

**PEMODELAN PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN BERBASIS  
PENGINDERAAN JAUH  
(Studi Kasus: Kota Semarang)**

Vira Febianti<sup>\*</sup>, Bandi Sasmito, Nurhadi Bashit

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

**ABSTRAK**

Pertumbuhan pembangunan di kota besar merupakan daya tarik bagi penduduk untuk melakukan urbanisasi, karena dapat meningkatkan perekonomian. Peningkatan angka urbanisasi mendorong kebutuhan lahan untuk aktivitas manusia mengalami peningkatan setiap tahun. Kondisi tersebut memerlukan adanya pemantauan dan prediksi perubahan tutupan lahan. Oleh karena itu, pemodelan mengenai perubahan tutupan lahan bertujuan untuk menganalisis perubahan tutupan lahan di Kota Semarang pada tahun 2016 sampai 2022, serta prediksinya pada tahun 2031. Penelitian ini memanfaatkan data citra Landsat 8. Prediksi tutupan lahan menggunakan data parameter ketinggian, jarak dari jalan dan jarak dari sungai. Klasifikasi tutupan lahan yang terdiri dari badan air, lahan terbangun, vegetasi dan lahan kosong menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM). Pembentukan prediksi dilakukan menggunakan model *Cellular Automata* (CA) dan *Artificial Neural Network* (ANN). Hasil penelitian menunjukkan tutupan lahan di Kota Semarang pada tahun 2016 hingga 2022 didominasi oleh vegetasi. Klasifikasi tutupan lahan menghasilkan tingkat akurasi pada tahun 2016 sebesar 89,53%, tahun 2019 sebesar 91,86% dan tahun 2022 sebesar 90,60%. Akurasi hasil prediksi tutupan lahan tahun 2022 memiliki nilai kappa 80,80% dan % of *Correctness* sebesar 88,96%. Hasil prediksi tutupan lahan tahun 2031 memiliki luas tertinggi pada daerah vegetasi sebesar 185,33 km<sup>2</sup>. Hasil kesesuaian prediksi tutupan lahan tahun 2031 terhadap RDTRK Kota Semarang tahun 2011 – 2031 sebesar 266,12 km<sup>2</sup> atau 66,73%, sedangkan, sedangkan luas yang tidak sesuai sebesar 132,66 km<sup>2</sup> atau 33,27%.

**Kata Kunci** : *Artificial Neural Network, Cellular Automata, Prediksi, RDTRK, Tutupan Lahan*

**ABSTRACT**

*The growth of development in large cities is an attraction for residents to urbanize because it can improve the economy. The increase in urbanization rates encourages the need for land for human activities to increase yearly. This condition requires monitoring and predicting changes in land cover. Therefore, modeling on land cover change aims to analyze the land cover change in Semarang City from 2016 to 2022 and its prediction in 2031. This study utilized Landsat 8 imagery data. The land cover prediction uses data on altitude parameters, distance from roads, and distance from rivers. Using the Support Vector Machine (SVM) method to classify land cover consisting of water bodies, built-up land, vegetation, and bare land. Prediction formation is carried out using Cellular Automata (CA) and Artificial Neural Network (ANN) models. The results showed that vegetation dominated the land cover in Semarang City from 2016 to 2022. The land cover classification achieved an accuracy rate of 89,53% in 2016, 91,86% in 2019, and 90,60% in 2022. The accuracy of the land cover prediction results in 2022 has a kappa value of 80,80% and a % of the correctness of 88,96%. The results of the predicted land cover in 2031 have the highest area in the vegetation area of 185,33 km<sup>2</sup>. The results of the 2031 land cover prediction conformity to the Semarang City RDTRK in 2011–2031 amounted to 266,124 km<sup>2</sup> or 66,73%, while the inappropriate area was 132,66 km<sup>2</sup> or 33,27%.*

**Keyword:** *Artificial Neural Network, Cellular Automata, Land Cover, Prediction, RDTRK*

<sup>\*</sup>)Penulis Utama, Penanggung Jawab

## I. Pendahuluan

### I.1 Latar Belakang

Pertumbuhan pembangunan di kota besar merupakan daya tarik bagi penduduk untuk berdatangan karena dapat meningkatkan perekonomian (Harahap, 2013). Kota merupakan pusat aktivitas manusia yang dijadikan sebagai tujuan untuk meningkatkan kualitas hidup, karena wilayah perkotaan berkembang lebih cepat dibandingkan wilayah pedesaan. Sarana dan prasarana di wilayah perkotaan yang mengalami peningkatan menjadi faktor pendorong urbanisasi. Urbanisasi memberikan dampak positif maupun negatif terkait perubahan ekosistem, keanekaragaman hayati, lanskap dan lingkungan. Peningkatan angka urbanisasi mendorong kebutuhan lahan untuk aktivitas manusia, sehingga mengakibatkan dampak negatif karena perubahan tutupan lahan untuk kepentingan manusia. Urbanisasi yang tidak terencana dan perubahan tutupan lahan dapat mempengaruhi proses radiasi, termodinamika dan hidrologi permukaan tanah serta memberikan dampak pada perubahan iklim dan peningkatan suhu permukaan tanah (Edan dkk., 2021). Urbanisasi menyebabkan perubahan tutupan lahan untuk melakukan aktivitas bagi penduduk. Perubahan tutupan lahan dapat mengakibatkan kenaikan suhu permukaan yang berkaitan dengan penggunaan energi, polusi udara dan gangguan kesehatan pada manusia (Sejati dkk., 2019).

Jawa tengah adalah salah satu provinsi di Pulau Jawa yang mengalami perubahan tutupan lahan. Ibu Kota Provinsi Jawa Tengah yaitu Kota Semarang yang memiliki letak strategis. Letak strategis Kota Semarang didukung oleh jalur transportasi antar wilayah, karena terletak di wilayah pesisir utara Pulau Jawa. Kondisi tersebut menyebabkan perkembangan Kota Semarang sebagai kota perdagangan, industri, manufaktur dan kota transit bagi para pendatang. Kota Semarang mengalami pertumbuhan penduduk dan perkembangan kota pada beberapa tahun terakhir. Pertumbuhan penduduk Kota Semarang mengalami peningkatan 0,66% setiap tahunnya. Tercatat jumlah penduduk pada tahun 2016 sebesar 1.602.717 jiwa dan pada tahun 2021 sebesar 1.656.564 jiwa (BPS, 2021). Jumlah penduduk meningkat setiap tahun menyebabkan meningkatnya kebutuhan lahan untuk tempat tinggal dan beraktivitas. Pembangunan Kota Semarang dapat dilihat dengan hadirnya pembangunan perumahan, industri, mall, hotel dan apartemen yang terjadi setiap tahunnya. Penelitian oleh Mubarak tahun 2021 diketahui bahwa di Kota Semarang pada tahun 1989 hingga 2020 mengalami peningkatan pada kawasan terbangun sebesar 11.666 Ha dan penurunan pada lahan vegetasi sebesar 10.379 Ha.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan tutupan lahan serta membuat prediksi tutupan lahan. Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh menggunakan citra satelit banyak dimanfaatkan untuk mengevaluasi, memantau serta memprediksi

perubahan pada tutupan lahan dengan berbagai variabel data spasial. Citra Landsat 8 dilengkapi dengan sensor *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) yang dapat digunakan untuk mengumpulkan data dalam klasifikasi tutupan lahan. Prediksi tutupan lahan dan dapat dilakukan menggunakan kombinasi model *Cellular Automata* dan *Artificial Neural Network* (ANN) dengan menambahkan data pendukung seperti elevasi, jaringan jalan dan sungai. *Artificial Neural Network* mampu memproses data dan menghasilkan akurasi rendah hingga tinggi secara acak saat mendeteksi pola perubahan dari piksel serta tidak memberlakukan batasan pada parameter (Kafy dkk., 2021).

Kota Semarang mengalami perkembangan pembangunan, sehingga peningkatan jumlah penduduk akan mempercepat ekspansi yang tidak di rencanakan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pemerintah dalam menentukan kebijakan dalam perencanaan lahan di Kota Semarang untuk mendukung pembangunan daerah yang berkelanjutan.

### I.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana analisis hasil tutupan lahan di Kota Semarang tahun 2016, 2019 dan 2022?
2. Bagaimana analisis hasil prediksi tutupan lahan dan suhu permukaan tanah di Kota Semarang pada tahun 2031?
3. Bagaimana tingkat kesesuaian hasil prediksi tutupan lahan tahun 2031 terhadap RDTRK 2011-2031?

### I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui analisis hasil tutupan lahan di Kota Semarang tahun 2016, 2019 dan 2022.
2. Untuk mengetahui analisis hasil prediksi tutupan lahan dan suhu permukaan tanah di Kota Semarang pada tahun 2031.
3. Untuk mengetahui analisis tingkat kesesuaian hasil prediksi tutupan lahan tahun 2031 terhadap RDTRK 2011-2031.

### I.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Data yang digunakan antara lain citra Landsat 8, Citra SPOT 6, DEMNAS, peta administrasi Kota Semarang, data jaringan jalan dan sungai.
2. Algoritma untuk klasifikasi tutupan lahan dengan klasifikasi terbimbing menggunakan algoritma *Support Vector Machine*.
3. Variabel faktor pemodelan tutupan lahan yaitu data ketinggian, jarak dari jaringan jalan dan jarak dari sungai.
4. Prediksi tutupan lahan menggunakan model *Cellular Automata* dan *Artificial Neural Network*.

**II. Tinjauan Pustaka**

**II.1 Tutupan Lahan**

Tutupan lahan dapat memberikan informasi untuk tujuan pemodelan dan memahami fenomena yang terjadi di permukaan bumi (Liang, 2008 dalam (Sampurno, 2016)). Tutupan lahan permukaan bumi telah mengalami perubahan sejak dahulu dan akan terus mengalami perubahan di masa depan. Perubahan tersebut terjadi pada rentang skala spasial dari lokal hingga global (Giri, 2016).

**II.2 Support Vector Machine**

Support Vector Machine merupakan metode machine learning yang berdasarkan pada teori pembelajaran statistik untuk melakukan klasifikasi (Fauvel dkk., 2007). Konsep Support Vector Machine yaitu mencari hyperplane terbaik yang berfungsi sebagai pemisah antar kelas, jarak antara hyperplane dengan pola terdekat masing-masing kelas disebut dengan margin. Pola terdekat disebut juga sebagai support vector.

**II.3 Driving Factors**

**II.3.1 DEMNAS**

Data DEM nasional dirilis oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). Data DEMNAS mempunyai resolusi spasial 0,27 arc-second yang merupakan hasil integrasi data elevasi yang meliputi data IFSAR dengan resolusi 5 m, TERRASAR-X resolusi 5 m serta ALOS PASAR dengan resolusi 11,25 m (Iswari dan Anggraini, 2018). DEMNAS memiliki nilai RMSE sebesar 2,79 meter dan bias error -0,13 meter, sehingga dapat digunakan untuk pemetaan topografi dengan skala menengah.

**II.3.2 Jaringan Jalan**

Jaringan jalan merupakan kesatuan sistem yang terdiri atas jaringan jalan primer dan jaringan jalan sekunder dalam hubungan hirarki (Panduan Penentuan Klasifikasi Fungsi Jalan Di Wilayah Perkotaan, 1990). Jaringan jalan dikelompokkan berdasarkan peranannya terdiri dari jalan arteri, jalan kolektor dan jalan lokal.

**II.3.3 Jaringan Sungai**

Sungai merupakan daerah air alami atau buatan berbentuk jaringan pengaliran serta air di dalamnya, dimulai dari hulu hingga muara, yang dibatasi oleh garis sempadan (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 Tentang Sungai, 2011). Sungai memegang peranan penting pada siklus air di bumi serta dalam kehidupan manusia. Manfaat sungai dalam kehidupan manusia antara lain, sebagai sumber air bersih, pengairan serta irigasi, budidaya perikanan serta sarana pariwisata.

**II.4 Cellular Automata**

Cellular automata merupakan metode komputasi yang bergantung pada aturan sederhana dan memprediksi perubahan sistem dinamis yang

berkembang dari waktu ke waktu hanya sesuai dengan aturan tersebut (Wardani dkk, 2016). Cellular automata merupakan mesin otomatis yang memproses informasi menggunakan program yang dibentuk dari elemen-elemen seperti cell, state set, neighbourhood, transition rules dan time-step (Putra, 2018).

**II.5 Artificial Neural Network**

Artificial neural network merupakan metode dari machine learning yang dapat mendeteksi pola dari contoh yang diberikan dan model ini termasuk dalam supervised learning (Wardani dkk, 2016). Dalam 10 tahun terakhir, artificial neural network banyak digunakan dalam penginderaan jauh, terutama untuk klasifikasi gambar (Foody, 2003). Kelebihan dari model ini yaitu dapat mengenali data yang belum di generalisasi, menggabungkan data spektral dan non spektral dan memiliki kemampuan mengingat data yang digeneralisasi dalam jumlah banyak.

**II.6 Teknik Pengambilan Sampel**

Teknik sampling merupakan teknik pengambilan sampel untuk menentukan sampel yang akan digunakan dalam penelitian (Sugiyono, 2013). Teknik sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu stratified random sampling. Penentuan jumlah sampel menggunakan rumus Taro Yamane dan Slovin dalam (Hasyim dkk., 2017) sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{N x d^2 + 1} \dots \dots \dots (II-1)$$

Keterangan:

n = jumlah sampel

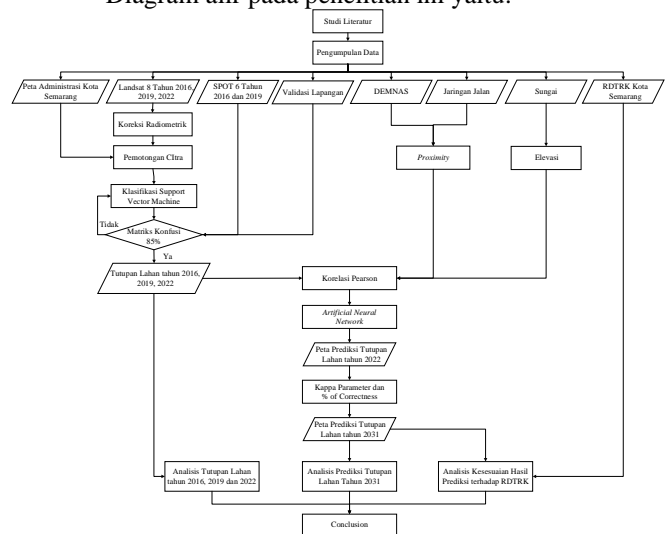
N = luas wilayah (km<sup>2</sup>)

d = presisi yang ditetapkan

**III. Metodologi Penelitian**

**III.1 Diagram Alir Penelitian**

Diagram alir pada penelitian ini yaitu:



Gambar 1. Diagram alir

**III.2 Alat dan Data Penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Perangkat Keras
  - a. Laptop
2. Perangkat Lunak
  - a. Mobile Topographer
  - b. QGIS 3.18 dan 2.18
  - c. ArcGIS 10.8
  - d. Microsoft Excel 2019
  - e. Microsoft Word 2019

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Citra Landsat 8 tahun 2016, 2019 dan 2022
2. Citra SPOT 6 tahun 2016 dan 2019
3. Batas Administrasi Kota Semarang
4. DEMNAS
5. Data jaringan jalan Kota Semarang
6. Data jaringan sungai Kota Semarang
7. Data validasi tutupan lahan tahun 2022
8. RDTRK Kota Semarang Tahun 2011 – 2031

**III.3 Tahap Pengolahan**

**III.3.1 Tahap Pengolahan Citra Landsat 8**

Citra Landsat 8 digunakan karena dapat digunakan untuk klasifikasi tutupan lahan serta suhu permukaan tanah. Citra Landsat 8 dilakukan kalibrasi radiometrik menggunakan *plugin* SCP. Tahap kalibrasi radiometrik meliputi beberapa proses yaitu mengubah *digital number* (DN) menjadi *radiance* dan/atau *reflectance*.

**III.3.2 Tutupan Lahan**

Pengolahan tutupan lahan menggunakan metode *Support Vector Machine*. Kesalahan saat interpretasi dapat dihindari dengan menggunakan citra SPOT 6 sebagai bantuan untuk memudahkan dalam identifikasi objek secara lebih jelas. Klasifikasi tutupan lahan pada penelitian ini mengacu pada penelitian Al-Kafy tahun 2020 yang terdiri dari empat kelas yaitu badan air, lahan terbangun, vegetasi dan lahan kosong. Deskripsi jenis tutupan lahan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Deskripsi tutupan lahan

Tutupan Lahan	Deskripsi
Badan air	Sungai, lahan basah, danau, kolam dan waduk
Lahan terbangun	Perumahan, kawasan komersial dan industri, jaringan transportasi
Vegetasi	Taman, pohon, padang rumput, lahan pertanian
Lahan kosong	Tanah kosong, ruang terbuka, pasir, tempat pembuangan sampah

**III.3.3 Uji Akurasi Tutupan Lahan**

Hasil klasifikasi tutupan lahan perlu dilakukan uji akurasi menggunakan matriks konfusi. Data survei lapangan tutupan lahan digunakan untuk uji akurasi tutupan pada tahun 2022. Klasifikasi tutupan lahan

tahun 2016 dan 2019 dilakukan uji akurasi dengan citra SPOT 6 tahun 2016 dan 2019. Apabila nilai akurasi yang dihasilkan  $\geq 85\%$ , maka hasil klasifikasi dapat diterima.

**III.3.4 Driving Factors**

*Driving factors* pada prediksi tutupan lahan terdiri dari data ketinggian, jarak dari jaringan jalan dan jarak dari jaringan sungai. Perhitungan jarak dilakukan menggunakan *tools proximity* pada *software* QGIS. *Driving factors* pada prediksi suhu permukaan tanah terdiri dari tutupan lahan, NDVI dan NDBI.

**III.3.5 Prediksi Tutupan Lahan**

Prediksi tutupan lahan dilakukan menggunakan *plugin* MOLUSCE pada *software* QGIS. Data tutupan lahan yang digunakan untuk membuat prediksi yaitu tutupan lahan tahun 2016 dan 2019. Tahapan prediksi tutupan lahan terdiri dari:

1. *Inputs*  
Data tutupan lahan tahun 2016 (*initial*), tutupan lahan tahun 2019 (*final*) dan data *driving factors* ditambahkan ke *plugin* MOLUSCE, kemudian dilakukan pengecekan geometri.
2. *Evaluating Correlation*  
*Evaluating correlation* merupakan tahapan untuk menilai hubungan antar variabel dengan *pearson's correlation*.
3. *Area Changes*  
*Area Changes* untuk mengetahui perubahan luas pada setiap kelas tutupan lahan dan matriks transisi. Matriks transisi menghitung besarnya perubahan kelas tutupan lahan ke kelas lainnya.
4. *Transition Potential Modelling*  
Penelitian ini menggunakan metode *Artificial Neural Network*. Parameter metode ANN yang digunakan yaitu *neighbourhood* 1 px, *learning rate* 0,01, *maximum iteration* 500, *hidden layer* 3 dan *momentum* 0,05.
5. *Cellular Automata Simulation*  
Tahap *cellular automata simulation* menghasilkan peta prediksi tutupan lahan. Prediksi tutupan lahan tahun 2022 menggunakan 1 kali iterasi, sedangkan untuk prediksi tutupan lahan tahun 2031 menggunakan 4 iterasi.
6. *Validation*  
Validasi model dilakukan untuk mengetahui keakuratan hasil yang diperoleh. Validasi prediksi tutupan lahan tahun 2022 didapatkan nilai % *of correctness*, kappa (*overall*), kappa (*histo*) dan kappa (*loc*). Nilai kappa yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan untuk melakukan prediksi tutupan lahan tahun 2031.



**III.3.6 Tahap Pengolahan Kesesuaian Prediksi Tutupan Lahan terhadap RDTRK**

Data yang diperlukan untuk mengetahui kesesuaian hasil prediksi tutupan lahan tahun 2031 yaitu RDTRK Kota Semarang tahun 2011-2031. Pengolahan kesesuaian hasil prediksi tutupan lahan dilakukan dengan metode *overlay*. Tahapan ini hanya untuk mengetahui tingkat kesesuaian hasil prediksi tutupan lahan, sehingga dapat mengabaikan skala informasi.

**IV. Hasil dan Pembahasan**

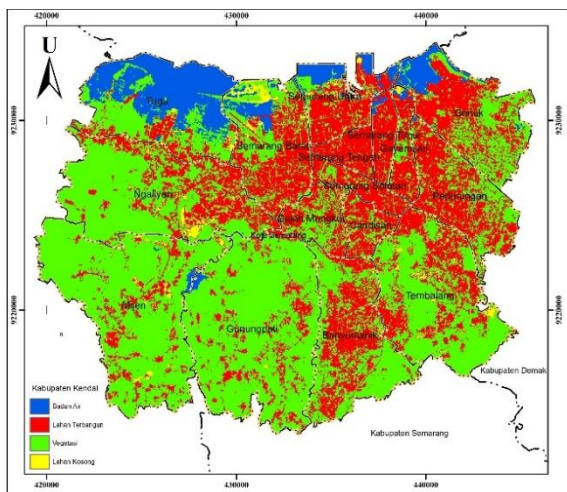
**IV.1 Tutupan Lahan Tahun 2016, 2019 dan 2022**

Klasifikasi tutupan lahan Kota Semarang didapatkan dari citra Landsat 8 dengan metode *Support Vector Machine* menghasilkan empat kelas tutupan lahan yang terdiri dari badan air, lahan terbangun, vegetasi dan lahan kosong. Hasil klasifikasi tutupan lahan dapat dilihat pada Gambar 2 sampai Gambar 4.

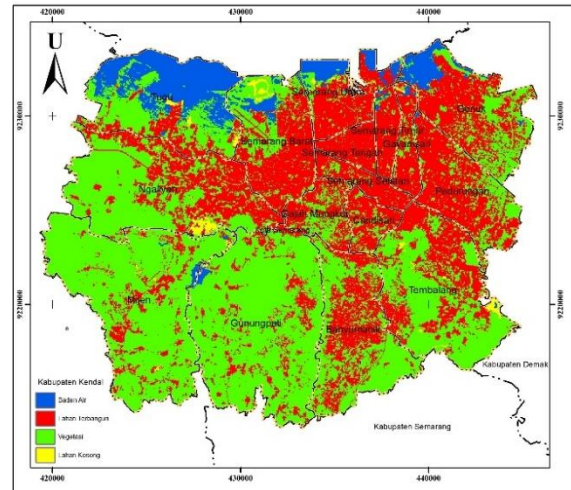
**Tabel 2.** Luas tutupan lahan Kota Semarang

Tutupan Lahan	2016 (km <sup>2</sup> )	2019 (km <sup>2</sup> )	2022 (km <sup>2</sup> )
Badan Air	30,72	28,29	28,26
Lahan Terbangun	130,23	147,47	169,47
Vegetasi	230,13	218,07	193,62
Lahan Kosong	8,15	5,40	7,88

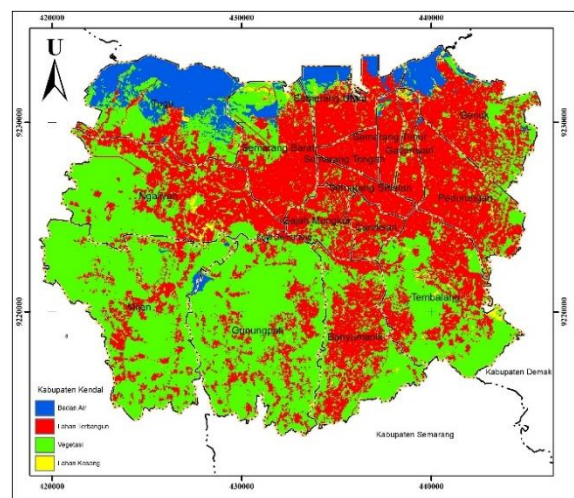
Tabel 2 menunjukkan tutupan lahan di Kota Semarang didominasi oleh daerah vegetasi. Luas daerah vegetasi pada tahun 2016 sebesar 230,13 km<sup>2</sup>, tahun 2019 sebesar 218,07 km<sup>2</sup> dan tahun 2022 luas vegetasi sebesar 193,63 km<sup>2</sup>.



**Gambar 2.** Tutupan lahan tahun 2016



**Gambar 3.** Tutupan lahan tahun 2019



**Gambar 4.** Tutupan lahan tahun 2022

**IV.2 Uji Akurasi Tutupan Lahan**

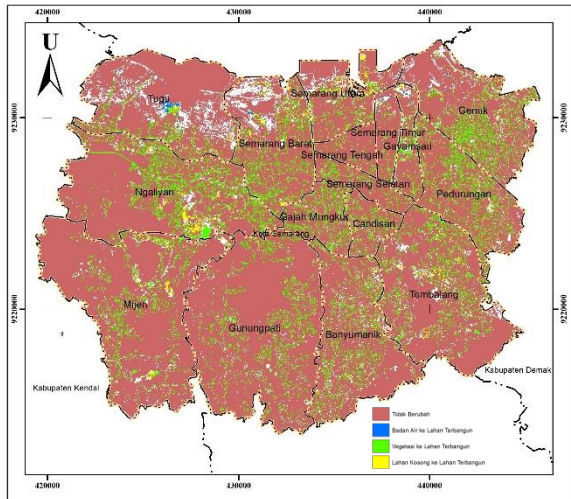
Uji akurasi klasifikasi tutupan lahan menggunakan matriks konfusi. Jumlah sampel untuk uji akurasi yaitu 86 titik. Berdasarkan aturan Anderson nilai akurasi tutupan lahan minimal 85% sehingga hasil klasifikasi dapat diterima. Nilai akurasi klasifikasi tutupan lahan dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil uji akurasi tutupan lahan

Tahun	2016	2019	2022
Overall Accuracy (%)	89,53	91,86	90,60

**IV.3 Perubahan Tutupan Lahan**

Kota Semarang mengalami perubahan tutupan lahan dalam kurun waktu 6 tahun terakhir. Terdapat peningkatan secara bertahap pada lahan terbangun serta penurunan pada badan air dan vegetasi. Sementara untuk lahan kosong mengalami penurunan dari tahun 2016 hingga 2019 dan peningkatan pada tahun 2019 hingga 2022. Hasil perubahan tutupan lahan pada tahun 2016-2022 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Perubahan tutupan lahan 2016-2022

Tabel 4 menampilkan luas perubahan pada tutupan lahan. Lahan terbangun mengalami kenaikan luas wilayah pada tahun 2016 hingga 2022 yaitu sebesar 39,23 km<sup>2</sup>. Kenaikan lahan terbangun terjadi karena adanya pembangunan perumahan, kawasan industri serta reklamasi. Luas wilayah lahan kosong mengalami penurunan dari tahun 2016 hingga 2019 sebesar 2,75 km<sup>2</sup>, namun luasnya meningkat dari tahun 2019 hingga 2022 sebesar 2,48 km<sup>2</sup>. Peningkatan lahan kosong terjadi karena perubahan daerah vegetasi menjadi lahan kosong, yang kemudian akan mengalami perubahan kembali menjadi lahan terbangun.

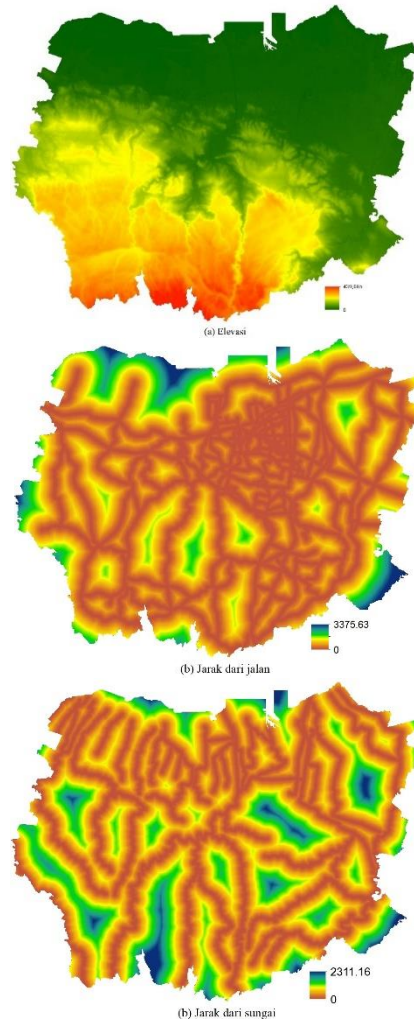
Tabel 4. Perubahan luas tutupan lahan

Tutupan Lahan	2016 - 2019		2016 - 2022	
	Luas (km <sup>2</sup> )	%	Luas (km <sup>2</sup> )	%
Badan Air	-2,43	-0,61	-2,45	-0,61
Lahan Terbangun	17,23	4,32	39,23	9,83
Vegetasi	-12,06	-3,02	-36,50	-9,14
Lahan Kosong	-2,75	-0,69	-0,27	-0,07

#### IV.4 Hasil Prediksi Tutupan Lahan

##### IV.4.1 Inputs

Data masukan dalam proses prediksi yaitu peta tutupan lahan tahun 2016 sebagai *initial* dan peta tutupan lahan tahun 2019 sebagai *final*. *Driving factors* yang digunakan terdiri dari data elevasi, jarak dari jaringan jalan dan jarak dari sungai. Gambar 6 menampilkan data elevasi (a), jarak dari jalan (b) dan jarak dari sungai (c).



Gambar 6. Data driving factors

#### IV.4.2 Evaluating Correlation

Variabel pada *driving factors* dilakukan uji statistik menggunakan korelasi *pearson* untuk mengetahui hubungan antar variabel. Nilai uji korelasi menandakan adanya hubungan yang erat apabila nilainya mendekati 1. Hasil uji korelasi *pearson* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Evaluating correlation

	Elevasi	Sungai	Jalan
Elevasi	-	0,24	-0,10
Sungai		-	0,34
Jalan			-

#### IV.4.3 Area Changes

Tahap ini menghasilkan tabel perubahan tutupan lahan dan matriks transisi yang menunjukkan peluang perubahan tutupan. Matriks transisi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Matriks transisi

	1	2	3	4
1	0,87	0,012	0,11	0,01
2	0,00	0,88	0,11	0,01
3	0,00	0,12	0,86	0,01
4	0,02	0,45	0,36	0,18

Komponen matriks transisi diagonal memiliki nilai pada setiap tutupan lahan. Nilai matriks transisi diagonal tertinggi yaitu pada lahan terbangun yang menandakan tutupan lahan tersebut memiliki kemungkinan yang kecil untuk mengalami perubahan. Sedangkan nilai terendah pada kelas lahan kosong menandakan tutupan lahan tersebut yang paling besar memiliki kemungkinan mengalami perubahan.

**IV.4.4 Transition Potential Modelling**

Parameter pemodelan ANN yang dijalankan akan menghasilkan grafik *neural network*. Parameter yang digunakan pada penelitian ini dari proses *trial and error* sehingga menghasilkan nilai akurasi yang paling baik. Nilai dari setiap parameter akan mempengaruhi nilai  $\Delta$  *overall accuracy*, *minimal validation overall error* dan *current validation kappa*.

Pemodelan ANN yang dijalankan menghasilkan nilai *current validation kappa* sebesar 0,82095. Nilai  $\Delta$  *overall accuracy* yang didapatkan yaitu -0,00344 dengan *minimal validation overall error* sebesar 0,04608. Parameter pemodelan ANN pada prediksi tutupan lahan tahun 2022 dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Parameter pemodelan ANN

<i>Neighbourhood</i>	1 px
<i>Learning Rate</i>	0,01
<i>Maximum Iteration</i>	500
<i>Hidden Layer</i>	3
<i>Momentum</i>	0,05
$\Delta$ <i>Overall Accuracy</i>	-0,00
<i>Min. Validation Overall Error</i>	0,05
<i>Current Validation Kappa</i>	0,82

**IV.4.5 Cellular Automata Simulation**

*Cellular automata simulation* menghasilkan peta prediksi tutupan lahan tahun 2022 dan 2031. Hasil prediksi dapat diperoleh berdasarkan perubahan tutupan lahan pada tahun sebelumnya. Hasil prediksi tutupan lahan tahun 2022 dan 2031 terdiri dari empat kelas tutupan lahan yaitu badan air, lahan terbangun, vegetasi dan lahan kosong yang dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

Peta prediksi tutupan lahan tahun 2022 menghasilkan empat kelas tutupan lahan dengan luasan tertinggi yaitu daerah vegetasi sebesar 201,43 km<sup>2</sup>. Hasil prediksi luas daerah vegetasi memiliki perbedaan dari peta tutupan lahan hasil pengolahan tahun 2022 sebesar 7,81 km<sup>2</sup>. Luas tutupan lahan tertinggi kedua yaitu lahan terbangun sebesar 164,68 km<sup>2</sup>. Hasil prediksi luasan lahan terbangun memiliki perbedaan dari hasil pengolahan tahun 2022 sebesar 4,79 km<sup>2</sup>. Hasil prediksi pada kelas badan air memiliki luasan sebesar 28,26 km<sup>2</sup>, hanya berbeda 0,02 km<sup>2</sup> dari hasil pengolahan tahun 2022. Luasan terkecil yaitu kelas lahan kosong yang memiliki luas sebesar 4,84 km<sup>2</sup>, serta memiliki perbedaan terhadap hasil pengolahan tahun 2022 yaitu 3,04 km<sup>2</sup> atau 0,76%.

Hasil prediksi tutupan lahan tahun 2022 dan 2031 menunjukkan bahwa tutupan lahan yang

mendominasi Kota Semarang yaitu daerah vegetasi dengan masing-masing 201,43 km<sup>2</sup> dan 185,33 km<sup>2</sup>. Hasil prediksi tutupan lahan tahun 2022 terdapat perbedaan dari pengolahan tutupan lahan tahun 2022 pada kelas tutupan lahan vegetasi, lahan terbangun dan lahan kosong. Hasil prediksi tutupan lahan tahun 2031 pada lahan terbangun mengalami peningkatan dari hasil prediksi tahun 2022. Vegetasi dan lahan kosong mengalami penurunan, sedangkan untuk badan air luasnya tetap. Luas hasil pengolahan tutupan lahan tahun 2022 serta prediksi di tahun 2022 dan 2031 dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Hasil pengolahan dan prediksi tutupan lahan

Kelas Tutupan Lahan	Luas (km <sup>2</sup> )		
	Pengolahan 2022	Prediksi 2022	Prediksi 2031
Badan Air	28,26	28,28	28,28
Lahan Terbangun	169,46	164,68	181,08
Vegetasi	193,63	201,43	185,33
Lahan Kosong	7,88	4,84	4,54

**IV.4.6 Validation**

Hasil prediksi tutupan lahan tahun 2022 divalidasi dengan peta hasil pengolahan tutupan lahan tahun 2022 untuk mengetahui nilai akurasinya. Hasil validasi menunjukkan nilai *kappa (overall)* sebesar 0,808 dan % of *Correctness* sebesar 88,964. Nilai ini menunjukkan bahwa peta hasil prediksi tutupan lahan memiliki akurasi yang baik.

**Tabel 9.** Nilai *validation*

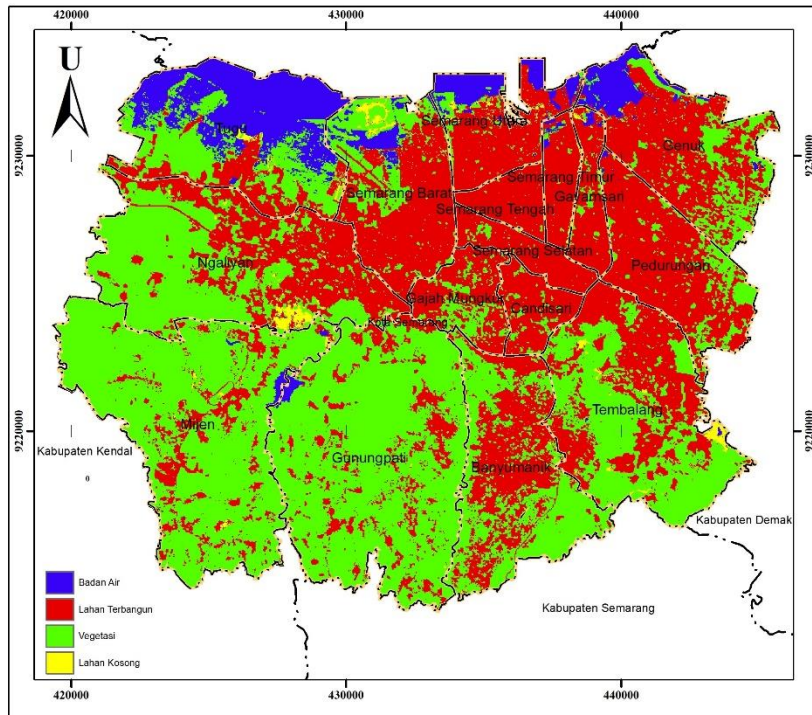
Kappa	Nilai
% of <i>Correctness</i>	88,96
<i>Kappa (overall)</i>	0,808
<i>Kappa (histo)</i>	0,97
<i>Kappa (loc)</i>	0,84

Peta hasil pengolahan tutupan lahan tahun 2022 digunakan sebagai referensi untuk melakukan validasi pada hasil prediksi tutupan lahan tahun 2022. Nilai *kappa* yang didapatkan digunakan sebagai acuan untuk membuat prediksi tutupan lahan pada tahun 2031.

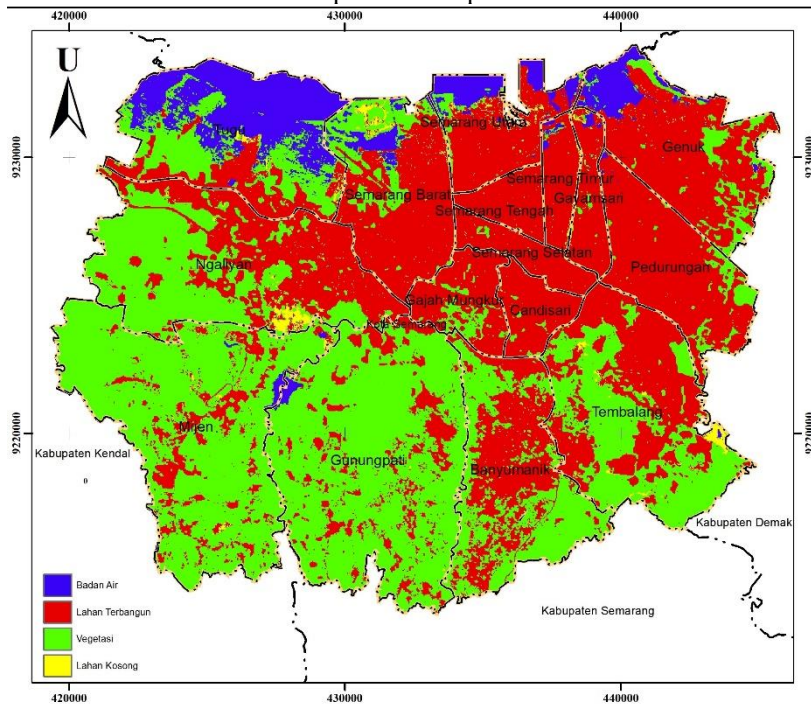
**IV.4.7 Kesesuaian Prediksi Tutupan Lahan Tahun 2031 Terhadap RDTRK**

Kesesuaian hasil prediksi tutupan lahan tahun 2031 terhadap Rencana Detail Tata Ruang Kota Kota Semarang tahun 2011–2031 dilakukan dengan *overlay intersect*. Peta tutupan lahan pada RDTRK ditampilkan pada Gambar 8. Hasil kesesuaian antara peta prediksi tutupan lahan tahun 2031 dengan RDTRK Kota Semarang tahun 2011-2031 dilihat pada Gambar 9.





Gambar 7. Hasil prediksi tutupan lahan tahun 2022



Gambar 8. Hasil prediksi tutupan lahan tahun 2031

Tabel 10. Luas kesesuaian tutupan lahan

Keterangan	Luas (km <sup>2</sup> )	%
Sesuai	266,12	66,73
Tidak Sesuai	132,66	33,27

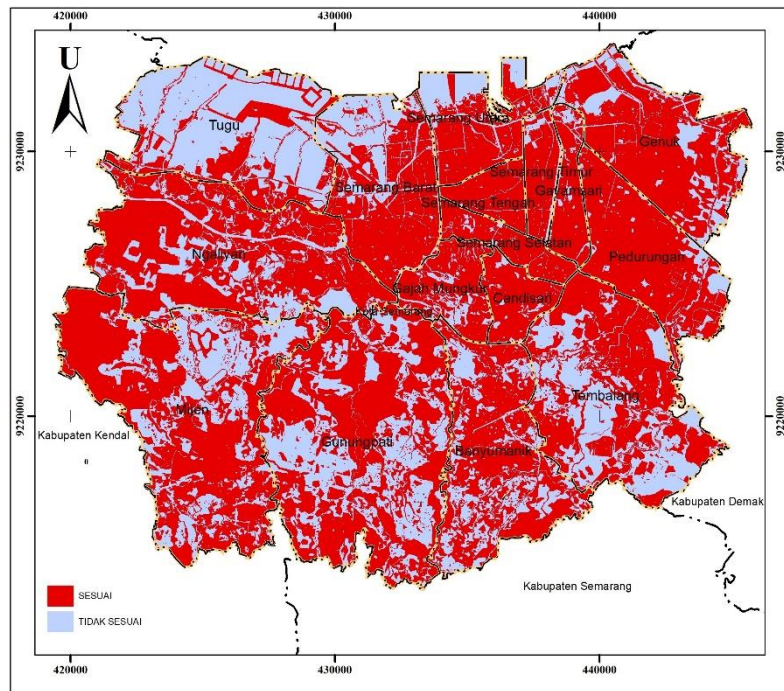
Tabel 10 menampilkan luas yang sesuai sebesar 266,12 km<sup>2</sup>, sedangkan luas yang tidak sesuai sebesar 132,66 km<sup>2</sup>. Kelas tutupan lahan yang memiliki tingkat kesesuaian tertinggi yaitu pada lahan terbangun sebesar 62,84% dan kesesuaian terendah

pada lahan kosong sebesar 0%. Hasil luas yang sesuai pada setiap tutupan lahan dari hasil prediksi tahun 2031 dan RDTRK dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil tutupan lahan yang sesuai

Tutupan lahan	Luas (km <sup>2</sup> )	%
Badan Air	7,21	2,71
Lahan Terbangun	167,22	62,84
Vegetasi	91,69	34,45
Lahan Kosong	0,00	0,00
<b>Jumlah</b>	<b>266,12</b>	<b>100</b>





Gambar 9. Kesesuaian hasil prediksi terhadap RDTRK

Luas hasil ketidaksesuaian prediksi tutupan lahan terhadap RDTRK Kota Semarang ditampilkan pada Tabel 12. Ketidaksesuaian prediksi tutupan lahan terhadap kelas badan air di RDTRK dengan luas tertinggi pada daerah vegetasi sebesar 4,90 km<sup>2</sup>. Ketidaksesuaian tertinggi terhadap lahan terbangun di RDTRK yaitu vegetasi sebesar 89,01 km<sup>2</sup>. Ketidaksesuaian tertinggi terhadap vegetasi di RDTRK yaitu lahan terbangun sebesar 89,01 km<sup>2</sup>. Lahan kosong memiliki ketidaksesuaian dengan luasan yang kecil yaitu dibawah 0 km<sup>2</sup>.

Tabel 12. Hasil tutupan lahan yang tidak sesuai

RDTRK	Prediksi Tahun 2031	Luas (km <sup>2</sup> )	%
Badan Air	Lahan Kosong	0,12	0,09
	Lahan Terbangun	1,96	1,48
	Vegetasi	4,90	3,69
Lahan Kosong	Lahan Terbangun	0,01	0,01
	Vegetasi	0,04	0,03
Lahan Terbangun	Badan Air	14,72	11,09
	Lahan Kosong	3,38	2,55
	Vegetasi	89,01	67,10
Vegetasi	Badan Air	6,27	4,73
	Lahan Kosong	0,54	0,40
	Lahan Terbangun	11,73	8,84
<b>Jumlah</b>		<b>132,66</b>	<b>100</b>

## V. Penutup

### V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, kesimpulan dapat diperoleh sebagai berikut:

1. Klasifikasi tutupan lahan dengan metode *Support Vector Machine* menghasilkan empat kelas tutupan lahan yaitu badan air, lahan terbangun, vegetasi dan lahan kosong. Tutupan lahan yang mendominasi Kota Semarang dari tahun 2016-2022 yaitu vegetasi dengan luas tertinggi sebesar 230,13 km<sup>2</sup> pada tahun 2016 dan luas terendah yaitu lahan kosong sebesar 5,40 km<sup>2</sup> pada tahun 2019.
2. Prediksi tutupan lahan Kota Semarang pada tahun 2031 menghasilkan luas tertinggi pada vegetasi sebesar sebesar 185,33 km<sup>2</sup>. Hasil prediksi tutupan lahan yang di validasi dengan indeks kappa memiliki nilai akurasi 80,80%.
3. Kesesuaian prediksi tutupan lahan tahun 2031 terhadap RDTRK Kota Semarang tahun 2011–2031 didapatkan luas yang sesuai sebesar 266,34 km<sup>2</sup> atau 66,73% dan luas yang tidak sesuai sebesar 132,89 km<sup>2</sup> atau 33,27%.

### V.2 Saran

Penelitian yang telah dilakukan, tentunya terdapat berbagai kendala dan kekurangan. Oleh karena itu, terdapat saran-saran yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dan masukkan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Penambahan parameter *driving factors* yang lainnya dalam prediksi tutupan lahan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.
2. Rentang waktu yang digunakan untuk membuat prediksi dapat digunakan rentang waktu yang lebih lama agar terlihat perbedaan yang signifikan.

3. Penambahan jumlah data titik sampel yang akan digunakan untuk uji akurasi agar mendapatkan hasil yang baik.
4. Penggunaan citra satelit dengan resolusi yang lebih tinggi agar memperoleh informasi yang lebih detail. Penelitian ini menggunakan citra Landsat 8 karena juga melakukan pengolahan suhu permukaan tanah yang ditampilkan pada jurnal lain
5. Mempertimbangkan ukuran objek yang akan dijadikan titik sampel untuk uji akurasi.
6. Klasifikasi pada kelas tutupan lahan disesuaikan dengan skala informasi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- BPS. (2021). *Kota Semarang dalam angka 2022*.
- Panduan Penentuan Klasifikasi Fungsi Jalan di Wilayah Perkotaan, Direktorat Jenderal Bina Marga 26 (1990).
- Edan, M. H., Maarouf, R. M., dan Hasson, J. (2021). Predicting the impacts of land use/land cover change on land surface temperature using remote sensing approach in Al Kut, Iraq. *Physics and Chemistry of the Earth*, 123(October 2020), 103012. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2021.103012>
- Fauvel, M., Chanussot, J., Benediktsson, J. A., dan Sveinsson, J. R. (2007). Spectral and spatial classification of hyperspectral data using SVMs and morphological profiles. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, August, 4834–4837. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2007.4423943>
- Foody, G. (2003). Classification methods for remotely sensed data. In *Progress in Physical Geography: Earth and Environment* (Vol. 27, Issue 3). <https://doi.org/10.1177/030913330302700318>
- Giri, C. P. (2016). Remote Sensing of Land Use and Land Cover Principles. In *Practical Handbook of Remote Sensing* (Vol. 4, Issue 1). <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>
- Harahap, F. R. (2013). Dampak Urbanisasi Bagi Perkembangan Kota Di Indonesia. *Society*, 1(1), 35–45. <https://doi.org/10.33019/society.v1i1.40>
- Hasyim, D., Imran, A., dan Imran, H. A. (2017). Peran Sampling Peran Sampling Dan Distribusi Data Dalam Penelitian Komunikasi Pendekatan Kuantitatif (the Role of Sampling and Data Distribution in Communication Research Quantitative Approach). *Jurnal Studi Komunikasi Dan Media*, 21(1), 111–126.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 Tentang Sungai, (2011).
- Iswari, M. Y., dan Anggraini, K. (2018). Demnas: Model Digital Ketinggian Nasional Untuk Aplikasi Kepesisiran. *Oseana*, 43(4). <https://doi.org/10.14203/oseana.2018.vol.43no.4.2>
- Kafy, A. Al, Faisal, A. Al, Al Rakib, A., Roy, S., Ferdousi, J., Raikwar, V., Kona, M. A., dan Fatim, S. M. A. Al. (2021). Predicting changes in land use/land cover and seasonal land surface temperature using multi-temporal landsat images in the northwest region of Bangladesh. *Heliyon*, 7(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07623>
- Mubarok, C., Septiarini, R., Yesiana, B., dan Pangi, P. (2021). Pengaruh Tutupan Lahan terhadap Fenomena Urban Heat Island di Kota Semarang. *Jurnal Riptek*, 15(1), 56–63. <http://ripteck.semarangkota.go.id>
- Putra, M. R. R., dan Rudiarto, I. (2018). Simulasi Perubahan Penggunaan Lahan Dengan Konsep Cellular Automata Di Kota Mataram. *Jurnal Pengembangan Kota*, 6(2), 174. <https://doi.org/10.14710/jpk.6.2.174-185>
- Sampurno, R. M. (2016). *KLASIFIKASI TUTUPAN LAHAN MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT 8 OPERATIONAL LAND IMAGER (OLI) DI KABUPATEN SUMEDANG*. 10(2). <https://data.balikipapan.go.id/organization/dppr>
- Sejati, A. W., Buchori, I., dan Rudiarto, I. (2019). The spatio-temporal trends of urban growth and surface urban heat islands over two decades in the Semarang Metropolitan Region. *Sustainable Cities and Society*, 46(July 2018), 101432. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101432>
- Sugiyono, D. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Tindakan*.
- Wardani, D. W., Danoedoro, P., dan Susilo, B. (2016). Kajian Perubahan Penggunaan Lahan Berbasis Citra Satelit Penginderaan Jauh Resolusi Menengah Dengan Metode Multi Layer Perceptron dan Markov Chain. *Majalah Geografi Indonesia*, 30(1), 9. <https://doi.org/10.22146/mgi.15605>