

ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN KAWASAN TERBANGUN MENGUNAKAN ALGORITMA ENDISI TERHADAP SUHU PERMUKAAN TANAH (Studi Kasus: Kabupaten Bekasi Bagian Selatan)

Ridhwan Kurniantoro^{*)}, Bandi Sasmito, Firman Hadi

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email: ridhwanka27@gmail.com

ABSTRAK

Perubahan kawasan terbangun terus meningkat seiring dengan kepadatan penduduk dan urbanisasi yang pesat, karena kebutuhan tempat tinggal dan sarana penunjang aktivitas sosial ekonomi, umumnya terjadi karena peralihan penggunaan lahan yang terjadi di kota-kota metropolitan termasuk Kabupaten Bekasi. Perubahan kawasan terbangun di wilayah perkotaan meningkatkan suhu permukaan, sehingga perlu perencanaan dan pemantauan kawasan terbangun untuk mengantisipasi dampak yang ditimbulkan dan mewujudkan wilayah yang berkelanjutan. Penelitian ini berfokus untuk mengetahui pengaruh kawasan terbangun terhadap suhu permukaan tanah di Kabupaten Bekasi bagian selatan. Citra Sentinel-2 Level-1C digunakan untuk ekstraksi kawasan terbangun menggunakan algoritma ENDISI bersama dengan algoritma NDBI sebagai pembanding, sedangkan dalam ekstraksi suhu permukaan digunakan citra Landsat-8 Level-2 Science Product Surface Temperature. Sistem grid skala ragam ukuran 5"x5" digunakan dalam analisis regresi dari kedua parameter tersebut. Hasil ekstraksi kawasan terbangun di Kabupaten Bekasi bagian selatan menggunakan ENDISI memiliki akurasi lebih baik dibandingkan dengan NDBI. Kecamatan Cikarang Pusat merupakan wilayah dengan kawasan terbangun terluas dan memiliki peningkatan kawasan terbangun tertinggi pada periode 2018-2022. Selain itu, peningkatan kelas suhu permukaan tanah tertinggi juga terjadi pada wilayah tersebut. Hasil uji regresi sederhana menunjukkan adanya pengaruh signifikan antara perubahan kawasan terbangun dan perubahan suhu permukaan rata-rata dan mendapatkan nilai R² sebesar 51.36%. Hasil uji regresi ini dapat digunakan karena telah memenuhi uji asumsi normalitas dan heteroskedastisitas.

Kata Kunci : Perubahan Kawasan Terbangun, Suhu Permukaan Tanah, Kabupaten Bekasi, Algoritma ENDISI dan NDBI.

ABSTRACT

The expansion of built-up areas continues to increase with population density and rapid urbanization due to the need for housing and socioeconomic infrastructure. This change is commonly seen in metropolitan areas, including Bekasi Regency. The increase in built-up areas in urban regions contributes to land surface temperature rise, necessitating planning and monitoring of built-up areas to anticipate and achieve sustainable regions. This research aims to investigate the impact of built-up areas on land surface temperature in the southern part of Bekasi Regency. Sentinel-2 Level-1C imagery is utilized for built-up area extraction using the ENDISI algorithm, compared with the NDBI algorithm. Meanwhile, Landsat-8 Level-2 Science Product Surface Temperature imagery is employed for extracting land surface temperature. A grid system with a variable size of 5" x 5" is applied in the regression analysis of both parameters. The extraction results indicate that the ENDISI method achieves higher accuracy in identifying built-up areas compared to NDBI. Cikarang Pusat sub-district is identified as the area with the largest extent of built-up areas and the highest increase in built-up areas from 2018 to 2022. Additionally, it exhibits the highest increase in land surface temperature class. The simple regression analysis shows a significant influence between changes in built-up areas and average surface temperature, yielding an R² value of 51.36%. This regression analysis fulfills the assumptions of normality and heteroscedasticity.

Keywords : Changes in Built-Up Areas, Land Surface Temperature, Bekasi Regency, ENDISI and NDBI Algorithm.

**) Penulis Penanggung Jawab*

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Perubahan kawasan terbangun di wilayah perkotaan merupakan suatu fenomena yang terus meningkat seiring dengan peningkatan kepadatan penduduk (Harahap, 2013) dan urbanisasi yang semakin pesat (Chithra dkk., 2015). Kabupaten Bekasi adalah daerah penyangga DKI Jakarta dan pusat industri yang menarik penduduk dari wilayah lain untuk menetap dan mencari kehidupan yang lebih baik. Pertumbuhan penduduknya dari tahun 2010 hingga 2020 berada di peringkat kedua tertinggi dengan persentase 1,64%, hanya selisih 0,01% di bawah Kabupaten Bandung Barat (BPS Jawa Barat, 2022).

Pemerintah Kabupaten Bekasi menerbitkan Perda No. 12/2011 tentang tata ruang wilayah Kabupaten Bekasi 2011-2031 untuk mengendalikan pembangunan. Peraturan ini membagi Kabupaten Bekasi menjadi 4 wilayah pembangunan: tengah, selatan, timur, dan utara. Kabupaten Bekasi bagian selatan (Kecamatan Setu, Serang Baru, Cibarusah, Cikarang Pusat, Bojong Mangu) menjadi pusat pemerintahan, industri, perumahan, permukiman, pertanian, dan pariwisata. Dalam wilayah ini, perubahan kawasan terbangun meningkat seiring pertumbuhan penduduk dibanding wilayah lain. Deteksi perubahan kawasan terbangun penting untuk rencana pengembangan wilayah berkelanjutan dan pencegahan dampaknya. Perubahan kawasan terbangun di perkotaan meningkatkan suhu permukaan tanah akibat penggunaan bahan kedap air (beton, aspal, atap, batu bata) (Akomolafe & Rosazlina, 2022). Beberapa penelitian menyatakan bahwa perubahan kawasan terbangun memiliki kontribusi >50% terhadap peningkatan suhu permukaan tanah di beberapa wilayah (Handayani dkk., 2017; Nadira dkk., 2019; Pramudiyasari dkk., 2022). Pada beberapa penelitian tersebut algoritma NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*) untuk memetakan kawasan terbangun dan suhu permukaan tanah dari citra Landsat-8. Perlu pengembangan dan uji coba analisis hubungan kawasan terbangun dan suhu permukaan tanah dengan algoritma terkini pada wilayah yang berbeda untuk melihat konsistensi hubungan tersebut.

Salah satu algoritma terkini untuk melakukan ekstraksi kawasan terbangun secara otomatis adalah algoritma ENDISI (*Enhanced Difference Impervious Surface Index*). Pada penelitian yang dilakukan di China (Chen dkk., 2020), algoritma ENDISI memiliki nilai akurasi yang konsisten lebih baik dibandingkan dengan algoritma sejenis termasuk NDBI pada wilayah dengan karakteristik tutupan lahan yang beragam. Namun, algoritma ENDISI belum banyak diaplikasikan pada kajian analisis pengaruh kawasan terbangun terhadap suhu permukaan tanah khususnya di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara perubahan kawasan terbangun dengan suhu permukaan tanah di Kabupaten Bekasi bagian selatan pada tahun 2018, 2020, dan 2022. Metode ini melibatkan citra Sentinel-2 Level 1C untuk menerapkan

algoritma ENDISI bersama dengan NDBI sebagai pembanding dan data suhu permukaan yang diambil dari citra Landsat-8 Level 2 SP ST (*Science Product Surface Temperature*). Hasilnya diharapkan dapat meningkatkan pemahaman tentang penerapan algoritma indeks kawasan terbangun dan dampaknya, serta mendukung pengembangan wilayah yang berkelanjutan.

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana distribusi perubahan kawasan terbangun menggunakan algoritma ENDISI di wilayah penelitian pada tahun 2018, 2020 dan 2022?
2. Bagaimana distribusi perubahan suhu permukaan di wilayah penelitian pada tahun 2018, 2020 dan 2022?
3. Bagaimana pengaruh perubahan kawasan terbangun terhadap suhu permukaan di wilayah penelitian pada tahun 2018, 2020 dan 2022?

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dan manfaat penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis distribusi perubahan kawasan terbangun menggunakan algoritma ENDISI di wilayah penelitian pada tahun 2018, 2020 dan 2022.
2. Untuk menganalisis distribusi perubahan suhu permukaan di wilayah penelitian pada tahun 2018, 2020 dan 2022.
3. Untuk menganalisis pengaruh perubahan kawasan terbangun terhadap suhu permukaan di wilayah penelitian pada tahun 2018, 2020 dan 2022.

I.4 Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini digunakan agar fokus pada penelitian dan tidak terlalu luas. Batasan penelitian ini adalah:

1. Citra yang digunakan untuk ekstraksi kawasan terbangun adalah Sentinel-2 Level 1C tahun 2018, 2020 dan 2022.
2. Ekstraksi suhu permukaan menggunakan produk LST Landsat-8 Level 2 SP ST tahun 2018, 2020 dan 2022.
3. Penelitian ini berfokus pada pengaruh perubahan kawasan terbangun menggunakan algoritma ENDISI terhadap suhu permukaan, tidak berfokus pada tingkat akurasi suhu permukaan yang diperoleh.
4. Algoritma ENDISI membagi tutupan lahan menjadi dua kelas yaitu (a) Permukaan Kedap Air dan (b) Permukaan Tembus Air yang diklasifikasi menggunakan metode *Otsu Thresholding*.
5. Pada penelitian ini permukaan kedap air merepresentasikan kawasan terbangun dan tingkat permeabilitas tutupan lahan tidak dihitung.
6. Luas wilayah penelitian yang dilakukan analisis hanya sebesar 262,24 km² dikarenakan terdapat kontaminasi awan pada beberapa wilayah.

- Analisis kedua variabel dilakukan menggunakan sistem grid skala ragam ukuran 5” x 5”.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Kawasan Terbangun

Kawasan terbangun merupakan lahan yang telah mengalami pembangunan atau perkerasan meliputi bangunan, jalan, industri, fasilitas umum dan sarana prasarana lainnya (Yuliasuti & Fatchurochman, 2012). Peningkatan jumlah penduduk menyebabkan luas kawasan terbangun bertambah, yang dapat mempengaruhi kondisi lingkungan dan suhu permukaan. Material kedap air yang digunakan dalam kawasan terbangun memiliki kemampuan menyerap radiasi matahari, konduktivitas termal tinggi, dan memancarkan energi panas ke lingkungan sekitar (Sekertekin & Zadbagher, 2021). Perubahan distribusi kawasan terbangun, terutama tutupan lahan kedap air, menjadi indikator pertumbuhan wilayah perkotaan (Dutta dkk., 2021). Oleh karena itu, pemantauan dan identifikasi perubahan kawasan terbangun penting untuk merencanakan wilayah perkotaan yang berkelanjutan.

Salah satu metode untuk mengidentifikasi kawasan terbangun adalah menggunakan penginderaan jauh. Penginderaan jauh mengidentifikasi kawasan terbangun dengan menggunakan citra satelit dan sensor khusus yang merekam pola spektral objek tersebut. Pola spektral mengacu pada perbedaan nilai pantulan atau reflektansi objek dalam merespon radiasi elektromagnetik (Kurniawati dkk., 2022). Setiap satelit penginderaan jauh memiliki kanal atau saluran untuk merekam objek pada rentang spektral tertentu. Kanal-kanal tersebut dapat dikombinasikan dan ditransformasi menjadi bentuk lain untuk merepresentasikan indeks kawasan terbangun. Beberapa algoritma transformasi indeks kawasan terbangun diantaranya adalah NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*), IBI (*Index-based Built-up Index*), EBBI (*Enhanced Built-up and Bareness Index*), BUI (*Build-Up Index*), CBI (*Combinational Build-Up Index*), ENDISI (*Enhanced Difference Impervious Surface Index*) dan masih banyak lagi. Pada penelitian ini, algoritma indeks kawasan terbangun yang akan digunakan adalah algoritma ENDISI dan NDBI sebagai algoritma pembandingan.

II.1.1 Enhanced Difference Impervious Surface Index (ENDISI)

Algoritma ENDISI pertama kali diperkenalkan pada tahun 2019 berdasarkan penelitian (Chen dkk., 2019). ENDISI berfokus untuk memisahkan piksel kawasan terbangun (kedap air) dan non terbangun menggunakan kanal biru, kanal hijau, kanal SWIR-1 (*Short-Wave Infrared-1*) dan kanal SWIR-2 (*Short-Wave Infrared-2*). Persamaan algoritma ENDISI yang digunakan pada citra Sentinel-2 seperti pada persamaan 1.

$$ENDISI = \frac{\rho_{Blue} - \beta \times \left(\frac{\rho_{SWIR1}}{\rho_{SWIR2}} + (MNDWI)^2 \right)}{\rho_{Blue} + \beta \times \left(\frac{\rho_{SWIR1}}{\rho_{SWIR2}} + (MNDWI)^2 \right)} \dots\dots\dots(1)$$

Adapun β merupakan faktor koreksi agar nilai akhir ENDISI tiap pikselnya berada pada rentang -1

sampai 1. Sedangkan persamaan β dapat dilihat pada persamaan 2. Dimana, ρ_{Blue} , ρ_{SWIR2} dan ρ_{SWIR1} merupakan nilai reflektan permukaan pada kanal biru, SIWR-1 dan SWIR-2. Sedangkan untuk persamaan MNDWI dapat dilihat pada persamaan 3. Hasil klasifikasi nilai ambang batas antara kawasan terbangun dan non-terbangun akan berbeda pada wilayah dan variasi tutupan lahan yang berbeda pula. Untuk dapat memisahkan kedua nilai kawasan tersebut dapat dilakukan penentuan nilai ambang batas otomatis (*automatic threshold selection*) berdasarkan perhitungan statistik dari nilai indeks ENDISI.

$$\beta = \frac{2 \times (\rho_{Blue})_{Mean}}{\left(\frac{\rho_{SWIR1}}{\rho_{SWIR2}} \right)_{Mean} + ((MNDWI)_{Mean})^2} \dots\dots\dots(2)$$

$$MNDWI = \frac{\rho_{Green} - \rho_{SWIR1}}{\rho_{Green} + \rho_{SWIR1}} \dots\dots\dots(3)$$

II.1.2 Normalized Difference Built-up Index (NDBI)

NDBI merupakan algoritma transformasi indeks yang dapat memberikan informasi kerapatan lahan terbangun dari citra penginderaan jauh (Hernawati dkk., 2020). Algoritma ini memiliki persamaan yang sederhana dengan menggunakan dua kanal saja yaitu kanal SWIR-1 dan NIR (*Near Infrared*). Persamaan tersebut dapat dilihat pada Persamaan 4.

$$NDBI = \frac{\rho_{SWIR1} - \rho_{NIR}}{\rho_{SWIR1} + \rho_{NIR}} \dots\dots\dots(4)$$

II.2 Suhu Permukaan Tanah

Suhu permukaan tanah atau LST (*Land Surface Temperature*) adalah pancaran suhu dari permukaan tanah yang disebabkan oleh radiasi matahari (Khan dkk., 2021). Permukaan tanah ini adalah permukaan terluar bumi dan dapat berupa kanopi vegetasi, atap bangunan, jalan dan tanah pada daerah lahan kosong. LST dapat diperoleh dari data satelit penginderaan jauh dengan memanfaatkan kanal termal atau TIR (*Thermal Infrared*) yang dimiliki beberapa satelit khusus.

Salah satu produk citra satelit yang menyediakan data LST yang sudah terkoreksi secara gratis adalah data LST Landsat-8 Level 2 *Science Product* (L2SP). Data tersebut merupakan jenis produk pengolahan lanjutan dari data Level-1 Landsat-8 khususnya pada kanal termal (*band 10*) yang diproses menggunakan algoritma *single-channel landsat surface temperature*. Hasil dari produk LST Landsat-8 L2SP sudah dapat merepresentasikan suhu permukaan tanah dengan satuan Kelvin yang berformat UINT16 (*Unsigned Integers 16 bit*). Kalibrasi radiometrik masih harus dilakukan untuk mengubah nilai piksel berformat UINT16 menjadi nilai suhu dengan satuan Kelvin menggunakan persamaan 5. Setelah itu, dilakukan konversi satuan menjadi Celsius ($^{\circ}C$) menggunakan persamaan 6 .

$$T_s = DN_{val} \times (S_F) \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

T_s = Suhu permukaan (K)

DN_{val} = Nilai piksel citra LST L2SP

S_F = Scalling factor (0.00341802 + 149.0)

T = $T_s - 273,15$(6)

Keterangan :

T = Suhu permukaan (°C)

T_s = Suhu permukaan (K)

Data LST yang diperoleh melalui produk LST L2SP terus diperbaiki dan dikembangkan untuk menghasilkan produk yang dapat diandalkan. Beberapa penelitian telah menguji dan menerapkan produk ini (Cook dkk., 2014; Galve dkk., 2022), dan beberapa di antaranya menyimpulkan bahwa produk L2SP memberikan hasil yang baik dan memiliki korelasi yang baik dengan suhu yang dianggap benar.

II.3 Otsu Thresholding

Otsu Thresholding merupakan metode penentuan nilai ambang batas secara otomatis atau ATS (*Automatic Threshold Selection*) dari histogram dengan nilai keabuan (*grayscale*) (Otsu, 1979). Metode ini mengasumsikan sebuah gambar atau citra hanya memiliki dua unsur yaitu *background* dan juga *foreground*. Metode otsu akan menghitung nilai ambang batas yang memisahkan kedua unsur tersebut dengan meminimalisir nilai yang overlap. Beberapa penerapan metode otsu dalam kajian ekstraksi kawasan terbangun dari hasil transformasi indeks telah banyak dilakukan dan mendapatkan hasil yang baik (Hidayati & Suharyadi, 2019; Li & Chen, 2018; Xu dkk., 2018).

II.4 Sistem Grid Skala Ragam

Sistem grid skala ragam merupakan sebuah struktur berupa garis vertikal dan horizontal yang dapat membagi suatu wilayah menjadi sel-sel yang saling bersebelahan. Sistem ini dapat dimanfaatkan untuk data lingkungan Indonesia dengan titik asal (*origin*) sistem koordinat terletak pada koordinat geodetik (90° BT, 15° LS) dan titik batas ujung timur dan ujung utara grid adalah 144° BT dan 10° LU, sama dengan grid penomoran lembar peta rupa bumi Indonesia (RBI) (KLHK, 2019). Ketentuan dalam pembuatan grid menurut Sofiyanti pada taun 2010 dalam (Basuki dkk., 2014) dapat dilihat lebih lanjut pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Ketentuan Sistem Grid Skala Ragam

Paralel	Meridian	Resolusi (Km)
1°	1°30'	111 x 166,5
30'	30'	55,5 x 55,5
15'	15'	27,75 x 27,75
7'30"	7'30"	13,875 x 13,875
2'30"	2'30"	4,625 x 4,625
30"	30"	0,900 x 0,900
5"	5"	0,150 x 0,150

II.5 Uji Akurasi Kawasan Terbangun

Uji akurasi diawali dengan melakukan pengambilan titik sampel pada data hasil model klasifikasi dan data referensi. Kemudian, pada setiap titik tersebut dilakukan perbandingan nilai atau kondisi dari kedua data menggunakan matriks konfusi.

II.5.1 Metode Pengambilan Sampel

Metode pengambilan sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah *Stratified Random Sampling*. Metode ini akan memilih titik secara acak (random) berdasarkan tingkatan (strata) tiap kelas pada model klasifikasi kawasan terbangun dengan proporsional (I. L. Sari dkk., 2021). Persamaan yang digunakan untuk menghitung jumlah sampel minimum dapat dilihat pada persamaan 7.

$$n_s = s \frac{\hat{0}(1-\hat{0})z^2}{e^2}.....(7)$$

Keterangan :

n_s = Jumlah sampel per kelas

S = Proporsi luas area tiap kelas

$\hat{0}$ = Target *overall accuracy*

z = Standar distribusi normal

e = *margin of error*

II.5.2 Matriks Konfusi

Salah satu metode umum yang dipakai dalam menghitung akurasi suatu model adalah matriks konfusi. Matriks konfusi menghitung akurasi suatu model dengan membandingkannya dengan data referensi. Bentuk matriks konfusi yang digunakan berdasarkan (Jamilah dkk., 2019) dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Matriks konfusi dapat menghitung nilai akurasi pembuat (*producers accuracy*), akurasi pengguna (*users accuracy*), akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) dan akurasi kappa (*kappa accuracy*). Menurut (Ge dkk., 2007), tingkat keakuratan klasifikasi tutupan lahan dapat diterima jika nilai akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) > 85%. Adapun beberapa persamaan dalam menghitung nilai klasifikasi tersebut dapat dilihat pada persamaan 8, persamaan 9, persamaan 10 dan persamaan 11.

Tabel 2 Bentuk Matriks Konfusi

Klasi-fikasi	Referensi			Jumlah Piksel	Akurasi Pengguna
	A	B	C		
A	X_{ii}			X_{+i}	X_{ii}/X_{+i}
B					
C			X_{ii}		
Total Piksel	X_{i+}			N	
Akurasi Pembuat	X_{ii}/X_{i+}				Akurasi Keseluruhan

Akurasi Pengguna = $\frac{X_{ii}}{X_{+i}} \times 100\%.....(8)$

Akurasi Pembuat = $\frac{X_{ii}}{X_{i+}} \times 100\%.....(9)$

Akurasi Keseluruhan = $\left(\frac{\sum_{i=1}^n X_{ii}}{N}\right) \times 100\% \dots \dots \dots (10)$

Akurasi Kappa = $\left(\frac{N \sum_{i=1}^n X_{ii} - \sum_{i=1}^n (X_{i+} \cdot X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^n (X_{i+} \cdot X_{+i})}\right) \times 100\% \dots \dots \dots (11)$

II.6 Regresi Linier Sederhana

Menurut Yuliara (2016), analisis regresi linier sederhana memiliki tujuan untuk menguji pengaruh antara satu variabel dependen terhadap satu variabel independen. Suatu model regresi dapat dikatakan valid jika telah memenuhi uji asumsi normalitas dan heteroskedastisitas (A. Q. Sari dkk., 2017). Persamaan regresi linier sederhana yang digunakan dapat dilihat pada persamaan 12.

$Y = a + bX \dots \dots \dots (12)$

Keterangan :

- Y = Variabel dependen a = Intercept
- X = Variabel independent b = Slope

III. Metodologi Penelitian

III.1 Alat dan Data Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

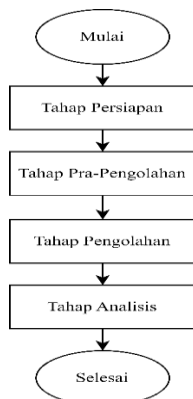
- A. Perangkat Keras yang digunakan adalah Laptop Asus A455L.
- B. Perangkat Lunak yang digunakan sebagai berikut :
 1. QGIS 3.16 Hannover
 2. Sen2Cor 2.10
 3. R Studio 4.2.0
 4. Fiji ImageJ 1.8
 5. Microsoft Office Word dan Excel 2019

Data yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut:

1. Citra Sentinel-2 Level 1-C akuisisi tanggal 6 Juli 2018, 27 Juli 2020 dan 18 Agustus 2022.
2. Citra Landsat-8 Level 2 SP *Surface Temperature* (ST) akuisisi tanggal 9 Juli 2018, 27 Agustus 2020 dan 7 Agustus 2022.
3. Data validasi lapangan tutupan lahan tahun 2022.
4. Data validasi citra planetscope resolusi 5m tutupan lahan tahun 2018 dan 2020.
5. Peta Administrasi Kabupaten Bekasi tahun 2022.
6. Peta RTRW Kabupaten Bekasi tahun 2011-2031.

III.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

III.3 Pelaksanaan Penelitian

III.3.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahap awal penelitian yang dimulai dengan mengidentifikasi masalah di wilayah penelitian. Setelah menemukan permasalahan, dilakukan studi literatur untuk mempelajari permasalahan dan kemungkinan solusi dari permasalahan tersebut. Terakhir, dilakukan pengumpulan data yang dibutuhkan untuk menganalisis permasalahan tersebut.

III.3.2 Tahap Pra Pengolahan

Tahap pra pengolahan merupakan proses untuk menyesuaikan dan memastikan data-data citra yang digunakan telah dalam kondisi yang baik untuk dilakukan pengolahan lebih lanjut pada tahapan selanjutnya. Citra Sentinel-2 Level 1C perlu dilakukan koreksi atmosferik, koreksi radiometrik, *mosaicking* dan *resampling*, *subset* dan *reprojection*. Sementara citra Landsat-8 L2SP ST perlu dilakukan koreksi radiometrik, konversi suhu, *subset* dan *reprojection*.

III.3.3 Tahap Pengolahan

Tahap pengolahan bertujuan untuk melakukan pengolahan pada data citra yang telah melalui tahapan pra pengolahan. Citra Sentinel-2 dilakukan pengolahan untuk menghasilkan distribusi kawasan terbangun menggunakan algoritma ENDISI dan NDBI. Kemudian hasil indeks tersebut diklasifikasikan menjadi kawasan terbangun dan non-terbangun menggunakan metode *otsu thresholding*, dan dilakukan uji akurasi menggunakan data validasi. Citra Landsat-8 L2SP ST tidak dilakukan pengolahan kembali karena telah berbentuk suhu permukaan tanah. Terakhir, dilakukan pembuatan sistem grid berdasarkan batas administrasi kabupaten Bekasi bagian selatan.

III.3.4 Tahap Analisis

Pada tahapan ini dilakukan analisis terhadap hasil pengolahan pada tahap sebelumnya. Analisis yang dilakukan diantaranya yaitu analisis perubahan kawasan terbangun, analisis perubahan suhu permukaan dan analisis regresi linier sederhana untuk mengetahui hubungan ataupun pengaruh perubahan kawasan terbangun terhadap suhu permukaan.

IV. Hasil dan Analisis

IV.1 Analisis Hasil Ekstraksi Kawasan Terbangun

IV.1.1 Uji Akurasi

Ekstraksi kawasan terbangun menggunakan algoritma ENDISI memerlukan penentuan nilai ambang batas (threshold) untuk memisahkan kawasan terbangun dan non-terbangun. Uji akurasi dilakukan untuk memilih nilai ambang batas dengan tingkat akurasi yang optimal dalam mengekstrak kawasan terbangun. Pada **Tabel 3**, **Tabel 4** dan **Tabel 5** dapat dilihat rincian hasil matriks konfusi algoritma ENDISI dengan nilai ambang batas yang memiliki akurasi keseluruhan yang paling tinggi pada tahun 2018, 2020 dan 2022. Hasil nilai akurasi keseluruhan tersebut juga telah memenuhi nilai minimal

85% sehingga model kawasan terbangun menggunakan algoritma ENDISI dapat diterima.

Tabel 3 Matriks Konfusi ENDISI 2018

Data Klasifikasi	Data Referensi		Jumlah Piksel	Akurasi Pengguna
	Non-Terbangun	Terbangun		
Non-Terbangun	117	18	135	86.67%
Terbangun	3	58	61	95.08%
Jumlah Piksel	120	76	196	
Akurasi Pembuat	97.50%	76.32%		89.29%
Akurasi Kappa	76.59%			

Tabel 4 Matriks Konfusi ENDISI 2020

Data Klasifikasi	Data Referensi		Jumlah Piksel	Akurasi Pengguna
	Non-Terbangun	Terbangun		
Non-Terbangun	107	11	118	90.68%
Terbangun	8	70	78	89.74%
Jumlah Piksel	115	81	196	
Akurasi Pembuat	93.04%	86.42%		90.31%
Akurasi Kappa	79.90%			

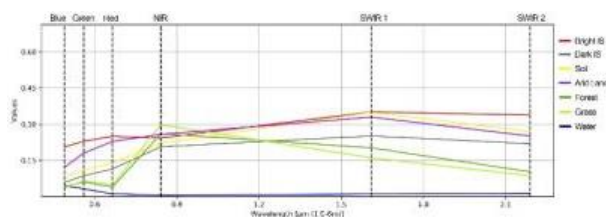
Tabel 5 Matriks Konfusi ENDISI 2022

Data Klasifikasi	Data Referensi		Jumlah Piksel	Akurasi Pengguna
	Non-Terbangun	Terbangun		
Non-Terbangun	113	4	117	96.58%
Terbangun	3	76	79	96.20%
Jumlah Piksel	116	80	196	
Akurasi Pembuat	97.41%	95.00%		96.43%
Akurasi Kappa	92.59%			

Uji akurasi juga dilakukan untuk melakukan analisis pendukung dengan membandingkan hasil model algoritma ENDISI dengan NDBI. Pada Tabel 6 dapat dilihat nilai akurasi keseluruhan hasil kedua algoritma tersebut tiap nilai ambang batas pada tahun pengamatan. Tabel tersebut menunjukkan hasil model algoritma ENDISI memiliki nilai akurasi keseluruhan lebih tinggi dari NDBI. Hal ini dapat diakibatkan perbedaan karakteristik kanal yang digunakan pada algoritma ENDISI dan NDBI pada Gambar 2.

Tabel 6 Perbandingan Akurasi ENDISI dengan NDBI

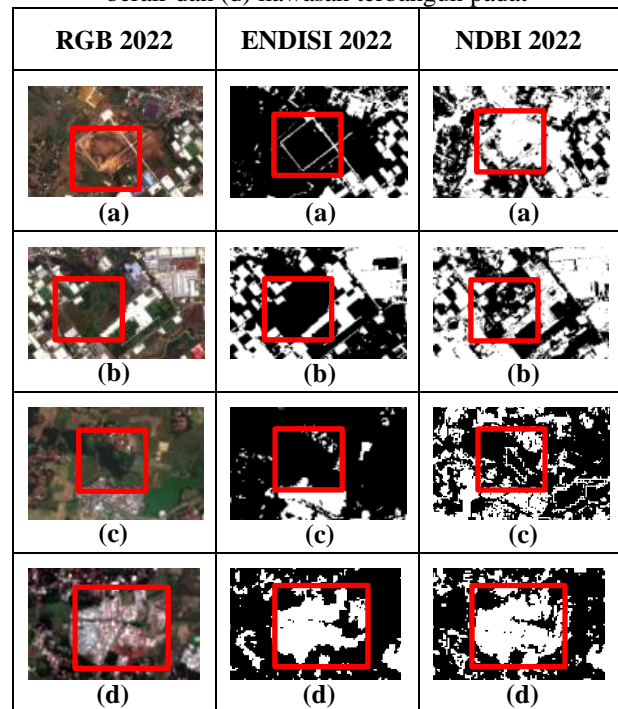
Tahun	Indeks	Nilai Ambang Batas	Akurasi Keseluruhan	Akurasi Kappa
2018	ENDISI	-0.31	78.06%	57.58%
		-0.16	89.29%	76.59%
		-0.02	76.53%	44.40%
	NDBI	0	63.27%	31.84%
		0.13	61.74%	20.37%
2020	ENDISI	0.08	62.25%	14.28%
		-0.29	82.14%	65.15%
		-0.11	90.31%	79.90%
	NDBI	0.07	75.51%	45.09%
		0.01	57.14%	20.09%
2022	ENDISI	0.08	59.18%	17.64%
		0.13	56.12%	4.65%
		-0.25	96.43%	92.59%
	NDBI	-0.11	84.69%	66.36%
		0.01	70.41%	30.99%
		-0.01	82.14%	64.49%
		0.04	77.04%	51.82%
		0.09	72.45%	38.69%



Gambar 2 Pola Spektral Kanal Sentinel-2

Karakteristik pola spektral dari kanal yang digunakan akan mempengaruhi hasil ekstraksi kawasan terbangun pada algoritma yang digunakan. Seperti pada Tabel 7, pada baris pertama dan kedua terlihat algoritma ENDISI lebih baik dalam membedakan kawasan terbangun dengan lahan kosong (*soil*) dan vegetasi rendah (*grass*). Hal ini dikarenakan algoritma ENDISI menggunakan kombinasi kanal SWIR 1 dan 2 serta kanal biru yang cukup baik dalam membedakan kawasan terbangun dengan vegetasi dan lahan kosong. Sementara algoritma NDBI hanya menggunakan kanal NIR dan SWIR 1. Pada baris ketiga, algoritma NDBI cukup baik dalam membedakan air dengan kawasan terbangun menggunakan kanal NIR dan SWIR 1. Namun, masih terlihat kesulitan pada wilayah berair dangkal seperti sungai ataupun daerah pinggiran danau. Sedangkan ENDISI lebih baik dalam membedakan wilayah berair secara keseluruhan dikarenakan terdapat faktor indeks kawasan berair yaitu MNDWI untuk meminimalisir bias dalam membedakan kawasan berair. Pada baris keempat, kedua algoritma ENDISI dan NDBI dapat mendeteksi kawasan tersebut dengan cukup baik. Hanya saja, pada algoritma NDBI masih terdapat sedikit bias jika pada wilayah tersebut terdapat lahan kosong kecil di tengahnya ataupun taman kecil. Penggunaan kanal biru pada ENDISI dibanding kanal NIR pada NDBI membuat algoritma ENDISI dapat mendeteksi kawasan terbangun padat dengan baik dan bersih dari bias kecil yang disebabkan oleh taman ataupun lapangan/tanah kosong kecil antar bangunan.

Tabel 7 Perbandingan visual ENDISI dengan NDBI pada wilayah dominan (a) lahan kosong, (b) vegetasi, (c) berair dan (d) kawasan terbangun padat

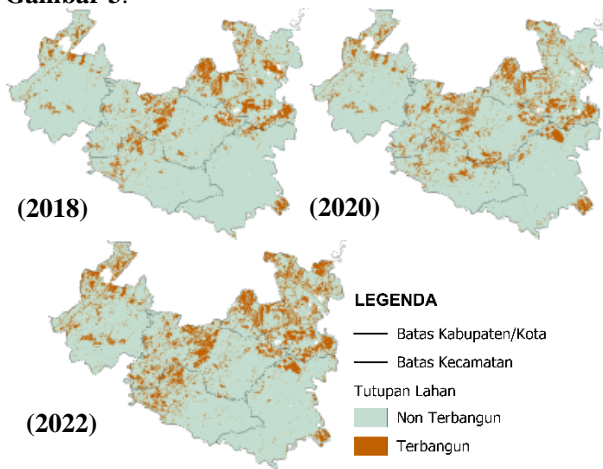


Berdasarkan penjelasan diatas dapat dikatakan algoritma ENDISI lebih baik dibandingkan algoritma NDBI dalam melakukan ekstraksi kawasan terbangun di wilayah penelitian. Namun, penggunaan kanal SWIR 1

pada ENDISI dan NDBI menyebabkan bias atau anomali pada lahan gersang (*arid land*) yang memiliki cakupan wilayah cukup besar pada hasil kedua algoritma tersebut. Meskipun bias pada ENDISI telah diminimalisir dengan menggunakan kanal biru dan SWIR 2, anomaly pada lahan gersang masih ditemukan. Hal ini terlihat pada hasil ekstraksi kawasan terbangun tahun 2018 yang banyak terdapat lahan gersang yang cukup luas khususnya berada pada Kecamatan Cikarang Pusat.

IV.1.2 Hasil Distribusi Kawasan Terbangun

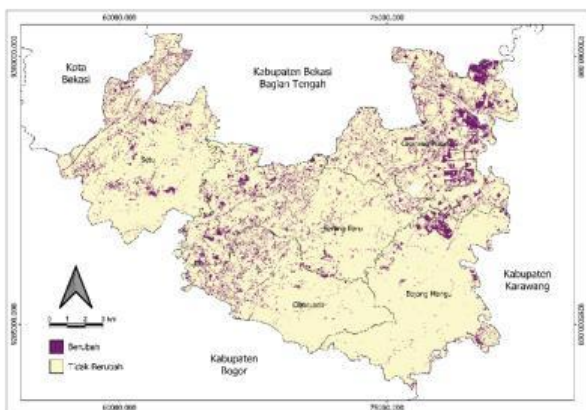
Algoritma ENDISI ini menghasilkan dua kelas tutupan lahan yaitu kawasan terbangun dan non-terbangun. Adapun hasil distribusi kawasan terbangun pada tahun 2018, 2020 dan 2022 dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3 Distribusi Kawasan Terbangun Pertahun

Pada ketiga hasil tersebut kawasan terbangun dominan dan banyak berkelompok di Kecamatan Setu, Serang Baru, dan Cikarang Pusat yang berbatasan dengan Kabupaten Bekasi. Kecamatan Bojong Mangu memiliki distribusi terbangun paling sedikit.

IV.1.3 Hasil Distribusi Perubahan Kawasan Terbangun

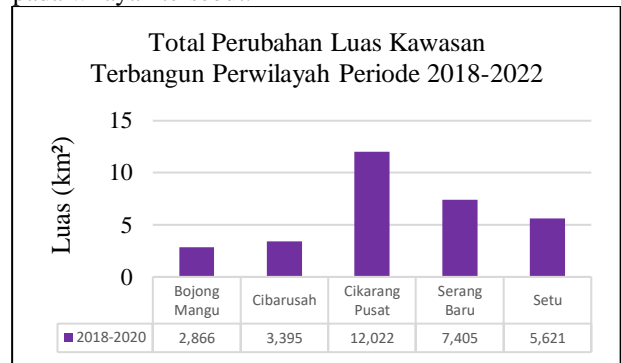


Gambar 4 Perubahan Distribusi Kawasan Terbangun Periode 2018-2022

Berdasarkan hasil distribusi kawasan terbangun pada bagian sebelumnya, dapat dilihat terjadinya perubahan kawasan terbangun pada setiap kecamatan di dalam wilayah penelitian periode 2018-2022. Hal

tersebut dapat dilihat lebih jelas pada **Gambar 4**. Perubahan distribusi terlihat signifikan di Kecamatan Cikarang Pusat dengan pola kelompok. Sedangkan Kecamatan Setu, Serang Baru, dan Cibirusah mengalami perubahan pola menyebar. Kecamatan Bojong Mangu hanya mengalami perubahan di perbatasan dengan Cikarang Pusat. Bojong Mangu stabil dan minim perubahan dibandingkan wilayah lain.

Adapun luas total perubahan kawasan terbangun periode 2018-2022 dapat dilihat pada **Gambar 5**. Perubahan luas kawasan terbangun selama periode 2018-2022 terlihat cukup signifikan pada Kecamatan Cikarang Pusat, Serang Baru dan Setu dengan luas berturut-turut sebesar 12.022 km², 7.405 km² dan 5.621 km². Sementara pada Kecamatan Bojong Mangu dan Cibirusah tidak mengalami perubahan signifikan dengan luas perubahan berturut-turut sebesar 2.866 km² dan 3.395 km². Hal tersebut dapat disebabkan beberapa faktor salah satunya adalah kebijakan perencanaan tata ruang dan wilayah pada wilayah tersebut.



Gambar 5 Total Perubahan Kawasan Terbangun

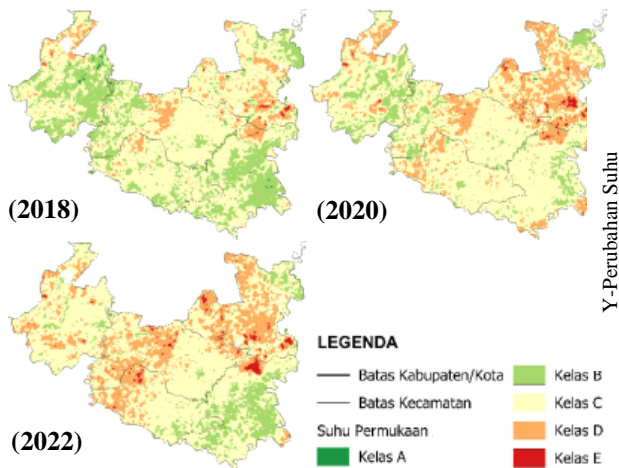
Kebijakan perencanaan tata ruang dan wilayah pada Kabupaten Bekasi tertuang pada Peraturan Daerah No.12 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kabupaten Bekasi 2011-2031. Pada peraturan tersebut, terlampir peta RTRW yang menampilkan rencana tata ruang di setiap wilayah kecamatan. Kecamatan Cikarang Pusat, Setu, dan Serang Baru memiliki persentase kawasan terbangun yang tinggi, didominasi oleh peruntukan permukiman perkotaan dan industri. Kecamatan Cibirusah memiliki peruntukan lahan pertanian yang dominan, dengan sedikit bagian untuk permukiman perkotaan. Kecamatan Bojong Mangu tidak memiliki peruntukan permukiman perkotaan atau pedesaan, dengan dominasi lahan pertanian, industri, pertambangan, dan pembuangan limbah B3 yang lebih kecil dari lahan pertanian. Berdasarkan penjelasan diatas, perubahan kawasan terbangun yang terjadi di wilayah penelitian telah sesuai dengan perencanaan pada peta RTRW.

IV.2 Analisis Hasil Distribusi Perubahan Suhu Permukaan Tanah

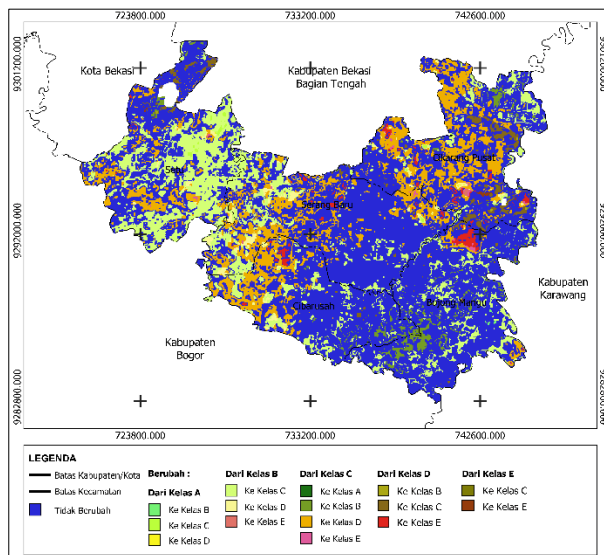
Data suhu permukaan tanah yang telah diperoleh dilakukan klasifikasi menjadi 5 kelas seperti pada **Tabel 8**. Hal tersebut untuk memudahkan dalam melakukan analisis yang dapat dilihat pada **Gambar 6**.

Tabel 8 Klasifikasi Suhu Permukaan Tanah

Nama Kelas	Rentang Suhu Permukaan Tanah
Kelas A	≤ 30°C
Kelas B	30-35°C
Kelas C	35-40°C
Kelas D	40-45V
Kelas E	>45°C



Gambar 6 Distribusi Suhu Permukaan Tanah Pertahun Pada 2018, suhu Kelas B dan C dominan di wilayah penelitian. Pada 2020, Kelas B menyusut, sementara Kelas C dan D meningkat dan mendominasi. Pada 2022, Kelas C dan D tetap dominan, dengan Kelas E mengalami peningkatan namun belum mendominasi wilayah.



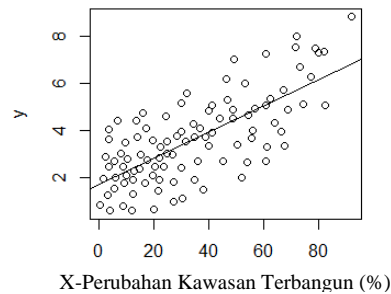
Gambar 7 Distribusi Perubahan Suhu Permukaan 2018-2022

Perubahan distribusi suhu permukaan tanah periode 2018-2022 dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 7. Kecamatan Setu terlihat memiliki dominasi perubahan dari Kelas B ke C. Kecamatan Cikarang Pusat memiliki dominasi perubahan dari Kelas C ke D. Sementara pada Kecamatan Serang Baru mengalami dominasi perubahan yang cukup seimbang dari Kelas B ke C dan dari Kelas C ke D. Sedangkan Kecamatan Cibarusah dan Bojong

Mangu mengalami perubahan lebih sedikit pada setiap kelasnya.

IV.3 Analisis Hasil Uji Regresi Linier Sederhana

Uji regresi linier sederhana dilakukan dengan 100 sampel grid untuk mengamati pengaruh perubahan kawasan terbangun terhadap suhu permukaan tanah. Sampel grid dipilih secara acak dan memenuhi jumlah minimal 92 sampel berdasarkan perhitungan slovin.



Gambar 8 Hasil Model Regresi Linier Sederhana

Model regresi antara perubahan persentase kawasan terbangun dan perubahan suhu permukaan tahun 2018-2022 ditunjukkan pada Gambar 8. Hubungan linier yang signifikan terlihat, dengan nilai variabel x mempengaruhi variabel y. Persamaan regresi yang dihasilkan juga mendukung hasil tersebut yang dapat dilihat pada persamaan 13.

$$Y = 1.726333 + 0.05549 X \dots \dots \dots (13)$$

Model regresi memiliki R² sebesar 0,5136, menunjukkan bahwa 51,36% variasi perubahan suhu permukaan dapat dijelaskan oleh perubahan persentase kawasan terbangun, sementara 48,64% dipengaruhi oleh faktor lain. Hubungan signifikan dengan nilai signifikansi <0,05. Uji normalitas dan heteroskedastisitas yang dilakukan juga menunjukkan bahwa model valid.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Hasil distribusi kawasan terbangun menggunakan algoritma ENDISI memiliki akurasi yang baik dengan nilai akurasi keseluruhan >85%. Pada periode 2018-2022 terlihat peningkatan distribusi kawasan terbangun di Kabupaten Bekasi bagian selatan dengan total perubahan sebesar 31.309 km². Kecamatan Cikarang Pusat menjadi wilayah dengan total perubahan kawasan terbangun terbesar dengan luas perubahan sebesar 12.022 km². Sedangkan Kecamatan Bojong Mangu menjadi wilayah dengan total perubahan kawasan terbangun terkecil dengan luas perubahan hanya 2.866 km².
2. Hasil distribusi suhu permukaan tanah di Kabupaten Bekasi bagian selatan menunjukkan adanya perubahan dari tahun 2018-2022. Kecamatan Cikarang Pusat menjadi wilayah dengan perubahan luas terbesar pada distribusi suhu Kelas D. Sedangkan Kecamatan Bojong Mangu menjadi wilayah dengan perubahan yang paling kecil di setiap kelas suhu.

- Hasil uji regresi linier sederhana antara persentase perubahan kawasan terbangun terhadap perubahan suhu permukaan tanah rata-rata menunjukkan adanya hubungan yang signifikan dengan nilai signifikansi $<0,05$. Persentase perubahan kawasan terbangun dapat mempengaruhi perubahan suhu permukaan rata-rata sebesar 51.36%. Hasil dari model regresi ini dapat digunakan karena telah memenuhi uji asumsi normalitas dan heteroskedastisitas.

V.2 Saran

Hasil penelitian ini ditemukan beberapa saran yang dapat dijadikan masukan untuk penelitian selanjutnya. Berikut adalah beberapa saran yang dapat disampaikan.

- Model perubahan kawasan terbangun dan suhu permukaan tanah multitemporal dapat dikembangkan menjadi sebuah webgis sebagai sarana edukasi untuk meningkatkan kesadaran sosial terkait dampak yang ditimbulkan.
- Faktor lain yang menyebabkan dinamika suhu permukaan tanah seperti perubahan vegetasi dan lahan kosong serta aktivitas penduduk perlu dikaji lebih lanjut untuk mengetahui besarnya pengaruh tiap faktor tersebut.
- Penerapan algoritma ENDISI dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mengkombinasikannya dengan indeks vegetasi dan indeks kawasan berair untuk kemudian dilakukan klasifikasi tutupan lahan.
- Penelitian lebih lanjut pada dampak yang dihasilkan dari perubahan suhu permukaan terhadap suhu udara permukaan dan tingkat kenyamanan termal di suatu wilayah perlu dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

Pustaka dari Buku dan Jurnal :

- Akomolafe, G. F., & Rosazlina, R. (2022). Land use and land cover changes influence the land surface temperature and vegetation in Penang Island, Peninsular Malaysia. *Scientific Reports*, 12(1), 21250. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25560-0>
- Basuki, A. Y., Riqqi, A., Deliar, A., & Oktaviani, N. (2014). Tata Kelola Basis Data Geospasial Kelautan Berbasis Sistem Grid Skala Ragam (Wilayah Studi: Selat Sunda). *Conference on Geospatial*.
- BPS Jawa Barat. (2022). *Provinsi Jawa Barat dalam angka* 2022. <https://jabar.bps.go.id/publication/2022/02/25/0d261f828b581d8082bbc6c1/provinsi-jawa-barat-dalam-angka-2022.html>
- Chen, J., Chen, S., Yang, C., He, L., Hou, M., & Shi, T. (2020). A comparative study of impervious surface extraction using Sentinel-2 imagery. *European Journal of Remote Sensing*, 53(1), 274–292. <https://doi.org/10.1080/22797254.2020.1820383>
- Chen, J., Yang, K., Chen, S., Yang, C., Zhang, S., & He, L. (2019). Enhanced normalized difference index for impervious surface area estimation at the plateau basin scale. *Journal of Applied Remote Sensing*, 13(01), 1. <https://doi.org/10.1117/1.jrs.13.016502>
- Chithra, S. V., Nair, M. V. H., Amarnath, A., & Anjana, N. S. (2015). Impacts of impervious surfaces on the environment. *International Journal of Engineering Science Invention*, 4(5), 27–31. [https://www.ijesi.org/papers/Vol\(4\)5/E045027031.pdf](https://www.ijesi.org/papers/Vol(4)5/E045027031.pdf)
- Cook, M., Schott, J., Mandel, J., & Raqueno, N. (2014). Development of an Operational Calibration Methodology for the Landsat Thermal Data Archive and Initial Testing of the Atmospheric Compensation Component of a Land Surface Temperature (LST) Product from the Archive. *Remote Sensing*, 6(11), 11244–11266. <https://doi.org/10.3390/rs6111244>
- Dutta, D., Rahman, A., Paul, S. K., & Kundu, A. (2021). Impervious surface growth and its inter-relationship with vegetation cover and land surface temperature in peri-urban areas of Delhi. *Urban Climate*, 37, 100799. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100799>
- Galve, J. M., Sánchez, J. M., García-Santos, V., González-Piqueras, J., Calera, A., & Villodre, J. (2022). Assessment of Land Surface Temperature Estimates from Landsat 8-TIRS in a High-Contrast Semiarid Agroecosystem. Algorithms Intercomparison. *Remote Sensing*, 14(8), 1843. <https://doi.org/10.3390/rs14081843>
- Ge, J., Qi, J., Lofgren, B. M., Moore, N., Torbick, N., & Olson, J. M. (2007). Impacts of land use/cover classification accuracy on regional climate simulations. *Journal of Geophysical Research*, 112, D05107. <https://doi.org/10.1029/2006JD007404>
- Handayani, M. N., Sasmito, B., & Putra, A. (2017). Analisis hubungan antara perubahan suhu dengan indeks kawasan terbangun menggunakan citra landsat (studi kasus: Kota Surakarta). *Jurnal Geodesi Undip Oktober*, 6(4), 208–218. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/18145>
- Harahap, F. R. (2013). Dampak urbanisasi bagi perkembangan kota di Indonesia. *Society*, 1(1), 35–45. <https://doi.org/10.33019/society.v1i1.40>
- Hernawati, R., Darmawan, S., & Cahyanto, D. (2020). The Impact of Built-Up Area On Land Surface Temperature Derived From Cloud-Computing Landsat 8 Imagery. *International Conference on Green Technology and Design (ICGTD)*, 46–51. <https://epublications.itenas.ac.id/index.php/icgtd20/article/view/73>
- Hidayati, I. N., & Suharyadi, R. (2019). A Comparative Study of various Indices for extraction urban impervious surface of Landsat 8 OLI. *Forum Geografi*, 33(2), 162–172. <https://doi.org/10.23917/forgeo.v33i2.9179>

- Jamilah, M., Prasetyo, Y., & Sukmono, A. (2019). Potensi Tambang Batubara Berdasarkan Analisis Kelimpahan Mineral Batubara Menggunakan Citra Hyperion EO-1 dan Citra Landsat di Kota Sawahlunto. *Jurnal Geodesi Undip Januari*, 8(1), 208–217.
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/22558/20675>
- Khan, A., Chatterjee, S., & Weng, Y. (2021). Characterizing thermal fields and evaluating UHI effects. Dalam *Urban Heat Island Modeling for Tropical Climates* (hlm. 37–67). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819669-4.00002-7>
- KLHK. (2019). *Buku Pedoman Penentuan Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan Hidup Daerah*. Direktorat Pencegahan Dampak Lingkungan Kebijakan Wilayah dan Sektor (PDLKWS).
http://bumibaru.id/wp-content/uploads/2020/04/Pedoman-Penyusunan-DDDTLH-di-Daerah_Okt-2019.pdf
- Kurniawati, W., Made Yuliara, I., & Nyoman Ratini, N. (2022). Pengenalan pola reflektansi spektral di Teluk Benoa sebagai indikator perubahan kerapatan mangrove berbasis citra landsat 8. *Buletin Fisika*, 23(1), 51–59.
ojs.unud.ac.id/index.php/buletinfisika/article/download/75048/40607
- Li, K., & Chen, Y. (2018). A Genetic Algorithm-Based Urban Cluster Automatic Threshold Method by Combining VIIRS DNB, NDVI, and NDBI to Monitor Urbanization. *Remote Sensing*, 10(2), 277.
<https://doi.org/10.3390/rs10020277>
- Nadira, C., Saraswati, R., & Wibowo, A. (2019). Pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap fenomena urban heat island di Kecamatan Cikarang Utara, Kabupaten Bekasi tahun 2007 –2018 menggunakan citra Landsat 5 dan 8. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh ke-6*, 5(8), 82–98.
https://www.researchgate.net/publication/342353843_Pengaruh_Perubahan_Tutupan_Lahan_Terdapat_Fenomena_Urban_Heat_Island_di_Kecamatan_Cikarang_Utara_Kabupaten_Bekasi_Tahun_2007_-_2018_Menggunakan_Citra_Landsat_5_dan_8
- Otsu, N. (1979). A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, 9(1), 62–66.
- Pramudiyasari, T., Wibowo, A., & Adi Suko, P. (2022). Land cover changes impact on 1st between 1990-2005-2020 in Bandar Lampung City, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 986(1), 012048.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/986/1/012048>
- Sari, A. Q., Sukestiyarno, Y. L., & Agoestanto, A. (2017). Batasan Prasyarat Uji Normalitas dan Uji Homogenitas Pada Model Regresi Linear. *Unnes Journal of Mathematics*, 6(2), 168–177.
<http://lib.unnes.ac.id/id/eprint/49570>
- Sari, I. L., Weston, C. J., Newnham, G. J., & Volkova, L. (2021). Estimating land cover map accuracy and area uncertainty using a confusion matrix: A case study in Kalimantan, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 914(1), 012025.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/914/1/012025>
- Sekertekin, A., & Zadbagher, E. (2021). Simulation of future land surface temperature distribution and evaluating surface urban heat island based on impervious surface area. *Ecological Indicators*, 122, 107230.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107230>
- Xu, R., Liu, J., & Xu, J. (2018). Extraction of High-Precision Urban Impervious Surfaces from Sentinel-2 Multispectral Imagery via Modified Linear Spectral Mixture Analysis. *Sensors*, 18(9), 2873.
<https://doi.org/10.3390/s18092873>
- Yuliara, I. M. (2016). *Modul Regresi Linier Sederhana*. FMIPA Universitas Udayana.
- Yuliastuti, N., & Fatchurochman, A. (2012). Pengaruh perkembangan lahan terbangun terhadap kualitas lingkungan permukiman (Studi Kasus: Kawasan Pendidikan Kelurahan Tembalang). *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 9(1), 10–16.
<https://doi.org/10.14710/presipitasi.v9i1.10-16>