanjikan di masa depan (Zulfikar et al., 2013).

2.5.2 Uji Akurasi

Dalam penelitian ini, untuk mengevaluasi sejauh mana interpretasi citra mampu menghasilkan klasifikasi tutupan lahan yang akurat, diperlukan pelaksanaan uji akurasi klasifikasi. Pengukuran akurasi klasifikasi melibatkan penggunaan suatu matriks kontingensi, yaitu suatu matriks persegi yang mencakup jumlah piksel yang telah diklasifikasikan. Matriks ini juga sering disebut sebagai “matriks kesalahan” atau “matriks kebingungan”. Pengukuran akurasi klasifikasi umumnya menggunakan metode akurasi keseluruhan (*overall accuracy*), meskipun metode ini cenderung memberikan estimasi yang terlalu optimis sehingga jarang dianggap sebagai indikator yang akurat untuk mengukur keberhasilan suatu klasifikasi. Hal ini disebabkan oleh fokusnya hanya pada piksel-piksel yang berada di diagonal matriks kontingensi.

Oleh karena itu, penilaian terhadap tingkat akurasi klasifikasi dapat dilihat melalui nilai akurasi produser, akurasi pengguna (user), akurasi total, dan indeks kappa. Nilai akurasi produser digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana hasil klasifikasi sesuai dengan situasi di lapangan. Sementara itu, akurasi pengguna memberikan informasi tentang sejauh mana hasil klasifikasi akurat terhadap semua objek yang dapat diidentifikasi. Akurasi total mengindikasikan sejauh mana objek yang benar-benar ada di peta klasifikasi sesuai dengan lapangan. Dalam penentuan titik sampel, semakin banyak titik yang digunakan untuk uji akurasi, semakin baik hasil akurasi yang diperoleh dan distribusinya merata di seluruh wilayah yang diuji. Dalam validasi lapangan, sampel diambil secara acak (random sampling). Dalam menghitung akurasi, rumus yang digunakan adalah :

$$N = \frac{pq}{E^2} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

- N = Jumlah sampel
- P = Ketelitian yang diharapkan
- Q = Selisih antara 100 dan p
- E = Kesalahan yang diharapkan

2.6 Penggunaan Lahan

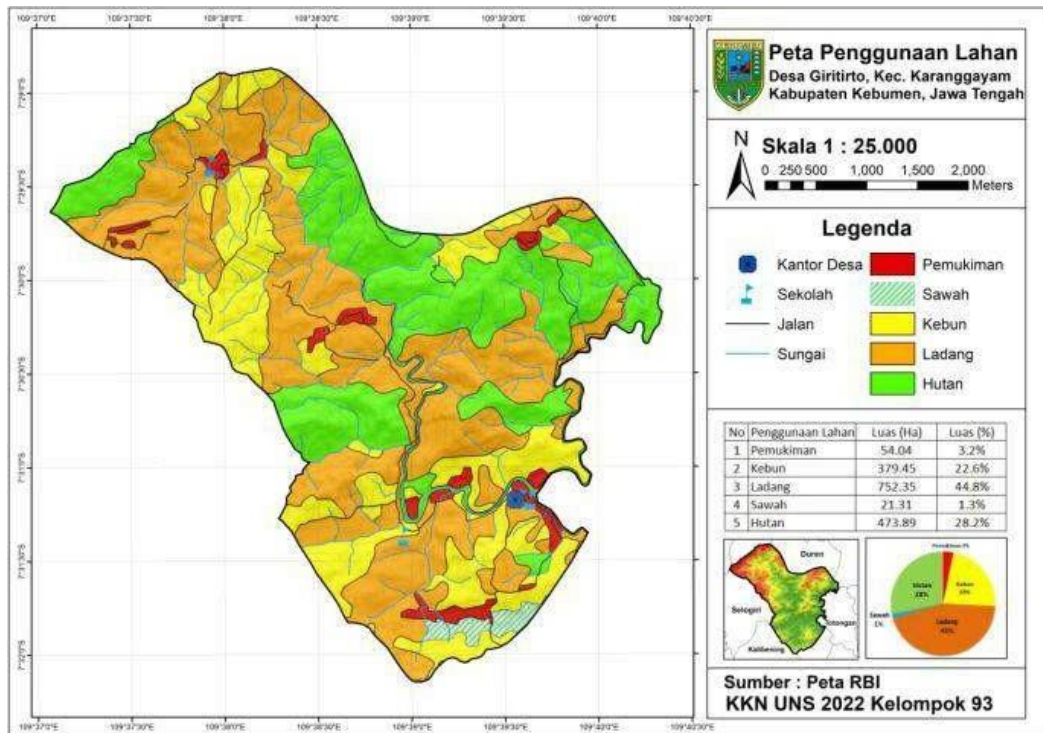
Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2004 yang berkaitan dengan Penatagunaan Tanah, dijelaskan bahwa penatagunaan tanah merujuk pada pola pengelolaan tata guna tanah yang mencakup pengendalian kepemilikan, pemanfaatan, dan penggunaan tanah sebagai Langkah untuk mengkonsolidasikan pemanfaatan lahan dengan mengatur aspek kelembapan yang terhubung dengan pemanfaatan tanah secara terintegrasi demi kepentingan masyarakat secara adil. Lahan merujuk pada permukaan bumi yang menjadi lokasi berbagai aktivitas dan merupakan sumber daya alam yang terbatas, di mana pengelolaannya memerlukan perencanaan, penyediaan, dan penentuan tujuan penggunaan yang dirncanakan guna mendukung kesejahteraan masyarakat. Menurut Undang-Undang Pokok Agraria, lahan atau tanah adalah area permukaan bumi termasuk bagian di bawahnya dan ruang di atasnya yang digunakan sesuai dengan maksud penggunaannya. Pengertian ini menunjukkan bahwa lahan adalah elemen alam

yang menjadi modal utama untuk berbagai aktivitas, menjadi tempat bagi semua makhluk hidup, dan menjadi tempat di mana kehidupan dilakukan dengan menggunakan lahan itu sendiri. Pemanfaatan lahan, di sisi lain, merujuk pada proses pemanfaatan lahan dari waktu ke waktu untuk mencapai tujuan tertentu.

Tata Guna Lahan (*land use planning*) merujuk pada pengorganisasian penggunaan lahan. Dalam konteks tata guna lahan, tidak hanya mempertimbangkan penggunaan daratan, tetapi juga mencakup penggunaan wilayah lautan. Menurut Undang-Undang Pokok Agraria, Tata Guna Lahan mencakup struktur dan pola pemanfaatan tanah, termasuk perencanaan yang telah disusun dan yang belum disusun, termasuk alokasi tanah, tujuan penggunaan tanah, aktivitas pemanfaatan tanah, serta tindakan pemeliharannya.

Istilah “penggunaan lahan” (*land use*) merujuk pada peruntukan tanah untuk berbagai keperluan seperti tempat tinggal, usaha, arena olahraga, fasilitas medis, dan kawasan pemakaman. Sedangkan konsep “penutup lahan” (*land cover*) lebih berfokus pada karakteristik vegetasi dan pengaruh manusia di atas permukaan tanah, dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Penggunaan lahan mengacu pada aktivitas manusia yang terjadi di suatu area, bergantung pada lokasi dan kondisi lahan, dan merupakan proses berkelanjutan dalam pemanfaatan lahan untuk tujuan Pembangunan secara efisien dan optimal.

Regulasi penggunaan lahan bertujuan untuk memutuskan alokasi terbaik dalam mengatur fungsi-fungsi tertentu di wilayah tersebut, sehingga memberikan pandangan komprehensif tentang bagaimana wilayah di Kawasan tersebut seharusnya dikelola. Di perkotaan, pemanfaatan lahan seringkali dikaitkan dengan pertimbangan aspek ekonomi, apakah sebidang tanah akan digunakan untuk perumahan atau kegiatan usaha.



Gambar 2. 3 Peta Penggunaan Lahan (Kartika, 2022)