

PEMETAAN PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN KECAMATAN BANDUNGAN MENGGUNAKAN *GOOGLE EARTH ENGINE* DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) TAHUN 2017 -2022

Mutia Arifah Rachim^{*)}, Bandi Sasmito, Muhammad Adnan Yusuf

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email: mutiaarifah19@students.undip.ac.id

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk kota kota besar semakin hari terus mengalami peningkatan. Fenomena inilah yang telah banyak dilakukan analisa mengenai pola perubahan tutupan lahan di suatu wilayah dengan memanfaatkan ilmu penginderaan jauh dengan tujuan untuk dapat memantau pola pertumbuhan di suatu wilayah tersebut. Seiring berkembangnya zaman, teknologi penginderaan jauh juga telah berkembang pesat yaitu dengan memanfaatkan salah satu alat analisis yang diprakarsai oleh raksasa teknologi Google yaitu *Google Earth Engine* (GEE). GEE merupakan salah satu alat analisis yang sangat relevan. GEE dapat menyediakan fasilitas akses ke berbagai citra satelit dengan resolusi tinggi yang membantu dalam proses analisa terhadap rona perubahan tutupan lahan. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan analisis perubahan tutupan lahan antara tahun 2017 - 2022 di wilayah Kecamatan Bandungan. Hasil olahan GEE, terjadi perubahan pada tutupan lahan vegetasi dimana sebelumnya pada tahun 2017 merupakan hutan vegetasi kemudian pada tahun 2022 berubah menjadi sawah. Persentase vegetasi juga mengalami penurunan dari 56% pada tahun 2017 menjadi 44% pada tahun 2022. Penurunan ini disebabkan oleh berbagai jenis pembangunan yang terjadi setiap tahun. Pembangunan infrastruktur dan perubahan penggunaan lahan untuk keperluan lain telah mengurangi luas area yang sebelumnya ditutupi vegetasi alami

Kata Kunci : Algoritma, Kecamatan Bandungan, *Google Earth Engine*, Perubahan Tutupan Lahan

ABSTRACT

The population growth of big cities continues to increase day by day. This phenomenon has been carried out in many analyses regarding patterns of land cover change in an area using remote sensing to be able to monitor growth patterns in that area. As time progresses, remote sensing technology has also developed rapidly, namely by utilizing one of the analysis tools initiated by the technology giant Google, namely Google Earth Engine (GEE). GEE is a very relevant analytical tool. GEE can provide access facilities to various high resolution satellite images which assist in analyzing land cover change patterns. This research aims to provide an analysis of changes in land cover between 2017 - 2022 in the Bandungan District area. As a result of GEE processing, there was a change in vegetation land cover, where previously in 2017 it was forest vegetation, then in 2022 it changed to rice fields. The percentage of vegetation has also decreased from 56% in 2017 to 44% in 2022. This decrease is caused by various types of development that occur every year. Infrastructure development and changes in land use for other purposes have reduced the area previously covered by natural vegetation.

Keywords : Algoritme, Bandungan District, *Google Earth Engine*, Land Cover Change

^{*)}Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Kabupaten Semarang merupakan salah satu wilayah kabupaten di Jawa Tengah dengan luas wilayah sebesar 101927 Hektar yang terdiri dari 19 kecamatan, 27 kelurahan dan 208 desa. Kabupaten Semarang berbatasan langsung dengan kabupaten dan kota lainnya, dimana bagian utara berbatasan langsung dengan Kabupaten Demak dan Kota Semarang. Bagian barat berbatasan langsung dengan Kabupaten Temanggung dan Kendal. Bagian timur berbatasan langsung dengan Kabupaten Grobogan dan Boyolali. Bagian selatan berbatasan langsung dengan Kabupaten Boyolali dan Magelang. Sedangkan di tengah – tengah wilayah Kabupaten Semarang berdiri sebuah kota yaitu kota Salatiga (Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Semarang, 2023).

Salah satu wilayah yang memiliki pertumbuhan wilayah cukup pesat adalah wilayah Kecamatan Bandungan. Kecamatan Bandungan merupakan salah satu wilayah kecamatan di Kabupaten Semarang yang memiliki daya tarik tinggi dalam sektor pariwisata. Hal ini diperkuat dengan ditetapkannya wilayah Kecamatan Bandungan sebagai salah satu Kawasan Strategis Kabupaten dari Sudut Kepentingan Sosial Bersama dengan wilayah Kecamatan Getasan (Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Semarang, 2023). Di wilayah kecamatan ini terdapat berbagai macam atraksi wisata yang menjadi tujuan dari para wisatawan baik yang berasal dari dalam wilayah Kabupaten Semarang dan wilayah sekitarnya maupun wisatawan dari luar daerah. Terdapat berbagai macam tempat tujuan wisata yang tersedia seperti Umbul Sidomukti, Candi Gedong Songo, Taman Bunga Celosia, Pusat Pemancingan Ikan, Pasar Wisata Bandungan, dan masih banyak lagi. Selain memiliki berbagai macam tempat tujuan wisata, Kecamatan Bandungan juga memiliki daya tarik lain dimana wilayahnya yang berada di kaki Gunung Ungaran menyebabkan wilayah ini memiliki udara dingin yang sejuk sehingga mampu menjadi salah satu sarana Pelepas penat para wisatawan khususnya yang berasal dari kawasan perkotaan seperti Kota Semarang. Banyaknya volume wisatawan yang mengunjungi wilayah Kecamatan Bandungan ini menjadikan semakin berkembangnya sarana dan prasarana penunjang wisata seperti pusat perbelanjaan, tempat penginapan, pusat pengisian bahan bakar, pusat oleh – oleh, dan lain – lain. Dengan meningkatnya penambahan fasilitas penunjang wisata ini, maka aktivitas pembangunan tidak dapat terelakan untuk terjadi secara masif dan juga menyebabkan adanya perubahan rona fisik pada wilayah ini. Dari sebuah lahan yang merupakan lahan kosong maupun kawasan vegetasi perhutanan, akibat adanya peningkatan aktivitas pariwisata maka lahan kosong maupun kawasan vegetasi tersebut dapat berubah menjadi lahan terbangun.

Selain itu juga, pada saat ini dunia sedang dihadapkan dengan fakta bahwa semakin tingginya angka penduduk yang tentunya selaras dengan meningkatnya kebutuhan akan hunian dan fasilitas

penunjang kehidupan lainnya. Banyak terjadi perubahan lahan menjadi wilayah permukiman sebagai perwujudan akan adanya tuntutan kebutuhan hunian manusia. Sebagai akibat dari berbatasan langsung dengan Ibukota Provinsi Jawa Tengah, Kota Semarang, maka Kabupaten Semarang berperan sebagai salah satu penunjang dari Kota Semarang. Sebagai kawasan penunjang Ibukota Provinsi dimana banyak tersedia lapangan pekerjaan, Kabupaten Semarang mengalami fase pertumbuhan area terbangun yang cukup pesat. Selain itu, terjadinya perubahan tutupan lahan di wilayah Kecamatan Bandungan tidak hanya terjadi pada aspek lahan terbangun, tetapi juga dengan adanya peningkatan jumlah penduduk maka akan berimbas pada meningkatnya *demand* masyarakat akan keterpenuhan kebutuhan pokok seperti bahan pangan dan juga kebutuhan akan lapangan pekerjaan bagi masyarakat pinggiran kota. Dengan melihat topologi Kecamatan Bandungan serta meninjau pada regulasi mengenai RTRW wilayah Kabupaten dimana Kecamatan Bandungan menjadi salah satu wilayah pengembangan kawasan pertanian, maka perubahan tutupan lahan yang kemungkinan besar terjadi adalah bertambahnya luasan lahan pertanian dari tahun ke tahun. Adanya perubahan tutupan lahan ini juga menyebabkan timbulnya berbagai permasalahan yang berkaitan dengan alih fungsi lahan. Dalam beberapa tahun belakangan, ketika hujan deras mengguyur wilayah Kecamatan Bandungan akan menyebabkan banjir yang menerjang perumahan warga dan jalan akses utama di Kecamatan Bandungan. Tidak hanya itu, adanya aktivitas pembukaan hutan menjadi lahan pertanian ataupun Perkebunan oleh warga juga menyebabkan tersingkirnya habitat hewan – hewan liar yang menempati hutan tersebut sehingga menyebabkan semakin menipisnya lahan untuk mencari makanan dan menyebabkan mereka turun ke wilayah permukiman warga. Dengan adanya pembukaan lahan pada hutan juga menyebabkan banyak terjadi kejadian tanah longsor di wilayah Kecamatan Bandungan. Hal ini tentu saja menjadi permasalahan serius berkaitan dengan adanya fenomena perubahan tutupan lahan di wilayah Kecamatan Bandungan yang harus mendapatkan perhatian khusus bukan hanya dari pemerintah yang berwenang namun juga dari masyarakat umum.

Perkembangan wilayah dapat dianalisis dan dipelajari dengan menggunakan pemodelan spasial dimana dapat diketahui pola perkembangan dari waktu ke waktu dan perkembangan di masa yang akan datang. Pemodelan spasial ini memanfaatkan data penginderaan jauh berupa citra satelit. Telah banyak dilakukan analisa mengenai pola perubahan tutupan lahan di suatu wilayah dengan memanfaatkan ilmu penginderaan jauh dengan tujuan untuk dapat memantau pola pertumbuhan di suatu wilayah tersebut. Pengaplikasian penginderaan jauh dapat diterapkan dalam pembuatan peta, survei sumber daya alam, arkeologi, kehutanan, Perkebunan, geografi, dan lain – lain (Campbell & Wynne, 2011). Seiring berkembangnya zaman, teknologi penginderaan jauh juga telah berkembang pesat yaitu dengan memanfaatkan salah satu alat

analisis yang diprakarsai oleh raksasa teknologi Google yaitu *Google Earth Engine* (GEE). GEE merupakan salah satu alat analisis yang sangat relevan. GEE dapat menyediakan fasilitas akses ke berbagai citra satelit dengan resolusi tinggi yang membantu dalam proses analisa terhadap rona perubahan tutupan lahan. GEE dilengkapi dengan beberapa algoritma analisis spasial seperti CART yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola perubahan tutupan lahan. Visualisasi yang interaktif juga ditawarkan GEE yang dapat memudahkan pemahaman dan komunikasi dari hasil analisis kepada pemangku kepentingan dan masyarakat umum.

Algoritma *Classification and Regression Trees* (CART) merupakan salah satu metode dalam Teknik eksplorasi data yang biasa dikenal sebagai teknik pohon keputusan. Tujuan dari penggunaan algoritma CART ini adalah untuk mendapatkan suatu kelompok data yang akurat dalam hal kegiatan pengklasifikasian. Lain daripada itu, CART juga digunakan dalam penggambaran hubungan yang ada pada variabel respon dengan satu atau lebih variabel *predictor*. Singkatnya algoritma ini menggambarkan hubungan antara variabel dependen dengan satu atau lebih variabel independen lain (Afasel dkk., 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan analisis perubahan tutupan lahan antara tahun 2017 - 2022 di wilayah Kecamatan Bandungan yang nantinya dapat digunakan dalam kepentingan instansi maupun individu terkait. Penelitian dirasa perlu dilakukan agar dapat memberikan informasi tutupan lahan yang sangat bermanfaat dalam memantau laju pertumbuhan penduduk, urbanisasi, dan pengambilan kebijakan.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perkembangan dan perubahan tutupan lahan di wilayah Kecamatan Bandungan dengan menerapkan algoritma CART menggunakan *Google Earth Engine* pada rentang tahun 2017 – 2022?
2. Bagaimana klasifikasi jenis tutupan lahan yang ada di Kecamatan Bandungan?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini, antara lain:

- a. Mengetahui perkembangan tutupan lahan di wilayah Kecamatan Bandungan dengan memanfaatkan algoritma CART menggunakan *Google Earth Engine* pada rentang tahun 2017 – 2022.
- b. Mengetahui klasifikasi jenis tutupan lahan yang ada di Kecamatan Bandungan.

2. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini, antara lain:

- a. Aspek Keilmuan
Penelitian ini berfokus pada kajian mengenai sistem penginderaan jauh dalam perannya guna mengamati perubahan tutupan lahan

suatu wilayah dengan memanfaatkan teknologi *Google Earth Engine*.

b. Aspek Kerekayasaan

Penelitian dapat digunakan sebagai salah satu acuan dalam studi perkembangan pembangunan wilayah dan juga menjadi salah satu referensi dalam penyusunan dokumen perencanaan pembangunan wilayah terkait.

I.4 Batasan Penelitian

Adapun batasan dalam penelitian ini melingkupi sebagai berikut:

1. Daerah yang akan menjadi objek penelitian tugas akhir ini adalah wilayah Kecamatan Bandungan, Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah
2. Data yang akan digunakan pada penelitian ini adalah citra Sentinel 2 pada tahun 2017 dan 2022.
3. Penelitian ini menggunakan algoritma CART

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan salah satu dalam mengetahui informasi yang ada di permukaan bumi tanpa melakukan pengamatan langsung di lapangan. Penginderaan jauh menyajikan informasi hasil pengukuran di permukaan bumi dengan menggunakan satelit yang berperan sebagai penghantar radiasi elektromagnetik dari satu atau lebih wilayah spektrum elektromagnetik dimana gelombang ini dapat dipancarkan dan dipantulkan Kembali menuju satelit. Pengaplikasian penginderaan jauh dapat diterapkan dalam pembuatan peta, survei sumber daya alam, arkeologi, kehutanan, Perkebunan, geografi, dan lain – lain (Campbell & Wynne, 2011). Penginderaan jauh selain menggunakan satelit dalam pengaplikasiannya juga menggunakan peralatan lain seperti pesawat udara, atau sensor lainnya untuk mendapatkan data tentang permukaan bumi, atmosfer, atau objek di luar angkasa.

II.2 Google Earth Engine

Google Earth Engine (GEE) merupakan suatu platform pengolahan citra satelit berbasis komputasi awan yang diprakarsai oleh raksasa teknologi dunia yaitu *Google*. Platform ini diluncurkan pada 2 Desember 2010 yang mengusung konsep analisis geospasial menggunakan data citra satelit secara gratis dan dapat diakses secara *online*. Hal ini memungkinkan *user* untuk dapat melakukan berbagai macam proses analisis citra satelit di permukaan bumi secara *real time* (Raiza Pratama & Riana, 2022).

Proses identifikasi penginderaan jauh dengan memanfaatkan teknologi GEE dapat mempersingkat waktu analisis dikarenakan data citra satelit dan algoritma pemrosesan klasifikasi tersedia dalam satu platform yang sama. Data spasial yang diperlukan dalam proses analisis dapat diakuisisi dan di lakukan pengolahan langsung dengan menggunakan platform

GEE sehingga menjadi lebih efisien karena tidak memerlukan banyak aplikasi dan waktu yang dibutuhkan lebih sedikit.

II.3 Sentinel 2

Sentinel-2 adalah satu dari beberapa satelit dalam program *Copernicus* yang dikembangkan oleh *European Space Agency* (ESA). Satelit ini menghadirkan data citra optik resolusi tinggi dengan spektrum multi-band yang meliputi spektrum visual dan inframerah. Satelit ini sendiri terdiri dari 2 satelit yaitu Sentinel 2A dan Sentinel 2B yang mengorbit pada kutub di orbit *sun-synchronous* dengan ketinggian orbit 786 km (Afasel et al., 2022). Satelit ini diluncurkan dengan tujuan untuk memantau kondisi di permukaan bumi sehingga nantinya akan tersedia informasi kondisi *real time* bumi dari angka untuk dapat diaplikasikan oleh manusia di bumi. Kualitas citra yang berhasil dihasilkan oleh satelit ini memiliki resolusi spasial sebesar 10 meter untuk 4 band, 20 meter untuk 6 band, dan 3 band sisanya memiliki resolusi spasial sebesar 60 meter. Citra satelit ini juga memiliki 13 band *multispectral* (Afasel et al., 2022).

II.4 Algoritma Classification and Regression Trees (CART)

Algoritma *Classification and Regression Trees* (CART) merupakan salah satu metode dalam teknik eksplorasi data yang biasa dikenal sebagai teknik pohon keputusan. Tujuan dari penggunaan algoritma CART ini adalah untuk mendapatkan suatu kelompok data yang akurat dalam hal kegiatan pengklasifikasian. Lain daripada itu, CART juga digunakan dalam penggambaran hubungan yang ada pada variabel respon dengan satu atau lebih variabel *predictor*. Singkatnya algoritma ini menggambarkan hubungan antara variabel dependen dengan satu atau lebih variabel independen lain (Afasel et al., 2022).

Hasil dari perhitungan menggunakan algoritma ini sangat bergantung pada skala yang ada di variabel respon / variabel dependen, jika variabel ini berbentuk kontinu maka nantinya model yang akan dihasilkan adalah berupa pohon regresi. Sedangkan apabila variabel dependennya memiliki skala ketogorik, maka nantinya model yang dihasilkan akan berupa sebuah pohon klasifikasi.

II.5 Supervised Classification

Supervised classification adalah metode dalam machine learning di mana model dilatih menggunakan data yang telah dilabeli untuk membuat prediksi atau klasifikasi pada data baru. Metode ini sangat berguna dalam berbagai aplikasi karena mampu mengidentifikasi dan memetakan pola dalam data. Pada tahap awal, data yang tersedia dibagi menjadi dua set: set pelatihan (*training set*) dan set pengujian (*test set*). Set pelatihan digunakan untuk melatih model, sementara set pengujian digunakan untuk mengevaluasi kinerja model tersebut (Bishop, 2006).

Dalam proses pelatihan, model menerima dataset yang terdiri dari pasangan *input-output*, di mana *input* adalah fitur dari data dan *output* adalah label atau kategori yang benar. Model ini menggunakan algoritma tertentu untuk belajar dari data tersebut dengan

menyesuaikan parameter internal sehingga dapat memprediksi *output* yang benar berdasarkan *input* yang diberikan. Algoritma yang digunakan dalam supervised classification bisa sangat bervariasi, termasuk metode linear seperti regresi logistik, dan metode *non-linear* seperti *decision trees* dan *random forests* (Mitchell, 1997).

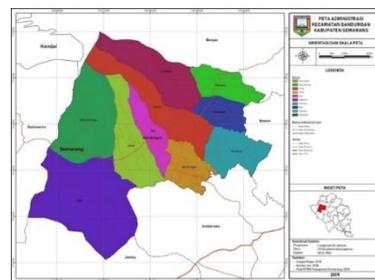
Supervised classification diterapkan di banyak bidang seperti pengenalan wajah, di mana model dilatih untuk mengenali individu berdasarkan fitur wajah, deteksi spam yang memisahkan email spam dari yang bukan, dan diagnosis medis yang memprediksi penyakit berdasarkan gejala pasien. Namun, ada beberapa tantangan dalam menggunakan *supervised classification*, seperti kebutuhan akan data pelatihan yang besar dan berkualitas, serta risiko bias dalam model jika data pelatihan tidak representatif dari populasi yang lebih luas. Oleh karena itu, pemilihan data pelatihan yang baik dan metode validasi yang tepat sangat penting untuk keberhasilan aplikasi *supervised classification* (Duda, Hart, & Stork, 2001).

III. Metodologi Penelitian

III.1 Objek Penelitian

Lokasi subjek yang digunakan apa penelitian ini berada di Kecamatan Bandungan, Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Kecamatan Bandungan merupakan salah satu wilayah kecamatan dari 19 kecamatan yang ada di Kabupaten Semarang. Secara geografis, Kecamatan Bandungan terletak terletak diantara 7° 11' 0" hingga 7° 15' 56" Lintang Selatan dan 110° 19' 23" hingga 110° 24' 36". Kecamatan Bandungan terletak di kaki Gunung Ungaran dengan batas wilayah sebagai berikut.

- Bagian Utara: Kabupaten Kendal
- Bagian Timur: Kecamatan Bergas dan Kecamatan Bawen
- Bagian Selatan: Kecamatan Ambarawa dan Kecamatan Jambu
- Bagian Barat: Kecamatan Sumowono



Gambar III.1 Peta Administrasi Kecamatan Bandungan
(Barenlitbangda, 2022)

III.2 Data dan Peralatan Penelitian

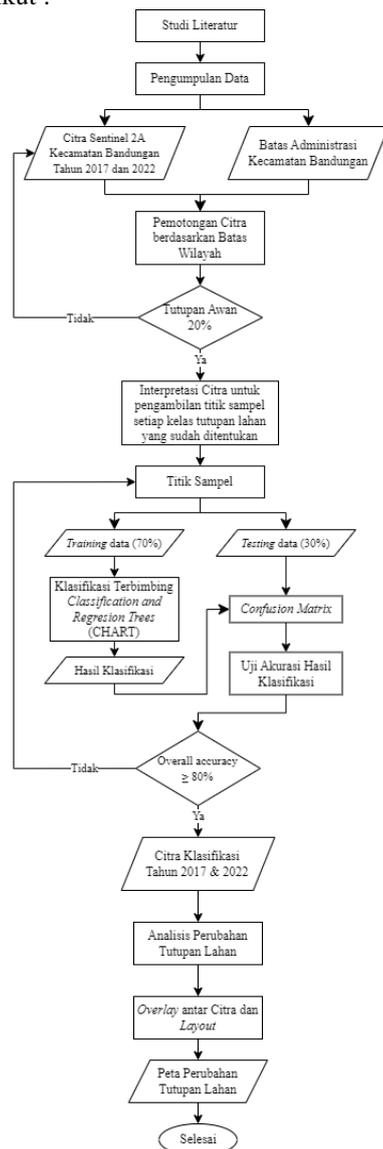
Adapun data dan peralatan yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut :

1. Data Penelitian
 - a. Data citra satelit Sentinel 2 pada tahun 2017 dan 2022.
 - b. Data administrasi wilayah Kecamatan Bandungan

- c. *Shapefile* Kecamatan Bandungan
 - d. Data RTRW wilayah Kecamatan Bandungan
2. Peralatan Penelitian
 - a. *Google Earth Engine* sebagai media pengolahan data perubahan tutupan lahan.
 - b. Microsoft Word 365 sebagai media yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir.
 - c. Microsoft Excel 365 untuk perhitungan data lainnya yang dibutuhkan.

III.3 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar III.2 Diagram Alir Penelitian

III.4 Tahapan penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dengan tahapan metodologi sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah

Dalam melakukan sebuah penelitian, maka hal pertama yang perlu dilakukan adalah dengan melakukan identifikasi terhadap

permasalahan yang akan menjadi topik penelitian. Dilakukannya tahapan ini bertujuan untuk menentukan poin utama isu di antara banyaknya permasalahan yang ada sehingga dapat terbentuk fokus yang mendalam pada topik yang diangkat dalam penelitian.

2. Studi Literatur

Setelah dilakukan tahapan identifikasi permasalahan, maka selanjutnya adalah melakukan studi literatur dengan topik yang akan menjadi objek dari penelitian. Dilakukannya tahapan ini tidak lain adalah bertujuan untuk menghimpun bahan referensi penelitian yang digunakan sebagai acuan untuk memperdalam pemahaman topik penelitian dalam bentuk sumber tertulis, buku, artikel, jurnal, dan dokumen terverifikasi.

3. Pengumpulan Data

Tahap selanjutnya merupakan salah satu tahap yang krusial dalam sebuah penelitian yaitu tahapan pengumpulan data. Tahap pengumpulan data merupakan proses yang mana informasi atau data yang diperlukan untuk penelitian dikumpulkan secara terencana dan hati-hati.

4. Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data ini dilakukan setelah semua data yang digunakan dalam penyusunan penelitian ini telah terkumpul. Dalam tahapan ini dilakukan pengolahan data pada citra Sentinel 2 untuk dapat mengidentifikasi pola perubahan tutupan lahan yang terjadi di wilayah Kecamatan Bandungan dalam kurun waktu 2017 hingga 2022. Digunakan algoritma CART dalam penyelesaian analisis pola perubahan tutupan lahan ini. Analisis dilakukan pada 2 citra tahun 2017 dan 2022 kemudian akan dianalisis mengenai pola perubahan tutupan lahan yang terjadi.

5. Analisis Data

Tahapan analisis dilakukan berdasarkan dari hasil yang diperoleh dari proses pengolahan data yang mana menghasilkan peta yang nantinya akan ditarik kesimpulan dari hasil tersebut.

6. Hasil Analisis Data

Hasil akhir dari penelitian ini adalah Peta Pola Perubahan Tutupan Lahan yang terjadi di wilayah Kecamatan Bandungan, Kabupaten Semarang. Ke depannya diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat menjadi suatu pertimbangan dalam program Pembangunan daerah.

IV. Hasil dan Analisis

IV.1 Perubahan Tutupan Lahan di Kecamatan Bandungan pada Tahun 2017 dan 2022

Berdasarkan hasil dari proses klasifikasi tutupan lahan dengan memanfaatkan *Machine Learning Google Earth Engine*, didapatkan hasil bahwa terjadi perubahan dalam hal tutupan lahan di wilayah Kecamatan Bandungan. Adanya dinamika perubahan tutupan lahan ini secara tidak langsung merupakan akibat dari adanya perubahan pada tata guna lahan di Kecamatan Bandungan.

Tidak dapat dipungkiri bahwa Kecamatan Bandungan pada saat ini menjadi destinasi wisata utama bagi masyarakat yang berasal dari wilayah perkotaan yang memiliki pola topografi lebih rendah seperti Kota Semarang, Kota Salatiga, Kabupaten Kendal, Kabupaten Demak, serta beberapa wilayah lain di Kabupaten Semarang yang memiliki struktur topologi yang lebih rendah dari Kecamatan Bandungan. Berangkat dari hal ini menyebabkan tingginya *demand* masyarakat akan kebutuhan penunjang pariwisata di wilayah Kecamatan Bandungan seperti pusat kuliner, perhotelan, pusat perbelanjaan buah dan sayur, SPBU, tempat wisata baru, dan tempat hiburan lainnya.

Dengan adanya *demand* yang tinggi dari masyarakat inilah menyebabkan adanya dinamika perubahan tata guna lahan contohnya yang tadinya merupakan lahan terbuka atau berupa vegetasi berubah menjadi bangunan pusat kuliner atau perhotelan. Berikut merupakan hasil analisis perubahan tutupan lahan yang ada di wilayah Kecamatan Bandungan.

IV.1.1 Sampel Kelas Klasifikasi Tutupan Lahan

Analisis mengenai perubahan tutupan lahan yang terjadi di wilayah Kecamatan Bandungan diamati dengan membandingkan kondisi wilayah selama tahun 2017 dan tahun 2022. Dimana kondisi tutupan lahan yang diamati berdasarkan pada kelas tutupan lahan vegetasi, lahan terbangun, sawah, dan lahan terbuka.

Dalam pengoperasiannya, metode yang digunakan dalam proses pengamatan perubahan tutupan lahan ini memanfaatkan algoritma CART yang ada di dalam *Machine Learning Google Earth Engine*, dimana algoritma ini termasuk dalam klasifikasi terbimbing (*supervised classification*). *Supervised classification* memerlukan proses pengambilan titik sampel dalam rangka mengamati rona tutupan lahan suatu wilayah sehingga pada penelitian ini juga dilakukan pengambilan titik sampel pada Citra Sentinel 2.

Ditinjau berdasarkan hasil pengambilan sampel pada Citra Sentinel 2 wilayah Kecamatan Bandungan, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel IV.1 Titik Sampel Kelas Tutupan Lahan

Kelas Tutupan Lahan	Tahun	
	2017	2022
 Vegetasi	15 titik	22 titik
 Lahan Terbangun	44 titik	60 titik

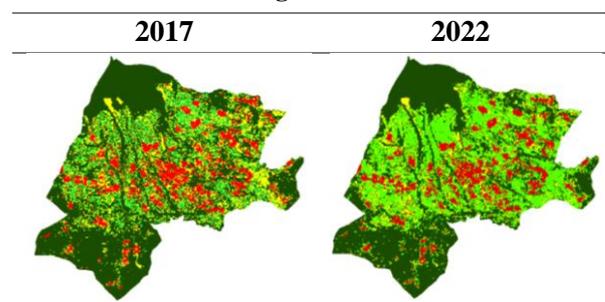
 Sawah	15 titik	27 titik
 Lahan Terbuka	38 titik	21 titik

Pengambilan titik sampel pada penelitian ini dilakukan dengan metode *random sampling*. Pengambilan sampel sebanyak 70% dari sampel yang telah dibuat digunakan untuk klasifikasi tutupan lahan, sementara 30% sisanya digunakan untuk validasi dan penilaian akurasi algoritma yang digunakan (Shaharum dkk., 2020).

IV.1.2 Hasil Analisis Perubahan Tutupan Lahan

Berikut merupakan hasil analisis perubahan tutupan lahan Kecamatan Bandungan pada tahun 2017 dan tahun 2022.

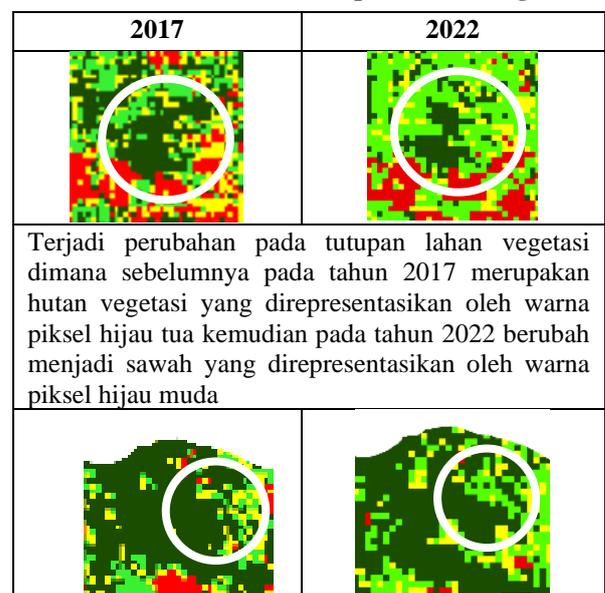
Tabel IV.2 Hasil Analisis Tutupan Lahan Kecamatan Bandungan Tahun 2017 dan 2022

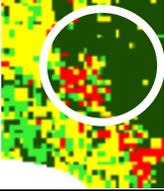
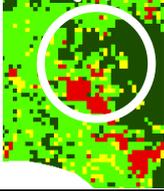


1. Perubahan pada Lahan Vegetasi

Dengan meningkatnya kegiatan pembukaan lahan hutan di wilayah Kecamatan Bandungan, maka terjadi adanya pola pergeseran tutupan lahan yang sebelumnya merupakan vegetasi kemudian berubah menjadi Lahan Terbangun maupun sawah. Berikut merupakan hasil analisis perubahan tutupan lahan vegetasi yang ada di wilayah Kecamatan Bandungan.

Tabel IV.3 Perubahan Tutupan Lahan Vegetasi

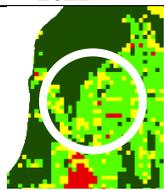


2017	2022
Adanya perubahan tutupan lahan vegetasi pada tahun 2017 menjadi sawah dan lahan terbuka pada tahun 2022. Tutupan lahan vegetasi direpresentasikan oleh warna piksel hijau tua, sawah direpresentasikan oleh warna piksel hijau muda dan lahan terbuka direpresentasikan oleh warna piksel kuning.	
	
Ditinjau berdasarkan visualisasi perubahan tutupan lahan di atas, didapatkan informasi bahwa terjadi perubahan tutupan lahan dimana pada tahun 2017 masih berupa vegetasi dan lahan terbuka, kemudian pada tahun 2022 berubah menjadi lahan terbangun. Hal ini dapat tercermin pada rona warna piksel yang mewakili dimana vegetasi divisualisasikan oleh warna piksel hijau tua dan lahan terbuka divisualisasikan dengan warna piksel kuning, sedangkan lahan terbangun divisualisasikan oleh warna piksel merah.	

2. Perubahan pada Lahan Terbangun

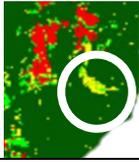
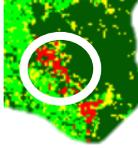
Perubahan tutupan lahan tidak hanya terjadi pada lahan vegetasi yang berubah menjadi lahan terbangun ataupun sawah, tetapi perubahan tutupan lahan juga dapat terjadi pada lahan yang pada awalnya merupakan lahan terbangun kemudian berubah menjadi kelas tutupan lahan lainnya. Berikut merupakan hasil analisis perubahan tutupan lahan terbangun yang ada di wilayah Kecamatan Bandungan.

Tabel IV.4 Perubahan Tutupan Lahan Terbangun

2017	2022
	
Dapat terlihat bahwa terjadi perubahan pada tutupan lahan di tahun 2017 dan 2022, dimana pada tahun 2017 terdapat lahan terbangun yang direpresentasikan oleh warna merah kemudian berubah menjadi sawah dan lahan terbuka pada tahun 2022 yang direpresentasikan oleh warna piksel hijau muda dan kuning.	

3. Perubahan pada Lahan Terbuka

Tabel IV.5 Perubahan Tutupan Lahan Terbuka

2017	2022
	
Berdasarkan hasil visualisasi perubahan tutupan lahan, diketahui bahwa pada tahun 2017, lahan tersebut merupakan lahan terbuka yang ditandai dengan piksel berwarna kuning. Namun, pada tahun 2022, lahan tersebut telah berubah menjadi sawah yang ditandai dengan warna hijau muda. Perubahan ini mencerminkan adanya perubahan dalam pola tata guna lahan, di mana lahan yang awalnya terbuka kemudian dimanfaatkan sebagai lahan sawah oleh para petani untuk memenuhi kebutuhan mereka.	
	
Berdasarkan hasil di atas, diketahui terdapat perubahan pada tutupan lahan terbuka dan sawah menjadi lahan terbangun. Lahan tertutup direpresentasikan oleh pixel dengan warna kuning dan sawah direpresentasikan dengan warna pixel hijau muda. Dapat terlihat bahwa dari kedua warna tersebut kemudian berubah menjadi warna pixel merah dimana hal ini merepresentasikan dari tutupan lahan terbangun. Berubahnya tutupan lahan terbuka dan sawah menjadi lahan terbangun ini mengindikasikan bahwa semakin meningkatnya perubahan tata guna lahan menjadi permukiman yang dapat berfungsi sebagai kawasan hunian masyarakat maupun kawasan perekonomian.	

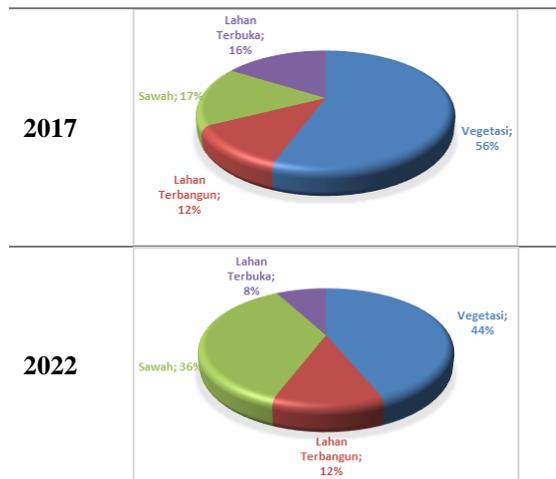
IV.2 Perubahan Luas Tutupan Lahan di Kecamatan Bandungan pada Tahun 2017 dan 2022

Berdasarkan klasifikasi yang dilakukan dengan algoritma CART, diperoleh luas untuk setiap kelas tutupan lahan. Berikut adalah hasil perhitungan luas masing-masing kelas tutupan lahan yang dihitung menggunakan *script Google Earth Engine* untuk menganalisis perubahan luas tutupan lahan.

Tabel IV.6 Perbandingan Luas Tutupan Lahan Kecamatan Bandungan Tahun 2017 dan 2022

Klasifikasi Lahan	Luas (Ha) 2017	Luas (Ha) 2022	%
Vegetasi	2650	56	44%
Lahan Terbangun	563	12	12%
Sawah	786	17	36%
Lahan Terbuka	762	16	8%
Total	4761	4762	

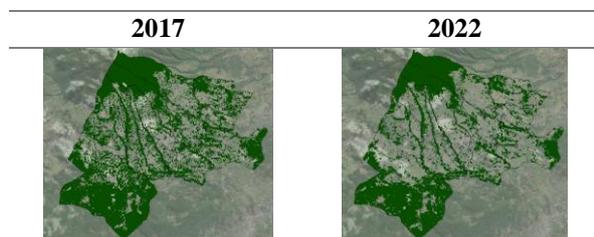
Tabel IV.7 Persentase Tutupan Lahan Kecamatan Bandungan Tahun 2017 dan 2022



IV.2.1 Perubahan Luasan Tutupan Lahan Vegetasi

Dari tabel di atas, terungkap bahwa persentase vegetasi mengalami penurunan dari 56% pada tahun 2017 menjadi 44% pada tahun 2022. Penurunan ini disebabkan oleh berbagai jenis pembangunan yang terjadi setiap tahun. Pembangunan infrastruktur dan perubahan penggunaan lahan untuk keperluan lain telah mengurangi luas area yang sebelumnya ditutupi vegetasi alami.

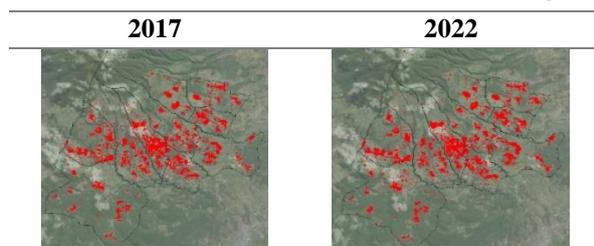
Tabel IV.8 Perubahan Luasan Vegetasi



IV.2.2 Perubahan Luasan Tutupan Lahan Terbangun

Pada klasifikasi lahan terbangun, persentasenya tetap stagnan di angka 12%, meskipun terjadi sedikit peluasan wilayah lahan dari 563 Ha pada tahun 2017 menjadi 572 Ha pada tahun 2022. Peningkatan yang tidak signifikan ini menunjukkan bahwa pembangunan lahan terbangun tidak memberikan dampak besar terhadap perubahan tutupan lahan secara keseluruhan di wilayah tersebut.

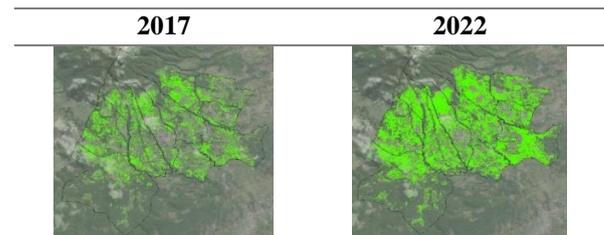
Tabel IV.9 Perubahan Luasan Lahan Terbangun



IV.2.3 Perubahan Luasan Tutupan Lahan Sawah

Sebaliknya, persentase sawah terus meningkat dari 17% pada tahun 2017 menjadi 36% pada tahun 2022. Peningkatan ini mungkin menjadi salah satu alasan mengapa vegetasi terus menurun. Pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat setiap tahunnya menyebabkan meningkatnya kebutuhan primer masyarakat serta kebutuhan perekonomian para petani, sehingga pembukaan lahan hutan menjadi lahan pertanian tidak dapat terelakkan.

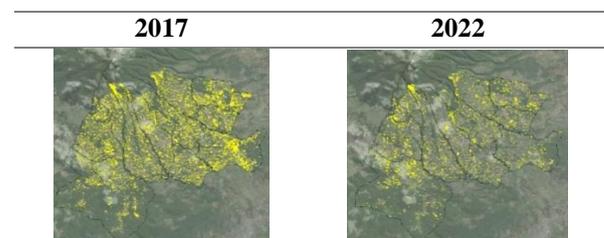
Tabel IV.10 Perubahan Luasan Sawah



IV.2.4 Perubahan Luasan Tutupan Lahan Terbuka

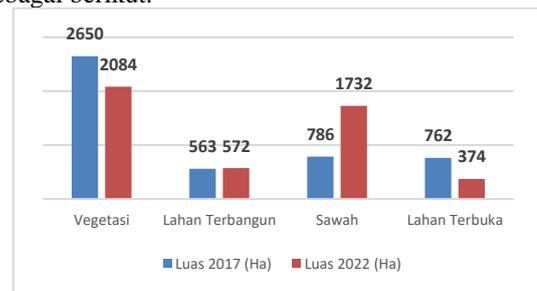
Pada lahan terbuka, persentasenya terus menurun dari 16% pada tahun 2017 menjadi 8% pada tahun 2022. Penurunan lahan terbuka ini terjadi karena adanya pembukaan lahan baru untuk dijadikan pemukiman dan lahan pertanian. Perubahan ini mencerminkan dinamika penggunaan lahan di Kecamatan Bandungan yang dipengaruhi oleh tekanan demografis dan kebutuhan ekonomi masyarakat setempat.

Tabel IV.11 Perubahan Luasan Lahan Terbuka



IV.2.5 Perubahan Luasan Kelas Tutupan Lahan

Telah dijelaskan sebelumnya mengenai perubahan luasan tutupan lahan pada masing – masing kelas di wilayah Kecamatan Bandungan. Dari 4 kelas yang telah dianalisis, didapatkan informasi besaran perubahan luas tutupan lahan Kecamatan Bandungan sebagai berikut.



Gambar IV.1 Perubahan Luas Tutupan Lahan Kecamatan Bandungan

Ditinjau berdasarkan gambaran grafik perubahan luas tutupan lahan Kecamatan Bandungan di atas, terlihat bahwa perubahan paling besar terjadi pada luas tutupan lahan sawah yang naik 946 ha pada 2022 dan kemudian disusul oleh perubahan tutupan lahan pada sektor vegetasi yang turun seluas 566 ha. Perubahan luasan tutupan lahan yang turun juga terjadi pada klasifikasi lahan terbuka dimana luasannya turun sebesar 388 ha pada 2022 dan tutupan lahan yang mengalami perubahan luas terkecil adalah pada sektor lahan terbangun yang hanya mengalami perubahan seluas 9 ha.

Secara garis besar, perubahan tutupan lahan di wilayah Kecamatan Bandungan didominasi oleh perubahan yang terjadi pada sektor agrikultur yang juga berimbas pada perubahan tutupan lahan lainnya seperti vegetasi dan lahan terbuka dimana kedua tutupan lahan ini menjadi sektor yang paling banyak berkurang dengan adanya penambahan luas pada tutupan lahan sektor agrikultur.

IV.3 Analisis Analisis Uji Akurasi Tutupan Lahan di Kecamatan Bandungan pada Tahun 2017 dan 2022

Akurasi diuji dengan menggunakan model perhitungan matriks konfusi atau *error matrix* di GEE, yang memungkinkan untuk menentukan tingkat keakuratan hasil klasifikasi kelas tutupan lahan dibandingkan dengan data sampel pembanding. Berikut merupakan hasil perhitungan matriks konfusi pada tahun 2017 dan tahun 2022.

Tabel IV.12 Hasil Perhitungan Matriks Konfusi CART Tahun 2017

	Vegetasi	Lahan Terbangun	Sawah	Lahan Terbuka	Total	Overall Accuracy
Vegetasi	64	0	0	0	64	0,81
Lahan Terbangun	2	82	1	7	92	
Sawah	20	3	53	26	102	
Lahan Terbuka	1	21	6	87	115	

Ditinjau berdasarkan tabel di atas, bahwa didapatkan hasil uji akurasi pada analisis tutupan lahan di tahun 2017 sebesar 0,81 (81%) dimana hasil ini dianggap benar karena hasil perhitungan *confusion matrix* lebih dari 80%. Dinyatakan dalam tabel bahwa total piksel yang terklasifikasi dengan benar sejumlah 386 piksel dan piksel memiliki kesalahan klasifikasi sejumlah 87 piksel. Selanjutnya hal yang sama dilakukan pada hasil analisis tutupan lahan pada tahun 2022 yang juga menggunakan matriks konfusi dalam perhitungan uji akurasi. Berikut merupakan hasil perhitungan uji akurasi tutupan lahan pada tahun 2022.

Tabel IV.13 Hasil Perhitungan Matriks Konfusi CART Tahun 2022

	Vegetasi	Lahan Terbangun	Sawah	Lahan Terbuka	Total	Overall Accuracy
Vegetasi	250	0	0	0	250	0,90

	Vegetasi	Lahan Terbangun	Sawah	Lahan Terbuka	Total	Overall Accuracy
Lahan Terbangun	0	29	5	5	39	
Sawah	6	0	24	6	36	
Lahan Terbuka	1	4	8	24	37	

Diperoleh rincian mengenai hasil perhitungan matriks konfusi tutupan lahan pada tahun 2022 seperti tabel di atas dimana hasil perhitungan uji akurasi memperoleh nilai 0,90 (90%). Lebih lanjut, terdapat 327 piksel yang terklasifikasi dengan benar dan 35 piksel memiliki kesalahan klasifikasi.

Adanya kesalahan pada klasifikasi citra ini lebih banyak disebabkan karena terdapat kesamaan rona warna pada piksel sehingga mendekati homogen dengan rona piksel lainnya. Adanya kesamaan rona piksel ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain adalah variasi dalam pencahayaan, sudut pengambilan gambar, dan kondisi atmosfer bisa membuat piksel yang seharusnya serupa tampak berbeda, atau sebaliknya, membuat piksel yang berbeda tampak serupa.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Ditinjau berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan hasil analisis perubahan tutupan lahan Kecamatan Bandungan diketahui bahwa dalam kurun waktu 2017 – 2022 (5 tahun) terjadi perubahan pada pola tutupan lahan yang diakibatkan oleh meningkatnya aktivitas masyarakat Kecamatan Bandungan. Perubahan yang dapat diidentifikasi yaitu tutupan lahan vegetasi turun seluas 566 ha (12%), tutupan lahan terbangun naik seluas 9 ha (0,2%), tutupan lahan sawah naik seluas 946 ha (19%), dan tutupan lahan terbuka turun seluas 388 ha (8%).
- Klasifikasi tutupan lahan wilayah Kecamatan Bandungan dengan memanfaatkan algoritma CART pada platform GEE melibatkan penggunaan citra satelit dan *supervised classification* untuk mengidentifikasi berbagai jenis tutupan lahan seperti vegetasi, lahan terbangun, sawah, dan lahan terbuka. Hasil dari analisis klasifikasi tutupan lahan ini juga menunjukkan bahwa di Kecamatan Bandungan, lahan vegetasi masih mendominasi sebagian besar wilayah kecamatan dan diikuti oleh lahan sawah yang memiliki porsi luas yang tidak jauh berbeda dengan vegetasi. Adapun berkaitan dengan dominasi tutupan lahan yang paling sedikit adalah pada klasifikasi lahan terbuka.

V.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, berikut ini adalah beberapa saran untuk penelitian mendatang:

1. Pelaksanaan survei data primer untuk penelitian akan meningkatkan validitas hasil penelitian karena data tersebut dikumpulkan langsung dari lapangan.
 2. Sebelum melakukan penelitian dengan menggunakan bantuan *machine learning* seperti *Google Earth Engine*, pemahaman mengenai *script coding* perintah pengolahan sangat diperlukan untuk meminimalisir terjadinya *error* saat pemrosesan.
 3. Perlu adanya pemilihan Citra Sentinel-2A yang sesuai antara resolusi temporal dengan waktu yang digunakan dalam penelitian untuk menghindari adanya gangguan pada tampilan citra.
 4. Penggunaan citra dengan resolusi spasial yang lebih tinggi akan mempermudah dalam mengidentifikasi dan mengklasifikasikan tutupan lahan.
- Mitchell, T. M. (1997). *Machine Learning*. McGraw-Hill.
- Mukmin, S. A. Al, Wijaya, A. P., & Sukmono, A. (2016). ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN TERHADAP DISTRIBUSI SUHU PERMUKAAN DAN KETERKAITANNYA DENGAN FENOMENA URBAN HEAT ISLAND. *Jurnal Geodesi Undip*, 5, 224–233.
- Murphy, K. P. (2012). *Machine Learning: A Probabilistic Perspective*. MIT Press.
- Raiza Pratama, M., & Riana, D. (2022). Klasifikasi Penutupan Lahan Menggunakan *Google Earth Engine* dengan Metode Klasifikasi Terbimbing pada Wilayah Penajam Paser Utara. *Jurnal Jupiter*, 1(1), 637–650.
- Richards, J. A., & Jia, X. (2006). Remote sensing digital image analysis: An introduction. *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction, January 2006*, 1–439. <https://doi.org/10.1007/3-540-29711-1>

DAFTAR PUSTAKA

- Afasel, D., Purnamasari, R., & Edwar. (2022). Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Supervised Machine Learning Pada Citra Satelit Menggunakan *Google Earth Engine*. *e-Proceeding of Engineering*, 8(6), 3281.
- Astuti, Y. (2020). *Sistem Informasi Geografis: Komponen SIG*. <https://ayosinaugeografi.wordpress.com/2020/05/23/sistem-informasi-geografis-komponen-sig/>
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Semarang. (2023). *Kecamatan Bandungan Dalam Angka 2023*. <https://doi.org/10.31503/madah.v13i2.534>
- Bishop, C. M. (2006). *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer.
- Campbell, J. B., & Wynne, R. H. (2011). *Introduction to Remote Sensing* (5th ed.). The Guilford Press.
- Desk, N. (2020). *32 projects to be funded by GEO and Google Earth Engine to solve world's greatest challenges*. <https://www.geospatialworld.net/news/32-projects-to-be-funded-by-geo-and-google-earth-engine-to-solve-worlds-greatest-challenges/>
- Duda, R. O., Hart, P. E., & Stork, D. G. (2001). *Pattern Classification*. Wiley.
- ESA. (2015). *Sentinel-2 operations*. European Space Agency. https://www.esa.int/Enabling_Support/Operations/Sentinel-2_operations
- Jensen, J. R. (2016). Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. *Remote Sensing of the Environment*, 123, 123–145.
- Juniyanti, L., Prasetyo, L. B., Aprianto, D. P., Purnomo, H., & Kartodihardjo, H. (2020). Land-use/land cover change and its causes in Bengkalis Island, Riau Province (from 1990-2019). *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 10(3), 419–435. <https://doi.org/10.29244/jpsl.10.3.419-435>