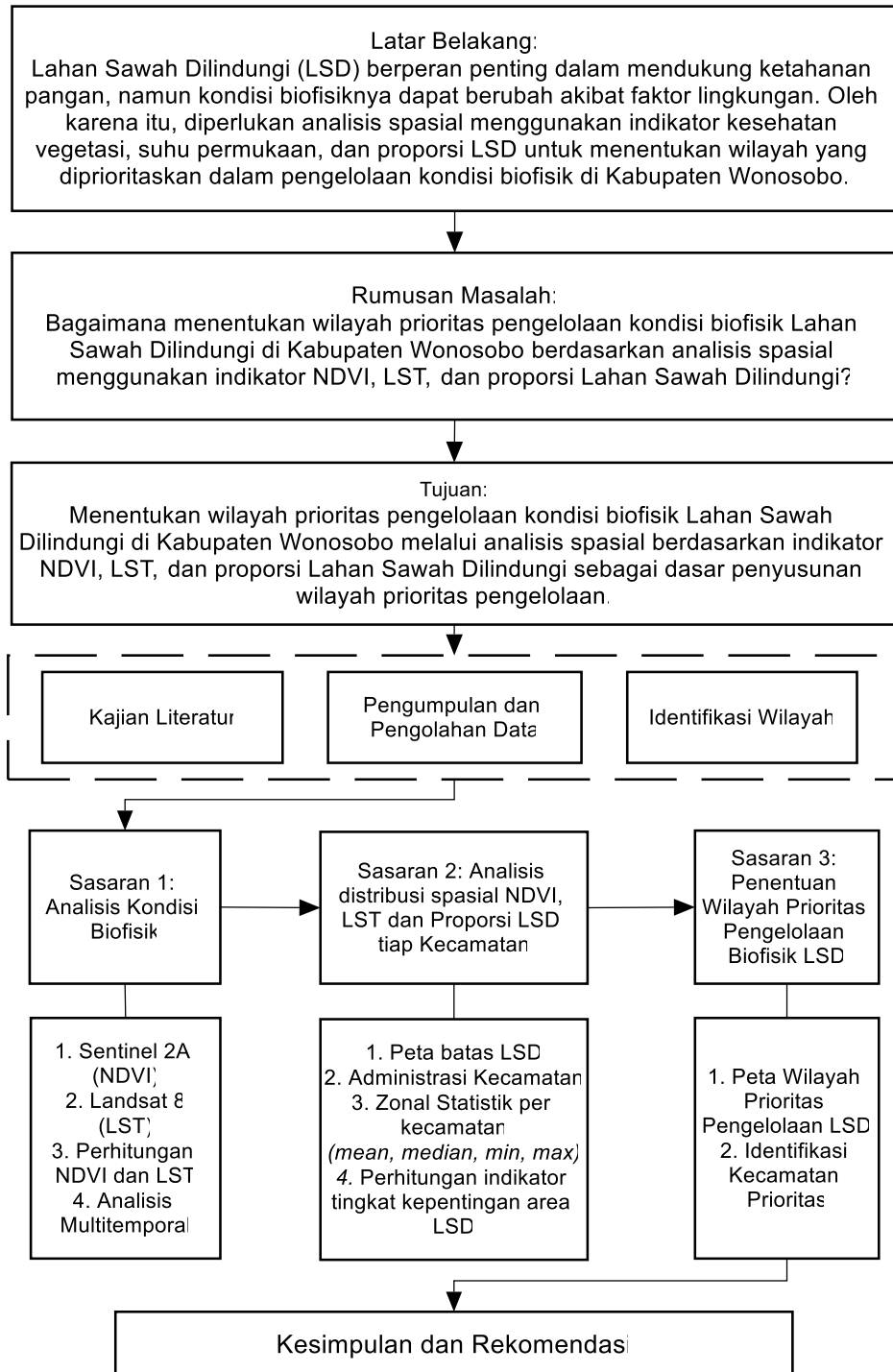


BAB 2 KONSEP PERENCANAAN

Konsep perencanaan ini merupakan alur berpikir sistematis yang menggambarkan tahapan penelitian dari proses pengumpulan data hingga diperoleh hasil akhir. Berikut merupakan kerangka analisis yang digunakan dalam penelitian ini:



Sumber: Analisis Penyusun, 2026

Gambar 2. 1 Kerangka Pemikiran Penelitian

2.1 Lahan Sawah Dilindungi

Lahan Sawah Dilindungi (LSD) merupakan lahan sawah yang ditetapkan oleh pemerintah untuk dipertahankan keberadaannya sebagai upaya menjaga keberlanjutan produksi pangan nasional. Penetapan LSD bertujuan mengendalikan alih fungsi lahan sawah sehingga lahan yang memiliki peran strategis dalam penyediaan pangan tetap dapat dimanfaatkan sebagai kawasan pertanian. Kebijakan tersebut ditetapkan melalui Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 59 Tahun 2019 tentang Pengendalian Alih Fungsi Lahan Sawah, yang menjadi salah satu instrumen pemerintah dalam mendukung perlindungan lahan pertanian dan ketahanan pangan nasional. Melalui kebijakan tersebut, lahan sawah yang telah ditetapkan sebagai LSD diharapkan mampu mempertahankan fungsi produksinya secara berkelanjutan sehingga dapat mendukung ketersediaan pangan dalam jangka panjang.

Penetapan Lahan Sawah Dilindungi didasarkan pada pertimbangan bahwa lahan sawah merupakan sumber daya yang memiliki peran penting dalam sistem produksi pangan, namun rentan mengalami konversi menjadi penggunaan nonpertanian akibat perkembangan kawasan permukiman, industri, maupun infrastruktur. Alih fungsi lahan sawah yang tidak terkendali berpotensi menurunkan kapasitas produksi pangan serta mengancam keberlanjutan sistem pertanian di suatu wilayah (Hk et al., 2023). Oleh karena itu, keberadaan LSD tidak hanya berfungsi sebagai instrumen pengendalian pemanfaatan ruang, tetapi juga sebagai upaya menjaga keberlanjutan fungsi lahan sawah dalam mendukung ketahanan pangan (Purwandari et al., 2025).

Meskipun telah memperoleh perlindungan secara regulatif, keberlanjutan fungsi Lahan Sawah Dilindungi tidak hanya ditentukan oleh status perlindungan lahannya, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi biofisik yang mendukung aktivitas budidaya pertanian. Perubahan kondisi vegetasi, peningkatan suhu permukaan, maupun tekanan lingkungan lainnya dapat memengaruhi kualitas lingkungan tumbuh tanaman sehingga berpotensi berdampak terhadap produktivitas lahan dalam jangka panjang (Habib-ur-Rahman et al., 2022). Oleh karena itu, evaluasi kondisi biofisik pada area Lahan Sawah Dilindungi menjadi penting untuk memberikan informasi mengenai karakteristik lingkungan lahan serta mendukung upaya pengelolaan dan pemeliharaan fungsi kawasan pertanian secara berkelanjutan (FAO, 2021).

2.2 Analisis Spasial Kondisi Biofisik Lahan Pertanian

Analisis spasial merupakan pendekatan yang digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan menginterpretasikan fenomena berdasarkan aspek lokasi, distribusi, pola,

serta hubungan antarobjek di dalam ruang. Pendekatan ini memungkinkan suatu fenomena dikaji tidak hanya berdasarkan karakteristik objeknya, tetapi juga berdasarkan keterkaitan spasial antarwilayah sehingga mampu menghasilkan informasi yang lebih komprehensif untuk mendukung proses evaluasi maupun pengambilan keputusan (Xing et al., 2024). Dalam berbagai kajian lingkungan, analisis spasial dimanfaatkan untuk menggambarkan variasi kondisi suatu wilayah, mengidentifikasi pola persebaran, serta mengevaluasi perubahan yang terjadi pada suatu kawasan dari waktu ke waktu (Prado & Kleemann, 2025).

Kondisi biofisik lahan merupakan karakteristik lingkungan yang terbentuk oleh interaksi berbagai komponen fisik dan biologis, seperti vegetasi, tanah, topografi, iklim, dan hidrologi yang secara bersama-sama memengaruhi fungsi suatu ekosistem. Variasi kondisi biofisik menyebabkan setiap wilayah memiliki karakteristik lingkungan yang berbeda sehingga memerlukan pendekatan spasial untuk mengidentifikasi pola persebaran maupun tingkat perbedaannya (Hidayat, 2025). Melalui analisis spasial, kondisi biofisik suatu wilayah dapat dievaluasi secara lebih sistematis sehingga mampu memberikan informasi mengenai karakteristik lingkungan, potensi wilayah, maupun indikasi perubahan yang terjadi pada suatu kawasan (Farzaneh et al., 2024).

Dalam bidang pertanian, analisis spasial kondisi biofisik dimanfaatkan untuk mengevaluasi karakteristik lingkungan yang memengaruhi keberlanjutan lahan pertanian serta mendukung penyusunan strategi pengelolaan wilayah secara lebih tepat sasaran. Informasi mengenai variasi kondisi biofisik antarwilayah dapat digunakan sebagai dasar dalam mengidentifikasi kawasan yang memerlukan perhatian lebih dalam proses pengelolaan, konservasi, maupun pemanfaatan lahan secara berkelanjutan (Schwartz et al., 2022). Oleh karena itu, analisis spasial kondisi biofisik menjadi salah satu pendekatan yang relevan dalam mendukung evaluasi kawasan pertanian karena mampu menyajikan informasi keruangan yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan sumber daya lahan.

2.3 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan teknik memperoleh informasi mengenai objek, wilayah, atau fenomena di permukaan bumi tanpa melakukan kontak langsung dengan objek yang diamati. Teknologi ini memanfaatkan sensor yang dipasang pada satelit, pesawat udara, maupun wahana lainnya untuk merekam energi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan oleh permukaan bumi. Informasi yang direkam oleh sensor kemudian diolah dan diinterpretasikan sehingga menghasilkan data yang dapat digunakan untuk menggambarkan karakteristik objek maupun kondisi lingkungan secara spasial (Lillesand et

al., 2015). Kemampuan tersebut menjadikan penginderaan jauh sebagai salah satu pendekatan yang banyak dimanfaatkan dalam pemantauan sumber daya alam, lingkungan, pertanian, kehutanan, dan perencanaan wilayah (Weng, 2018).

Prinsip dasar penginderaan jauh didasarkan pada interaksi antara energi elektromagnetik dengan objek di permukaan bumi. Setiap objek memiliki karakteristik pantulan (*spectral response*) yang berbeda terhadap panjang gelombang tertentu sehingga menghasilkan tanda spektral (*spectral signature*) yang khas. Perbedaan respons spektral tersebut memungkinkan berbagai jenis objek, seperti vegetasi, badan air, lahan terbuka, maupun kawasan terbangun, dapat dibedakan dan diidentifikasi melalui analisis citra satelit (Jensen, 2016). Karakteristik spektral tersebut juga menjadi dasar dalam ekstraksi berbagai parameter biofisik yang menggambarkan kondisi suatu wilayah (Cracknell & Hayes, 2007).

Dalam bidang pertanian, penginderaan jauh dimanfaatkan untuk memantau kondisi tanaman, perubahan penggunaan dan penutupan lahan, serta karakteristik lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan tanaman. Citra satelit menyediakan informasi yang bersifat spasial dan temporal sehingga memungkinkan kondisi suatu wilayah diamati secara berkala tanpa memerlukan survei lapangan secara menyeluruh (Atzberger, 2013). Pemanfaatan data penginderaan jauh juga mampu meningkatkan efisiensi proses pemantauan karena dapat mencakup wilayah yang luas dengan waktu akuisisi yang relatif cepat serta menghasilkan informasi yang konsisten antarperiode pengamatan (Xue & Su, 2017). Informasi yang diperoleh melalui penginderaan jauh dapat digunakan untuk mendukung analisis kondisi biofisik lahan karena mampu menggambarkan karakteristik permukaan bumi berdasarkan respons spektral objek yang diamati.

2.4 Uji Akurasi

Uji akurasi merupakan proses evaluasi yang dilakukan untuk menilai tingkat ketepatan hasil klasifikasi atau interpretasi citra penginderaan jauh. Proses ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana hasil klasifikasi mampu merepresentasikan kondisi objek yang sebenarnya sehingga informasi yang dihasilkan dapat digunakan secara lebih andal dalam analisis spasial. Menurut Congalton dan Green (2019), uji akurasi menjadi tahapan penting dalam penelitian berbasis penginderaan jauh karena kualitas hasil klasifikasi akan memengaruhi validitas analisis dan pengambilan keputusan yang dilakukan berdasarkan data tersebut. Tingkat akurasi yang baik menunjukkan bahwa hasil interpretasi citra memiliki kesesuaian yang tinggi dengan kondisi referensi yang digunakan.

Penilaian akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil klasifikasi terhadap data referensi yang dianggap mewakili kondisi sebenarnya atau *ground truth*. Data referensi

dapat diperoleh melalui survei lapangan maupun interpretasi visual menggunakan citra resolusi tinggi yang memiliki tingkat ketelitian lebih baik. Menurut Foody (2002), penggunaan data referensi yang representatif diperlukan untuk mengurangi ketidakpastian hasil klasifikasi dan meningkatkan keandalan informasi yang dihasilkan. Perbandingan antara hasil klasifikasi dan data referensi dilakukan pada sejumlah titik sampel yang telah ditentukan sehingga setiap kelas dapat dievaluasi tingkat ketepatannya.

Evaluasi akurasi umumnya dilakukan menggunakan *confusion matrix* atau matriks kesalahan. *Confusion matrix* merupakan tabel silang yang membandingkan kelas hasil klasifikasi dengan kelas referensi sehingga dapat menunjukkan jumlah sampel yang terklasifikasi dengan benar maupun yang mengalami kesalahan klasifikasi (Congalton & Green, 2019). Berdasarkan matriks kesalahan (*confusion matrix*), salah satu ukuran yang umum digunakan dalam evaluasi hasil klasifikasi adalah *Overall Accuracy* (OA). Nilai *Overall Accuracy* menunjukkan persentase jumlah sampel yang terklasifikasi dengan benar terhadap keseluruhan sampel validasi yang digunakan. Semakin tinggi nilai *Overall Accuracy*, semakin tinggi pula tingkat ketepatan hasil klasifikasi dalam merepresentasikan kondisi objek yang diamati. Dalam penelitian penginderaan jauh, hasil klasifikasi umumnya dianggap memiliki tingkat akurasi yang baik apabila nilai *Overall Accuracy* mencapai atau melebihi 85%, sehingga hasil klasifikasi tersebut dapat digunakan sebagai dasar analisis dan pengambilan keputusan secara lebih andal (Anderson, 1997). Selain *Overall Accuracy*, tingkat kesesuaian hasil klasifikasi juga dapat dievaluasi menggunakan *Kappa Coefficient*. Koefisien kappa digunakan untuk mengukur kesesuaian antara hasil klasifikasi dan data referensi dengan mempertimbangkan kemungkinan kesesuaian yang terjadi secara acak (Cohen, 1960). Nilai kappa berada pada rentang -1 hingga 1, di mana nilai yang semakin mendekati 1 menunjukkan tingkat kesesuaian yang semakin tinggi. Interpretasi nilai kappa yang banyak digunakan mengacu pada klasifikasi Landis dan Koch (1977) sebagaimana disajikan pada **Tabel 2.1**. Klasifikasi tersebut digunakan untuk menilai tingkat keandalan hasil klasifikasi sehingga dapat menjadi dasar dalam mengevaluasi kualitas data yang digunakan pada analisis penginderaan jauh.

Tabel 2. 1 Klasifikasi Nilai Kappa

Nilai Kappa	Tingkat Kesesuaian
< 0,00	<i>Poor</i>
0,00 – 0,20	<i>Slight</i>
0,21 – 0,40	<i>Fair</i>

Nilai Kappa	Tingkat Kesesuaian
0,41 – 0,60	<i>Moderate</i>
0,61 – 0,80	<i>Substantial</i>
0,81 – 1,00	<i>Almost Perfect</i>

Sumber: Landis & Koch, 1977

2.5 Google Earth Engine

Google Earth Engine (GEE) merupakan platform komputasi awan yang dikembangkan untuk mengelola, memproses, dan menganalisis data geospasial dalam skala besar. Platform ini menyediakan akses terhadap berbagai data penginderaan jauh, termasuk citra Landsat, Sentinel, MODIS, serta berbagai dataset lingkungan lainnya yang dapat diolah secara langsung tanpa perlu diunduh terlebih dahulu. Menurut Gorelick et al. (2017), GEE dirancang untuk mempermudah analisis data geospasial melalui infrastruktur *cloud computing* sehingga proses pengolahan data menjadi lebih cepat dan efisien dibandingkan metode konvensional.

Keunggulan GEE terletak pada kemampuannya dalam melakukan pengolahan citra multi-temporal secara cepat serta mendukung berbagai analisis spasial dan spektral. Berbagai proses seperti pemilihan citra, masking awan, pemotongan wilayah kajian, perhitungan indeks vegetasi, hingga ekstraksi parameter suhu permukaan dapat dilakukan dalam satu platform yang terintegrasi. Menurut Aghababaei et al., (2021), pemanfaatan GEE mampu meningkatkan efisiensi pengolahan data penginderaan jauh dan mendukung reproduksibilitas hasil penelitian. Dalam penelitian ini, GEE digunakan untuk mengolah citra Sentinel-2A guna memperoleh nilai NDVI serta citra Landsat 8 untuk memperoleh nilai LST di Kabupaten Wonosobo periode 2022-2024.

2.6 Normalized Difference Vegetation Index

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) merupakan indeks vegetasi yang digunakan untuk menggambarkan kondisi dan tingkat kehijauan vegetasi berdasarkan respons spektral tanaman terhadap energi elektromagnetik. NDVI dihitung menggunakan kombinasi kanal merah dan inframerah dekat yang direkam oleh sensor satelit. Vegetasi yang sehat umumnya menyerap sebagian besar energi pada kanal merah untuk proses fotosintesis dan memantulkan energi yang tinggi pada kanal inframerah dekat. Karakteristik tersebut memungkinkan NDVI digunakan untuk membedakan vegetasi dari objek lain seperti lahan terbuka, kawasan terbangun, maupun badan air (Tucker, 1979). Nilai NDVI diperoleh melalui perbandingan antara reflektansi kanal inframerah dekat dan kanal merah menggunakan persamaan berikut:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Keterangan:

NIR = Nilai reflektansi kanal inframerah dekat (*Near Infrared*)

Red = Nilai reflektansi kanal merah (*Red*)

Berdasarkan persamaan tersebut, nilai NDVI berada pada rentang -1 hingga $+1$. Nilai yang mendekati $+1$ menunjukkan vegetasi yang semakin rapat dan sehat, sedangkan nilai yang mendekati 0 menunjukkan vegetasi yang jarang atau lahan terbuka. Nilai negatif umumnya menunjukkan objek non-vegetasi seperti badan air, awan, atau bayangan (Jensen, 2015). Variasi nilai NDVI dapat digunakan untuk mengidentifikasi perubahan kondisi vegetasi baik secara spasial maupun temporal.

Kesehatan vegetasi merupakan kondisi fisiologis yang mencerminkan kemampuan tanaman untuk tumbuh secara optimal. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh beberapa indikator biofisik, seperti kandungan klorofil, aktivitas fotosintesis, kelembatan daun (kerapatan tajuk), biomassa, serta tingkat kesuburan (*vigor*) tanaman dalam memanfaatkan energi matahari (Xue & Su, 2017). Secara umum, vegetasi yang sehat memiliki kandungan klorofil tinggi. Kondisi ini menyerap energi pada kanal merah (*red*) secara signifikan dan memantulkan kembali energi pada kanal inframerah dekat (*near-infrared*) dalam jumlah yang lebih besar (Pettorelli et al., 2005). Sebaliknya, vegetasi yang mengalami tekanan lingkungan seperti fenomena kekeringan atau keterbatasan ketersediaan air akan mengalami penurunan aktivitas fisiologis. Penurunan tersebut mengubah karakteristik respons spektralnya, yang secara matematis ditunjukkan oleh penurunan nilai *Normalized Difference Vegetation Index* (Xue & Su, 2017).

2.7 Land Surface Temperature

Land Surface Temperature (LST) atau suhu permukaan lahan merupakan suhu yang dipancarkan oleh permukaan bumi dan direkam oleh sensor termal pada citra satelit. Parameter ini digunakan untuk menggambarkan kondisi termal permukaan yang dipengaruhi oleh karakteristik penutup lahan, kelembapan tanah, kondisi vegetasi, serta faktor lingkungan lainnya. LST merepresentasikan distribusi energi panas pada permukaan bumi sehingga banyak dimanfaatkan dalam berbagai kajian lingkungan, seperti pertanian, hidrologi, perubahan iklim, dan pengelolaan sumber daya lahan (Li et al., 2013). Informasi mengenai suhu permukaan juga digunakan untuk memahami interaksi antara permukaan bumi dan atmosfer karena perubahan kondisi termal suatu wilayah berkaitan dengan karakteristik biofisik yang terdapat pada permukaan lahan (Weng, 2009).

Kondisi termal permukaan lahan mencerminkan kemampuan suatu permukaan dalam menyerap, menyimpan, dan melepaskan energi panas ke lingkungan. Karakteristik tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis penutup lahan, kandungan air, kelembapan tanah, tekstur permukaan, serta keberadaan vegetasi yang memengaruhi keseimbangan energi pada permukaan bumi (Anderson et al., 2008). Pada lahan pertanian, kondisi termal yang relatif tinggi dapat mengindikasikan meningkatnya tekanan panas (*thermal stress*) pada lingkungan tumbuh tanaman, sedangkan suhu permukaan yang lebih rendah umumnya berkaitan dengan keberadaan vegetasi yang masih aktif melakukan proses evapotranspirasi sehingga mampu membantu melepaskan panas ke atmosfer (Vancutsem et al., 2010). Dengan demikian, informasi suhu permukaan tidak hanya menggambarkan besarnya temperatur suatu wilayah, tetapi juga memberikan informasi mengenai kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan tanaman.

Perhitungan LST dilakukan melalui konversi nilai radiasi termal yang direkam oleh sensor satelit menjadi suhu permukaan menggunakan parameter fisik tertentu sesuai karakteristik sensor yang digunakan. Pada citra Landsat 8, proses perhitungan LST umumnya dilakukan melalui tahapan konversi *Digital Number* (DN) menjadi radiansi spektral, dilanjutkan dengan konversi menjadi suhu kecerahan (*Brightness Temperature*), kemudian dikoreksi menggunakan nilai emisivitas permukaan sehingga diperoleh suhu permukaan lahan (USGS, 2024).

Nilai LST bervariasi sesuai karakteristik biofisik permukaan lahan. Wilayah yang didominasi vegetasi umumnya memiliki suhu permukaan yang lebih rendah dibandingkan lahan terbuka maupun kawasan terbangun karena vegetasi mampu mengurangi akumulasi panas melalui proses evapotranspirasi. Sebaliknya, permukaan dengan tutupan vegetasi yang rendah cenderung menyerap dan menyimpan energi panas lebih besar sehingga menghasilkan suhu permukaan yang lebih tinggi (Li et al., 2013). Variasi suhu permukaan tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi perbedaan kondisi lingkungan antarwilayah baik secara spasial maupun temporal.

LST digunakan sebagai salah satu indikator dalam analisis biofisik karena mampu merepresentasikan kondisi termal permukaan lahan yang berkaitan dengan distribusi energi panas, tingkat tekanan panas pada lingkungan tumbuh tanaman, serta karakteristik biofisik suatu wilayah. Informasi tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengevaluasi variasi kondisi lingkungan, mengidentifikasi perubahan karakteristik permukaan lahan, serta mendukung analisis spasial dalam pengelolaan kawasan pertanian dan sumber daya lahan secara berkelanjutan.

2.8 Kriteria Wilayah Prioritas

Penentuan wilayah prioritas memerlukan kriteria yang mampu merepresentasikan kondisi wilayah secara objektif dan terukur. Kriteria tersebut digunakan untuk membedakan tingkat kebutuhan penanganan antarwilayah sehingga wilayah yang memiliki kondisi lebih rentan dapat diidentifikasi secara sistematis. Dalam kajian lahan pertanian, indikator biofisik merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk menggambarkan kondisi lingkungan tumbuh tanaman karena mampu menunjukkan respon vegetasi terhadap tekanan lingkungan yang terjadi. Informasi biofisik tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam evaluasi kondisi lahan serta penyusunan arahan pengelolaan yang lebih tepat sasaran (Hatfield & Prueger, 2015).

Kesehatan vegetasi yang direpresentasikan melalui *Normalized Difference Vegetation Index* dan suhu permukaan yang direpresentasikan melalui *Land Surface Temperature* merupakan dua indikator yang dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi biofisik lahan pertanian. Nilai NDVI memberikan informasi mengenai tingkat kehijauan dan kondisi vegetasi, sedangkan LST menggambarkan kondisi termal permukaan yang berpotensi memengaruhi pertumbuhan tanaman. Kombinasi kedua indikator tersebut memungkinkan identifikasi wilayah yang menunjukkan kondisi vegetasi kurang optimal dan tekanan termal yang relatif tinggi. Hubungan antara kondisi vegetasi dan suhu permukaan juga digunakan dalam berbagai penelitian untuk mengevaluasi kondisi lingkungan lahan pertanian serta mendukung pengambilan keputusan berbasis spasial (Li et al., 2013; Kloos et al., 2021).

Selain kondisi biofisik, tingkat kepentingan suatu wilayah terhadap keberlanjutan lahan pertanian dapat ditinjau melalui proporsi Lahan Sawah Dilindungi (LSD) yang dimiliki. Proporsi LSD menunjukkan besarnya kontribusi suatu wilayah terhadap total luas lahan sawah dilindungi dalam suatu kawasan. Wilayah yang memiliki proporsi LSD lebih besar memiliki peran yang lebih penting dalam mendukung keberlanjutan fungsi lahan pertanian sehingga memerlukan perhatian yang lebih besar dalam upaya pengelolaannya. Informasi mengenai proporsi LSD dapat digunakan untuk melengkapi analisis biofisik sehingga penentuan wilayah prioritas pengelolaan LSD tidak hanya mempertimbangkan kondisi lingkungan lahan, tetapi juga mempertimbangkan tingkat kepentingan wilayah terhadap keberlanjutan sumber daya pertanian.

Pendekatan yang mengintegrasikan indikator kesehatan vegetasi, suhu permukaan, dan proporsi lahan pertanian telah digunakan dalam penelitian untuk mendukung identifikasi wilayah yang memerlukan perhatian lebih dalam pengelolaan lahan pertanian. Wijaya (2025) menggunakan indikator NDVI dan LST pada musim kemarau untuk mengidentifikasi

kondisi biofisik wilayah yang berkaitan dengan ketahanan pangan. Berdasarkan pendekatan tersebut, kondisi vegetasi yang kurang baik dan suhu permukaan yang relatif tinggi menunjukkan adanya tekanan lingkungan yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan lahan pertanian. Integrasi kondisi biofisik dan proporsi LSD memberikan dasar yang lebih komprehensif dalam penentuan wilayah prioritas pengelolaan LSD karena mempertimbangkan kondisi lingkungan sekaligus tingkat kepentingan lahan sawah yang dilindungi.