

# Prediksi Perkembangan Lahan Terbangun di Jabodetabek Hingga Tahun 2030 menggunakan Artificial *Neural Network* dan *Cellular Automata*

Arya Danih Lesmana<sup>a, 1</sup> Sucahyanto<sup>a, 2\*</sup>, Ilham B Mataburu<sup>a, 3</sup>,

<sup>a</sup> Universitas Negeri Jakarta, Jakarta, Indonesia

<sup>1</sup> [aryadanihlesmana@gmail.com](mailto:aryadanihlesmana@gmail.com)\*

Informasi artikel	ABSTRAK
<i>Sejarah artikel</i> Diterima : 2021-12-30 Revisi : 2022-03-24 Dipublikasikan : 2022-12-08	Model <i>hybrid</i> yang banyak digunakan dalam studi prediksi spasial saat ini seperti <i>markov chain</i> , logistik linear dan lainnya, memiliki kelemahan dalam penentuan dan parameter yang sangat sensitif. Sehingga memerlukan banyak data, memakan waktu, dan tidak efisien. Karena itu diperlukan sebuah model yang baru yang dapat mengatasi lebih mudah, tidak memakan waktu dan lebih efisien. Dalam hal ini, peneliti mencoba model ANN untuk diterapkan dalam prediksi perkembangan lahan terbangun. Salah satu wilayah yang sudah sangat padat lahan terbangun adalah Jabodetabek. Simulasi divalidasi menggunakan tutupan lahan terbangun 2020 dan menghasilkan akurasi simulasi sebesar 74 % untuk simulasi per 5 tahun dan 85,7 % untuk simulasi per 10 tahun. Perkembangan lahan terbangun di Jabodetabek mengalami peningkatan dan penurunan dari tahun 2000-2030. Perkembangan lahan terbangun Jabodetabek memberikan sebuah pembuktian akan beberapa teori geografi perkotaan yaitu perspektif kota sebagai organisme dan bentuk kota Jakarta.
<b>Kata kunci:</b> <i>Cellular Automata</i> <i>Artificial Neural Network</i> Perubahan Tutupan Lahan Prediksi Lahan Lahan Terbangun	<b>ABSTRACT</b> Hybrid models that are widely used in current spatial prediction studies such as Markov chain, linear logistics and others, have weaknesses in determining and very sensitive parameters. So it requires a lot of data, time consuming, and inefficient. Therefore, a new model is needed that can be handled more easily, less time consuming and more efficiently. In this case, the researchers tried the ANN model to be applied in predicting the development of built-up land. One area that is already very densely built up is Greater Jakarta. The simulation was validated using 2020 built-up land cover and resulted in a simulation accuracy of 74% for simulations per 5 years and 85.7% for simulations per 10 years. The development of built-up land in Jabodetabek has increased and decreased from 2000-2030. The development of Jabodetabek built land provides a proof of several theories of urban geography, namely the perspective of the city as an organism and the formation of the Jakarta as a fan morphology.
<b>Keywords:</b> Cellular Automata Artificial Neural Network Land Cover Change Land Prediction Built-up Land/Area	

## Pendahuluan

Cellular Automata merupakan sebuah alat permodelan spasial yang kuat yang banyak digunakan untuk memodelkan sistem yang kompleks (Li and Yeh 2001). Namun dalam pengaplikasiannya Cellular Automata tidak digunakan secara independen, tapi menggunakan model hybrid dengan Markov Chain, Logistik Liner, dan lain-lain (Tripathy and Kumar 2019). Model *hybrid* tersebut digunakan untuk kalibrasi data-data yang digunakan untuk melakukan simulasi.

Simulasi CA menggunakan ketentuan-ketentuan data tersebut dalam melakukan simulasi. Hal ini menyebabkan permasalahan dalam kombinasi parameter dan data untuk

menggambarkan kompleksitas tersebut, data yang dibutuhkan akan banyak dan memakan waktu (Li & Yeh, 2001).

Permasalahan dalam CA yang menggunakan model-model *hybrid*, sangat sensitif dalam penempatan parameter atau data-data yang digunakan untuk menentukan aturan atau ketentuan simulasi. Dalam perkembangannya saat ini, *Cellular Automata* dapat diintegrasikan dengan model lain untuk mendukung simulasinya. Salah satunya adalah *Artificial Neural Network*. *Artificial Neural Network* sangat mumpuni dalam permasalahan spasial dengan data yang sedikit (Li & Yeh, 2001). Dengan begitu, permasalahan-permasalahan yang ada pada model *hybrid* yang disebutkan sebelumnya dapat

diatasi dengan *Artificial Neural Network* yang mempunyai proses yang lebih efisien dalam segi waktu dan data. Dalam hal ini, kombinasi antara ANN-CA dapat diterapkan salah satunya untuk studi prediksi tutupan lahan.

Perubahan tutupan lahan, terutama lahan terbangun yang terjadi di DKI Jakarta telah menyebabkan banyak masalah dari lingkungan, sosial dan ekonomi. Salah satu contoh dampak yang terjadi akibat perkembangan lahan terbangun yang massif adalah alih fungsi lahan pertanian. Hal ini akan menyebabkan kurangnya produktifitas makanan di sekitar kota (Atta-ur-Rahman et al., 2016). Selain itu, peningkatan lahan terbangun juga berbanding lurus dengan peningkatan suhu (Permatasari et al., 2019) yang dapat menyebabkan fenomena *Urban Heat Island*. *Urban Heat Island* yang terjadi di banyak kota di dunia, telah menyebabkan peningkatan laju pemanasan global (Rushayati & Hermawan, 2013). Penurunan kualitas lingkungan yang terjadi akibat *Urban Heat Island* juga dapat berdampak pada penurunan produktifitas penduduk (Rushayati & Hermawan, 2013).

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan tersebut, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana penerapan model artificial neural network dalam menganalisis trend Perubahan Lahan Terbangun yang ada di Jabodetabek?
2. Bagaimana penerapan simulasi cellular automata hybrid berdasarkan artificial neural network dalam menentukan Prediksi Perubahan Lahan Terbangun di Jabodetabek hingga tahun 2040?

**Metode**

**Pengumpulan Data**

Data-data dikumpulkan dari beberapa sumber seperti USGS, Badan Pusat Statistik dan Badan Informasi Geospasial. Data yang dibutuhkan dalam penelitian adalah citra satelit, yang digunakan untuk ekstraksi data lahan terbangun dengan rincian jenis citra satelit yang dapat dilihat pada Tabel 1 . Setelah itu, data yang dibutuhkan adalah DEM, Jalan, Pemukiman, dan Populasi sebagai variabel pendukung model yang dirincikan pada Tabel 2.

**Tabel 1.** Citra Satelit

NO.	Jenis	Sumber	Tanggal Perekaman	Path/Row
1	Landsat 7 Surface Reflectance	USGS	14-09-2000	122/64
2	Landsat 7 Surface Reflectance	USGS	07-08-2000	122/65
3	Landsat 7 Surface Reflectance	USGS	21-05-2005	122/64
4	Landsat 7 Surface Reflectance	USGS	10-07-2005	122/65
5	Landsat 7 Surface Reflectance	USGS	10-07-2000	122/65
5	Landsat 7 Surface Reflectance	USGS	21-05-2010	122/64
6	Landsat 7 Surface Reflectance	USGS	21-05-2010	122/65
7	Landsat 8 Surface Reflectance	USGS	28-06-2015	122/64
8	Landsat 8 Surface Reflectance	USGS	24-05-2015	122/65
9	Landsat 8 Surface Reflectance	USGS	24-05-2020	122/64
10	Landsat 8 Surface Reflectance	USGS	24-05-2020	122/65

Sumber: Data Olah Peneliti, 2021

**Tabel 2.** Variabel Pendukung

Data	Sumber	Jenis yang digunakan
DEM	<i>Google Earth Engine Data Catalog</i>	30 meter
Jalan	Badan Informasi Geospasial	- Jalan Tol - Jalan Arteri - Jalan Kolektor - Jalan Lokal

Sungai	Badan Informasi Geospasial	- Sungai
Pemukiman	Badan Informasi Geospasial	Data Spasial
Populasi	Badan Pusat Statistik	Kepadatan Penduduk

Sumber : Data Olahan Peneliti, 2021

### Klasifikasi Terbimbing

Pertama, akan memanggil data citra satelit Landsat 7 dan 8 Tier 1 Surface Reflectance dari Earth Engine Data Catalog untuk masing-masing tahun 2000, 2010, dan 2020. Citra satelit Landsat 7 dipilih untuk data tahun 2000 dan 2010, dan Landsat 8 untuk tahun 2020. Karena data ini sudah diolah sebelumnya dalam database Google Earth Engine, maka tidak perlu melakukan pengolahan citra satelit seperti biasa, mulai dari koreksi geometik, atmosfer dan radiometric. Data ini sudah dalam bentuk pancaran permukaan atau surface reflectance. Selanjutnya masing-masing citra satelit akan dianalisis untuk mendapatkan data lahan terbangun dengan metode klasifikasi terbimbing.

### Uji Akurasi Klasifikasi

Uji akurasi klasifikasi dilakukan dengan proses cek lapangan. Cek lapangan dilakukan untuk mencocokkan hasil klasifikasi lahan terbangun menggunakan citra satelit dengan kondisi lapangan. Prosesnya dilakukan dengan membuat beberapa titik sebaran untuk mengambil data kondisi lapangan (Ground Truth). Kemudian, hasil cek lapangan tersebut akan dibandingkan dengan hasil klasifikasi menggunakan hitungan overall accuracy dan kappa coefficient atau confusion matrix. Berikut adalah persamaan untuk masing-masing metode perhitungan tersebut (Harrisgeospatial 2021) :

Overall accuracy :

$$\frac{\text{Jumlah Titik Lapangan yang Sesuai Klasifikasi}}{\text{Jumlah seluruh titik cek lapangan}} \times 100\%$$

Kappa coefficient :

$$\frac{N \sum_{i=1}^n m_{i,i} - \sum_{i=1}^n (G_i C_i)}{N^2 - \sum_{i=1}^n (G_i C_i)}$$

Dimana :

i = nomor kelas

N = jumlah total nilai yang diklasifikasikan dibandingkan dengan nilai benar

$m_{i,i}$  = jumlah nilai yang termasuk dalam kelas benar i yang juga telah diklasifikasikan

sebagai kelas i (yaitu, nilai yang ditemukan di sepanjang diagonal matriks konfusi)

$C_i$  = jumlah total nilai prediksi milik kelas i

$G_i$  = jumlah total nilai kebenaran milik kelas i

### Koversi Data Vektor Menjadi Raster

Variabel-variabel pendukung seperti jaringan jalan, sungai, dan penduduk akan dijadikan data spasial berjenis vektor, setelah itu akan dikonversi menjadi raster menggunakan modul rasterize. Dengan menyeragamkan skala piksel pada raster menjadi 30 meter. Hal ini dilakukan agar menyiapkan data tersebut untuk analisis keterjangkauan dan perubahan lahan.

### Analisis Keterjangkauan

Variabel pendukung seperti jaringan jalan, sungai dan pemukiman akan dianalisis untuk mendapatkan keterjangkauannya di dalam wilayah DKI Jakarta. Analisis keterjangkauan akan dilakukan menggunakan perhitungan modul *Proximity (Raster Distance)* di dalam QGIS. Proximity dapat digambarkan dengan persamaan *Euclidian Distance* sebagai berikut (Cuemath, 2021) :

$$d = \sqrt{(x_{22} - x_{11})^2 + (y_{22} - y_{11})^2}$$

Dimana :

( $x_{11}$ ,  $y_{11}$ ) : koordinat suatu poin.

( $x_{22}$ ,  $y_{22}$ ) : koordinat poin lain.

d : jarak antara ( $x_{11}$ ,  $y_{11}$ ) dan ( $x_{22}$ ,  $y_{22}$ ).

### Analisis Perubahan Lahan

Ketika seluruh data sudah siap maka selanjutnya dilakukan analisis perubahan lahan menggunakan lahan terbangun 2000, 2010 dan variabel pendukung (keterjangkauan jalan, keterjangkauan fasilitas umum, dan kepadatan penduduk). Analisis perubahan lahan ini dilakukan dalam plugin *Molusce* dengan modul *Area Changes*, untuk melihat wilayah mana saja yang terjadi perubahan.

### Permodelan Artificial Neural Network

Tahap selanjutnya adalah melatih model *Artificial Neural Network* agar dapat membuat

sebuah *trend* atau arah perubahan lahan potensial berdasarkan analisis yang dilakukan sebelumnya yaitu dalam rentang waktu 2000-2010. Dengan begitu, model akan mendapatkan sebuah aturan perubahan potensial untuk 10 tahun ke depannya berdasarkan perubahan yang terjadi pada tahun 2000-2010 tersebut.

### Simulasi

Selanjutnya akan dilakukan simulasi untuk mendapatkan perubahan lahan terbangun pada tahun 2020, berdasarkan aturan transisi dari proses *Artificial Neural Network* yang sudah dilatih menggunakan simulasi *Cellular Automata*.

### Validasi Simulasi

Setelah dilakukan simulasi lahan terbangun pada tahun 2020 menggunakan CA, maka simulasi tersebut harus divalidasi untuk mengecek tingkat akurasi. Validasi dilakukan dengan lahan terbangun tahun 2020 pada masa kini.

### Prediksi Lahan Terbangun 2025 dan 2030

Setelah dilakukan validasi, maka tahap selanjutnya adalah melakukan simulasi kembali untuk tahun 2030 dan 2040. Dengan menggunakan model sebelumnya yaitu lahan terbangun 2000 dan 2010, dan mengatur iterasinya menjadi 2 dan 3 kali. Sehingga melakukan simulasi selama 2 dan 3 siklus atau periode yaitu 20-30 tahun dari tahun 2010. Sehingga akan mendapatkan data lahan terbangun tahun 2030 dan 2040.

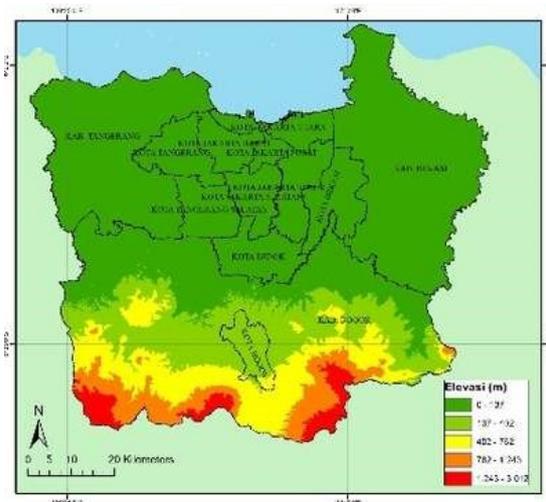
## Hasil dan pembahasan

### 1. Cek Lapangan

Cek lapangan dilakukan untuk menguji akurasi dari hasil klasifikasi lahan terbangun. Cek lapangan dilakukan dengan membuat titik pengamatan dengan metode stratified random sampling. Titik pengamatan tersebar di seluruh wilayah Jabodetabek dengan jumlah total 100 titik. Setelah didapatkan hasil pengamatan melalui cek lapangan. Kemudian data pengamatan tersebut dibandingkan dengan data klasifikasi lahan terbangun 2020. Dengan menggunakan perhitungan overall accuracy dan kappa koeficient. Berdasarkan 100 titik yang dilakukan survey lapangan, ditemukan bahwa beberapa titik tidak sama dengan hasil klasifikasi. Total titik yang tidak sesuai dengan klasifikasi adalah 8 titik.

Sehingga overall accuracy dari klasifikasi bernilai sebesar 92%, dengan nilai kappa 0,81. Dengan nilai kappa tersebut dapat dikatakan bahwa hasil klasifikasi mendekati sempurna, berdasarkan indeks kappa. Berikut adalah tabel dari hasil perhitungan overall accuracy dan kappa menggunakan ArcGIS.

## 2. Variabel Pendukung Elevasi

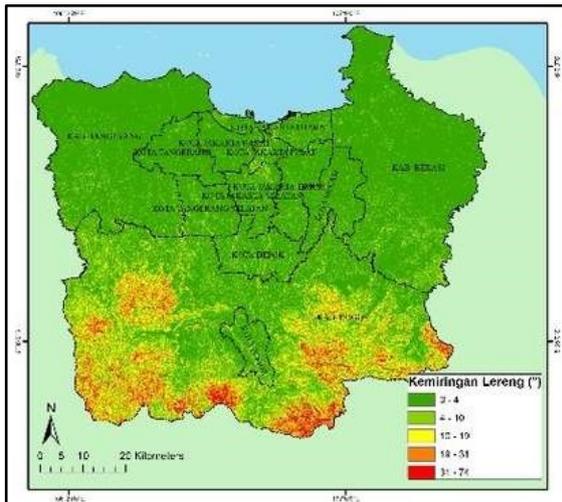


**Gambar 1.** Elevasi

Sumber : Data Olah Peneliti, 2021

Berdasarkan Gambar 2, wilayah Jabodetabek mempunyai tingkat elevasi atau ketinggian yang sangat beragam. Hal ini terbukti dari rentang nilai elevasi yang ada di wilayah ini, yaitu dari 0 – 3012 Mdpl. Persebaran ketinggian mempunyai peningkatan lurus dari utara. Wilayah utara yaitu yang terdiri dari daerah seperti Bekasi, Jakarta, Tangerang, dan Depok mempunyai elevasi yang rendah dari 0 – 400 Mdpl. Kemudian pada wilayah selatan yakni daerah Bogor mempunyai elevasi yang cukup tinggi dari 400 Mdpl hingga 3000 Mdpl. Elevasi merupakan satu variabel penting dalam menganalisis daerah mana yang cenderung memiliki lahan terbangun.

## Kemiringan Lereng

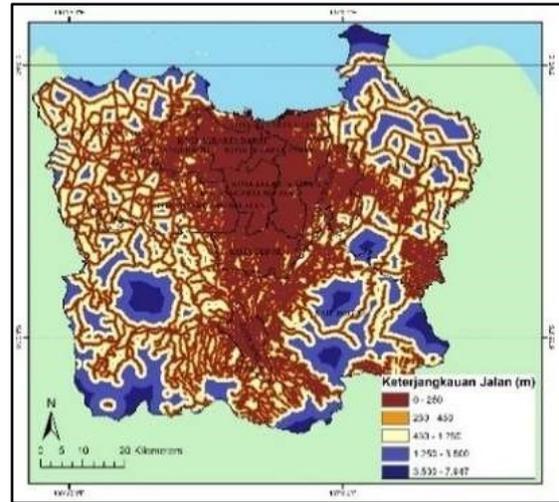


**Gambar 2.** Kemiringan Lereng  
Sumber : Data Olah Peneliti, 2021

Manusia akan memperhatikan medan suatu wilayah dalam membangun sebuah lahan. Salah satu komponen suatu medan yaitu kemiringan lereng. Manusia cenderung membangun lahan yang datar atau landai karena akan lebih mudah dan murah daripada lahan yang curam.

Berdasarkan Gambar 3, wilayah Jabodetabek mempunyai variasi kemiringan lereng yang sangat tinggi. Persebarannya juga hampir mengikuti tingkat elevasi sebelumnya, dimana daerah bagian utara seperti Bekasi, Jakarta, Tangerang, dan Depok mempunyai tingkat kemiringan lereng yang rendah atau landai. Sedangkan daerah selatan yaitu Bogor mempunyai kemiringan lereng yang curam dan bervariasi dari 19 – 74 derajat.

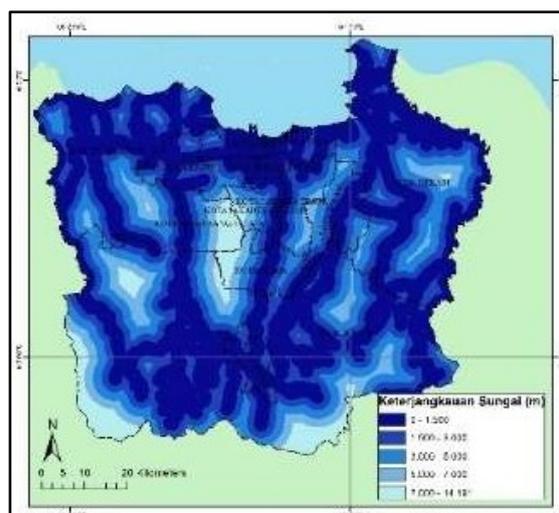
## Keterjangkauan Jalan



**Gambar 3.** Keterjangkauan Jalan  
Sumber : Data Olah Peneliti, 2021

Jalan merupakan satu variabel penting dalam lahan terbangun. Karena lahan terbangun cenderung akan memusat atau berdekatan dengan jalan untuk mendukung kegiatan yang ada pada suatu lahan terbangun tersebut. Jadi lahan terbangun akan cenderung berdekatan dengan jalan. Maka keterjangkauan jalan dapat dijadikan variabel untuk menganalisis atau memprediksi lahan terbangun. Berdasarkan Gambar 4, jalan yang ada di wilayah Jabodetabek sangat terjangkau. Rata-rata keterjangkauan jalan di wilayah Jabodetabek adalah 0 – 250 meter, yaitu di bawah 1 km.

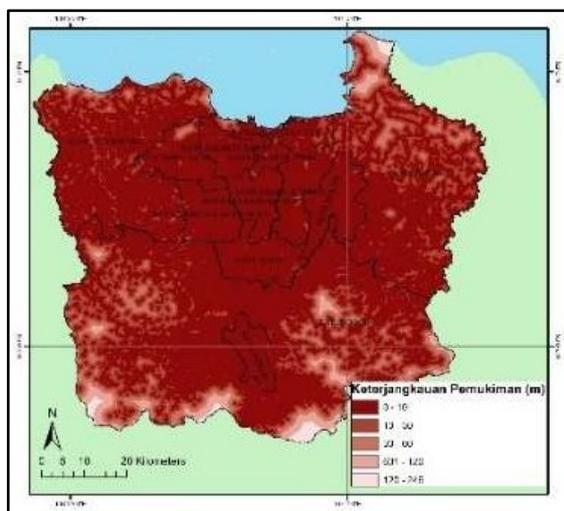
## Keterjangkauan Sungai



**Gambar 4.** Keterjangkauan Sungai  
Sumber : Data Olah Peneliti, 2021

Pada zaman dahulu, manusia akan mencari wilayah yang dekat dengan sumber air untuk tinggal. Hal itu, juga masih terlihat saat ini. Manusia akan cenderung membangun lahan yang dekat dengan sungai. Maka dari itu, keterjangkauan sungai mempunyai peranan penting dalam perkembangan lahan terbangun. Walaupun hal ini tidak terlalu ramah lingkungan, namun manusia tetap cenderung membangun di daerah yang dekat dengan sungai. Berdasarkan Gambar 5, wilayah Jabodetabek merupakan wilayah yang mempunyai akses sungai cukup dekat, karena kebanyakan sungai bisa dijangkau dengan jarak 0 – 1,5 km.

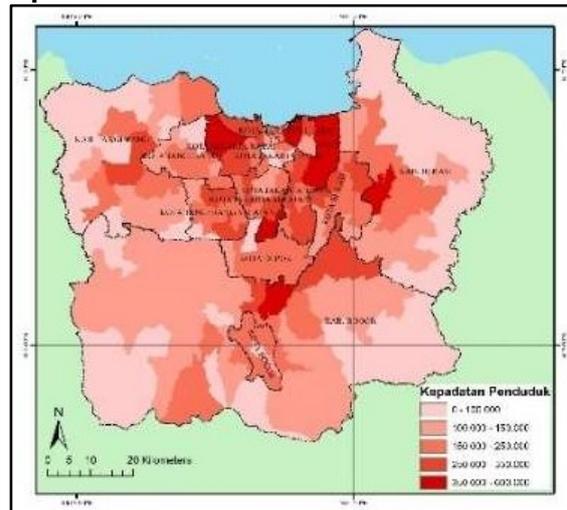
### Keterjangkauan Pemukiman



**Gambar 5.** Keterjangkauan Pemukiman  
Sumber : Data Olah Peneliti, 2021

Keterjangkauan pemukiman mempunyai peranan dalam perkembangan lahan terbangun. Manusia pada dasarnya akan membangun lahan yang ada di dekat tempat tinggalnya. Maka dari itu, wilayah yang semakin dekat dengan pemukiman mempunyai kesempatan tinggi untuk menjadi lahan terbangun. Wilayah Jabodetabek, sebagai metropolitan mempunyai jumlah pemukiman yang cukup tinggi, maka cukup banyak wilayah Jabodetabek yang cukup dekat dengan pemukiman. Berdasarkan Gambar 6, rentang nilai keterjangkauan pemukiman di wilayah ini tidak terlalu tinggi yaitu dari 0 – 246 meter. Tingkat keterjangkauan ini juga yang memberikan peningkatan dalam perkembangan lahan terbangun di Jabodetabek.

### Kepadatan Penduduk



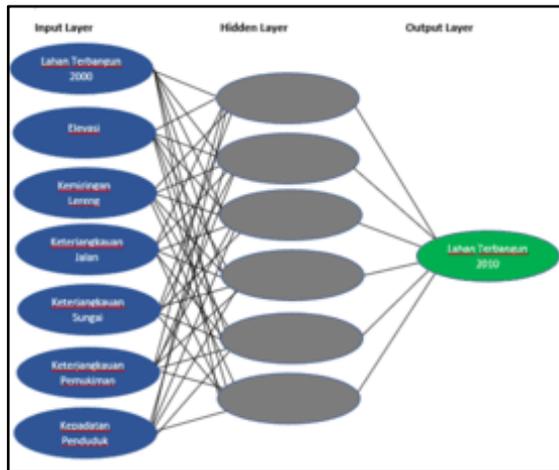
**Gambar 6.** Kepadatan Penduduk  
Sumber : Data Olah Peneliti, 2021

Kepadatan penduduk mempunyai peranan dalam perkembangan lahan. Daerah yang mempunyai kepadatan penduduk tinggi, akan cenderung meningkatkan perkembangan lahan terbangun di daerah tersebut. Karena jumlah manusia yang banyak, akan memerlukan lahan terbangun yang semakin tinggi. Manusia mempunyai berbagai macam kebutuhan untuk membangun lahan, seperti untuk pemukiman, pertokoan, industri, dan perkantoran. Berdasarkan Gambar 7, tingkat kepadatan penduduk cenderung mengikuti fokus Ibukota Jakarta. Daerah yang semakin dekat dengan Jakarta, mempunyai kepadatan penduduk yang semakin tinggi. Sedangkan daerah yang mempunyai daerah yang semakin jauh dari Jakarta mempunyai kepadatan penduduk yang semakin rendah.

### 3. Model *Artificial Neural Network*

*Artificial Neural Network* digunakan untuk mendapatkan aturan-aturan untuk simulasi. Cara kerja ANN pada permodelan ini adalah mendapatkan aturan-aturan atau pola berdasarkan hubungan variabel pendukung dalam proses perubahan lahan. Dengan begitu, topologi jaringan pada model ANN ini adalah 7 – 6 – 1, yaitu 7 *input layer*, 6 *hidden layer*, dan 1 *output layer*. *Input layer* terdiri dari lahan terbangun 2000, elevasi, kemiringan lereng, keterjangkauan jalan, keterjangkauan sungai,

keterjangkauan pemukiman, dan kepadatan penduduk. *Output layer* terdiri dari lahan terbangun 2010. Hidden layer merupakan layer perantara atau jembatan analisis yang dilakukan otomatis oleh komputer. Proses yang sama dilakukan untuk menyiapkan simulasi tahun 2025 namun menggunakan data 5 tahun yaitu lahan terbangun 2010 dan 2015. Berikut adalah penggambaran mengenai topologi jaringan ANN pada Gambar 8.



**Gambar 7.** Artificial Neural Network  
Sumber : Data Olah Peneliti, 2021

Pada permodelan ini peneliti menggunakan atau mengatur parameter latih untuk mendapatkan nilai validasi yang memadai. Parameter latih terdiri dari *neighbourhood*, *learning rate*, *momentum*, *max iteration*, dan *hidden layer*. *Neighbourhood* pada model ini menggunakan 1 pixel agar analisis lebih detail, kemudian *learning rate* dan *momentum* menggunakan nilai 0,10 dan 0,50. Nilai learning rate dan momentum mempengaruhi waktu latih dan fluktuasi latih. Jika nilai semakin kecil maka waktu akan lebih lama, tapi fluktuasi nilai latih lebih stabil. Max iteration, digunakan untuk pembatasan siklus latih. *Hidden layer* menggunakan nilai 6 yaitu berarti nodes pada hidden layer berjumlah 6. Tidak ada aturan baku untuk menetapkan *hidden layer*, hal ini bisa dikalibrasi atau disesuaikan sebaik mungkin untuk mencapai tingkat validasi terbaik. Berikut adalah tabel parameter dan validasi latih model ANN.

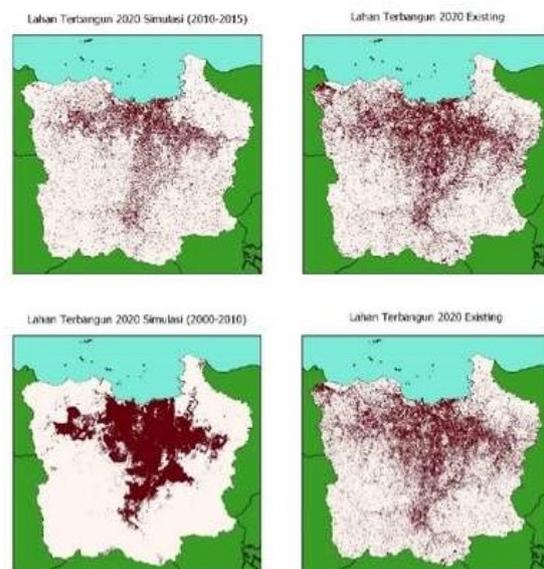
**Tabel 3.** Tabel ANN

<b>Neighbourhood</b>	1 px
<b>Learning rate</b>	0,010
<b>Max iteration</b>	100
<b>Hidden layer</b>	6
<b>Momentum</b>	0,050
<b>Δ Overall accuracy</b>	-0,02942
<b>Min validation overall accuracy</b>	0,21417
<b>Current validation kapp</b> <b>(Terbangun 2000-2010)</b>	0,78622
<b>Current validation kapp</b> <b>(Terbangun 2010-2015)</b>	0,66028

Sumber : Data Olah Peneliti, 2021

Berdasarkan tabel 3 di atas, dapat dijelaskan bahwa hasil dari latih model ANN mempunyai nilai yang cukup baik dengan nilai validasi kappa sebesar 0,79 untuk model 10 tahun dan 0,66 untuk model 5 tahunan. Hal ini menunjukkan akurasi model yang cukup bagus. Selanjutnya model akan digunakan sebagai dasar untuk menjalankan simulasi.

#### 4. Simulasi



**Gambar 8.** Perbandingan Simulasi dengan Existing

Sumber : Data Olah Peneliti, 2021

Simulasi dilakukan dengan menggunakan aturan yang dibuat oleh model ANN. Simulasi ini menggunakan 1 *iteration* atau siklus. Jika menggunakan data tahun 2000 dan 2010 maka satu siklusnya adalah 10 tahun. Maka dari itu, jika dilakukan 1 *iteration* maka akan menghasilkan

prediksi lahan terbangun untuk tahun 2020. Simulasi dilakukan untuk 2 siklus per 5 tahun dan 10 tahun. Siklus 5 tahun menggunakan data tahun 2010 dan 2015, sedangkan 10 tahun menggunakan tahun 2000 dan 2010. Masing-masing siklus simulasi ini digunakan untuk memprediksi lahan terbangun tahun 2025 dan 2030.

Hasil simulasi di atas akan divalidasi untuk mendapatkan nilai akurasi prediksi ke depannya. Validasi dilakukan dengan cara mengoverlay data simulasi tahun 2020 dengan data klasifikasi tutupan lahan 2020, menggunakan modul *validation* pada molusce, dan menghasilkan nilai kappa(overall), kappa(histo), kappa(loc). Nilai-nilai ketiga jenis kappa tersebut akan dirata-rata untuk mendapatkan nilai *overall accuracy*. Berikut adalah tabel 4 dan tabel 5 yang merincikan hasil validasi simulasi.

**Tabel 4.** Simulasi 5 Tahun

<b>Overall Accuracy (%)</b>	77
<b>kappa(overall)</b>	0,31
<b>kappa(histo)</b>	0,70
<b>kappa(loc)</b>	0,7

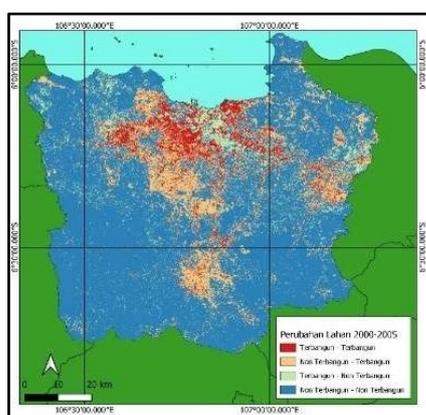
Sumber : Data Olah Peneliti, 2021

**Tabel 5.** Simulasi 10 Tahun

<b>Overall Accuracy (%)</b>	<b>85,7</b>
<b>kappa(overall)</b>	0,71
<b>kappa(histo)</b>	0,99
<b>kappa(loc)</b>	0,71

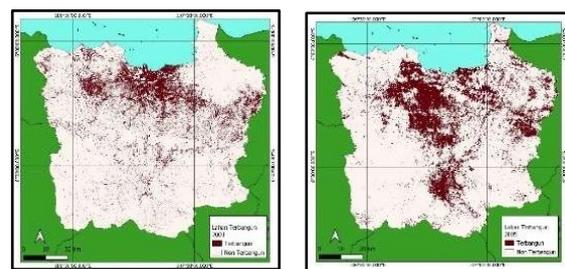
Sumber : Data Olah Peneliti, 2021

## 5. Perkembangan Lahan Terbangun Tahun 2000-2005



**Gambar 9.** Perubahan Lahan 2000-2005

Perubahan lahan terbangun pada periode tahun 2000-2005 mengalami beberapa perubahan yang cukup terlihat. Berdasarkan **Gambar 10**, perubahan lahan terbangun pada periode ini terjadi di daerah pinggiran terutama daerah Jakarta Selatan. Sebagian besar wilayah Jakarta Selatan berubah menjadi lahan terbangun pada periode ini. Kemudian diikuti sebelah selatannya yaitu pada Kota Bogor. Kota Bogor mengalami peningkatan lahan terbangun yang cukup signifikan. Selain itu, di daerah timur, tepatnya di Kabupaten Bekasi, terlihat satu wilayah yang berkembang yaitu di sekitar kawasan industri Cikarang. Pada tahun ini setelah reformasi, mulai banyak investor asing yang menanamkan modalnya di Indonesia. Modal-modal tersebut banyak yang berwujud menjadi pabrik. Salah satu pabrik yang mulai di bangun di kawasan industri Cikarang adalah Astra Honda Motor pada tahun 2001 (Astra Honda Motor, 2020).

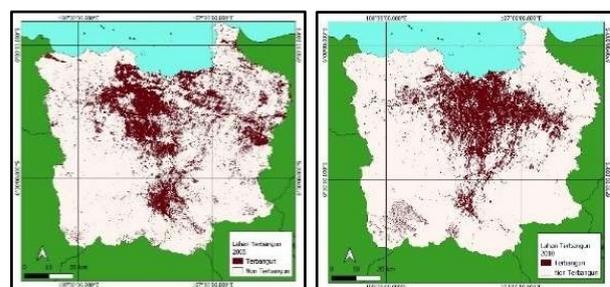


**Gambar 80.** Terbangun 2000 dan 2005

Sumber : Data Olah Peneliti, 2021

Berdasarkan **Gambar 10**, lahan terbangun pada periode ini mengalami peningkatan signifikan hingga sekitar 34% dari 90.768,06 ha menjadi 137.459,69 ha.

## 6. Perkembangan Lahan Terbangun Tahun 2005-2010

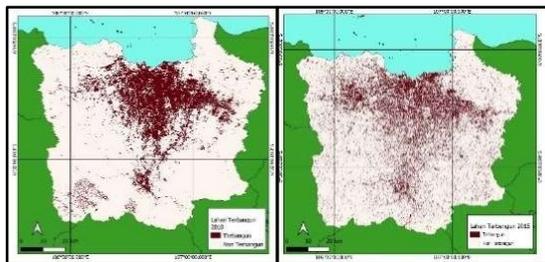


**Gambar 11.** Terbangun 2005 dan 2010

Sumber : Data Olah Peneliti, 2021

Pada periode ini, arah perkembangan lahan terbangun bergerak secara signifikan ke arah timur di sekitar wilayah Kota Bekasi dan Kabupaten Bekasi, bisa dilihat pada **Gambar 11**. Pada periode ini, banyak sekali proyek pembangunan perumahan yang terjadi di sekitar Kota Bekasi dan Kabupaten Bekasi. Hal ini diakibatkan karena letaknya wilayah Bekasi yang sangat strategis berada di pinggir DKI Jakarta dan berada di timur. Karena wilayah timur pada DKI Jakarta merupakan asal dari banyak pendatang ke wilayah Jabodetabek, yakni berasal dari daerah Jawa Barat hingga Jawa Timur. Contoh perumahan yang dibangun pada periode ini adalah perumahan Mustika Karang Satria dan Kota Harapan Indah yang bertahap di bangun mulai pada periode ini. Intensitas perkembangan lahan terbangun pun berpindah dari awalnya di wilayah Jakarta Selatan ke sekitar Kota Bekasi, terutama di sekitar wilayah Bekasi Barat yang bersebelahan dengan DKI Jakarta. Walaupun perkembangan lahan terbangun yang semakin menyebar. Akan tetapi kuantitas lahan terbangun pada periode ini menurun dari 137.459,69 ha pada tahun 2005, menjadi 117.808,39 ha.

#### 7. Perkembangan Lahan Terbangun Tahun 2010-2015

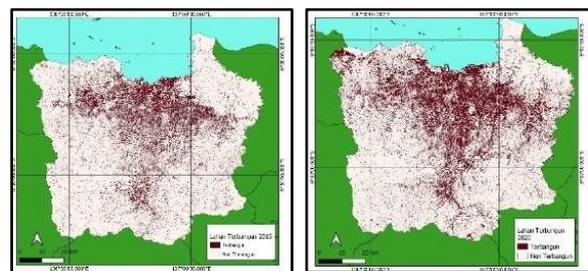


**Gambar 12.** Terbangun 2010 dan 2015  
Sumber : Data Olah Peneliti, 2021

Arah perkembangan lahan terbangun pada periode ini sudah mulai merata mengarah ke seluruh wilayah Jabodetabek. Berdasarkan **Gambar 12**, arah perkembangan lahan terbangun mulai mengarah ke arah barat di sekitar Tangerang. Pada periode ini, perkembangan lahan terbangun di wilayah Tangerang mengalami kenaikan signifikan. Tetapi secara keseluruhan, luas lahan terbangun pada periode ini juga mengalami penurunan sebesar 1%. Dari

117652,92 ha menjadi 116371,1 ha pada tahun 2015. Salah satu hal yang mungkin menyebabkan penurunan ini adalah pembangunan Kanal Banjir Timur. Kanal Banjir Timur sudah direncanakan dalam Master Plan pengendalian banjir Jakarta dari tahun 1973 (Farid, 2019), namun kenyataannya pembangunan Kanal Banjir Timur baru dimulai pada tahun 2007. Akibat adanya banjir besar Jakarta pada tahun 2007, pembangunan Kanal ini akhirnya dimulai dengan target pembangunan dari tahun 2007 hingga 2010. Tapi pada kenyataannya kebanyakan pembangunannya dimulai pada tahun 2010 akhir dan selesai sekitar pada tahun 2014. Dengan pembangunan Kanal Banjir Timur ini, mengakibatkan berkurangnya lahan-lahan terbangun. Karena banyak wilayah yang digusur untuk dibangun kanal ini.

#### 8. Perkembangan Lahan Terbangun Tahun 2015-2020



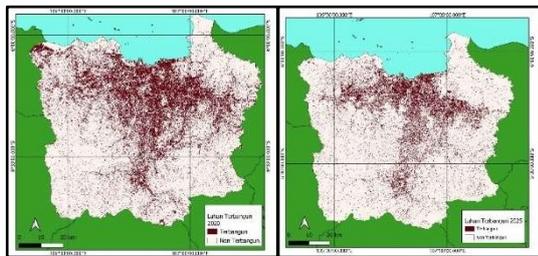
**Gambar 13.** Terbangun 2015 dan 2020  
Sumber : Data Olah Peneliti, 2021

Pada **Gambar 13**, arah perkembangan lahan terbangun pada periode 2015-2020 masih sama seperti periode sebelumnya, yaitu mengarah ke segala arah kecuali arah utara. Selain itu intensitas perkembangan lahan terbangun pada periode ini meningkat pada titik pusat kota daerah masing-masing. Intensitas yang sudah cukup tinggi di wilayah pusat-pusat kota, menyebabkan perkembangan lahan terbangun menyebar ke daerah-daerah pinggiran kota pada masing-masing kota di sekitar DKI Jakarta, terutama pada daerah selatan ke arah Bogor hingga Sukabumi. Intensitas lahan terbangun pada wilayah ini mengalami peningkatan.

Hal ini kemungkinan diakibatkan oleh beberapa proyek pembangunan yang terjadi di sekitar daerah ini. Beberapa proyek yang kemungkinan mempengaruhi perkembangan

lahan terbangun pada wilayah ini adalah pembangunan TOL Cigombong dan Living World Kota Wisata Cibubur. Tol Cigombong yang nantinya akan terhubung dengan TOL Jagorawi menyebabkan peningkatan intensitas lahan terbangun di sekitar daerah hubung antara Kota Bogor hingga Sukabumi (Kompas, 2021). Living World Kota Wisata Cibubur yang mulai dibangun pada tahun 2018 (Liputan6, 2021) juga dapat menyebabkan peningkatan intensitas pada wilayah Tenggara Jakarta seperti yang terlihat pada **Gambar 13**. Dengan begitu, luas lahan terbangun pada periode ini mengalami peningkatan dari 116371,1 Ha, menjadi 167692,28 Ha.

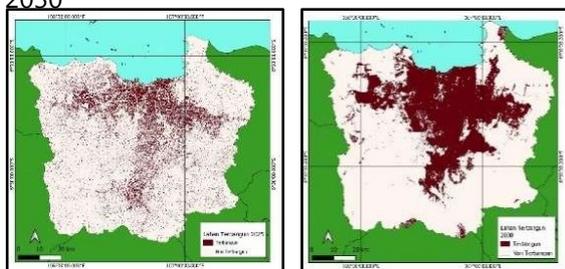
#### 8. Perkembangan Lahan Terbangun Tahun 2020-2025



**Gambar 14.** Terbangun 2020 dan 2025  
Sumber : Data Olah Peneliti, 2021

Berdasarkan **Gambar 14**, perkembangan lahan terbangun pada periode ini mengalami penurunan. Akan tetapi penurunan yang terjadi cenderung terjadi hanya pada daerah pinggiran pusat-pusat kota. Lahan terbangun pada periode ini menurun dari 167692,28 ha menjadi 103261,1 atau sekitar 38%.

#### 9. Perkembangan Lahan Terbangun Tahun 2025-2030

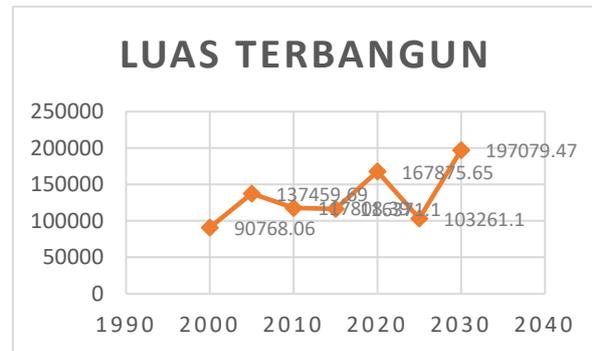


**Gambar 15.** Terbangun 2025 dan 2030  
Sumber : Data Olah Peneliti, 2021

Berdasarkan Gambar 16, perkembangan lahan terbangun yang terjadi pada periode ini

mengalami peningkatan. Baik dalam arah perkembangan dan juga intensitas perkembangannya. Hal ini dapat dilihat dari peningkatan luasan lahan terbangun. Dari 103261,1 Ha pada tahun 2025, menjadi 196916,45 Ha.

#### 10. Keseluruhan Periode



**Gambar 16.** Luas Terbangun Keseluruhan Periode

Sumber : Data Olah Peneliti, 2021

Berdasarkan **Gambar 16**, perkembangan lahan terbangun dari tahun 2000 hingga tahun 2030 terlihat sangat dinamis. Mulai dari awal hingga akhir pada tahun 2030. Luas lahan terbangun di Jabodetabek mengalami fluktuasi yang cukup sering terutama pada tahun 2015. Pada tahun sebelum 2015, fluktuasi yang terjadi cukup moderat, hanya pada tahun 2000-2005 terjadi fluktuasi yang cukup signifikan. Setelah pada tahun 2015, perkembangan lahan terbangun mengalami fluktuasi yang cukup signifikan hingga tahun 2030. Fluktuasi yang terjadi menyebabkan peningkatan pada tahun 2020 dan penurunan pada tahun 2025, hingga mengalami kenaikan kembali pada tahun 2030. Perkembangan yang dinamis ini memberikan sebuah gambaran, bahwa perkembangan lahan terbangun pada suatu kota tidak hanya bergerak linear selalu meningkat. Namun seperti sebuah makhluk hidup dimana ada peningkatan dan penurunan suatu perkembangan seperti saat sedang sakit ataupun sehat, bereaksi dengan hal yang mempengaruhinya seperti pembangunan dan lain-lain. Hal ini semakin menguatkan persepektif perkotaan sebagai organisme di tengah menguatnya pergeseran

perspektif kota dari organisme menjadi kota sebagai lingkungan (Mayona, 2021).

Perkembangan lahan terbangun yang terjadi pada rentang tahun 2000-2030 juga memberikan sebuah pembuktian akan klasifikasi jenis kota Jabodetabek. Jabodetabek secara umum mempunyai ekspresi keruangan kota yang berbentuk seperti kipas, yaitu berbentuk seperti sebuah bagian lingkaran. Jabodetabek mempunyai kesempatan yang relatif seimbang untuk berkembang ke berbagai arah. Tapi ada beberapa hambatan untuk berkembang beberapa arah, terutama arah utara. Karena arah utara Jabodetabek merupakan laut. Hal ini juga membuktikan teori klasifikasi kota Jakarta yang dijelaskan dalam buku klasifikasi kota (Yunus, 2014), bahwa kota Jakarta serta sekitarnya merupakan kota dengan klasifikasi sistem marine. Dimana kota Jakarta mempunyai peluang atau kesempatan untuk berkembang ke segala arah kecuali arah utara yang merupakan daerah laut.

### Simpulan

Simulasi dilakukan dengan menggunakan 2 jenis siklus yaitu per 5 tahun dan 10 tahun. Siklus 5 tahun menggunakan data variabel pendukung dan lahan terbangun tahun 2010 dan 2015, sedangkan untuk siklus 10 tahun menggunakan lahan terbangun 2000 dan 2010. Akurasi model ANN untuk siklus 5 tahun adalah 0,66 dan siklus 10 tahun adalah 0,78. Dasar model ANN digunakan untuk simulasi yang masing-masing siklus mempunyai akurasi sebesar 74 % dan 85%. Dengan akurasi yang cukup bagus, dilakukan prediksi untuk lahan terbangun 2025 dan 2030. Hasil prediksi menunjukkan peningkatan lahan terbangun selama 2020 – 2030 sebesar 29203,82 Ha atau 17 %. Berdasarkan hasil prediksi dapat diidentifikasi bahwa model CA berbasis ANN cenderung menggeneralisir suatu hasil. Peta hasil prediksi menggambarkan perkembangan lahan terbangun menjadi terlihat lebih intens pada pusat-pusat perkembangan. lahan terbangun di Jabodetabek selama tahun 2000 – 2030 memberikan sebuah pemahaman mengenai pola dan struktur ruang kota Jabodetabek. Perkembangan lahan terbangun memberikan sebuah pembuktian akan beberapa teori geografi perkotaan yaitu perspektif kota sebagai organisme. Selain itu perkembangan lahan

terbangun membuktikan teori struktur atau bentuk tata ruang Jabodetabek yang berjenis kota berbentuk kipas.

### Ucapan terima kasih

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena dengan rohmat, taufik dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Tidak lupa juga berterima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian kepada dosen pembimbing peneliti dan juga dosen-dosen Geografi UNJ yang selalu mendukung dalam penyelesaian penelitian ini.

### Referensi

- Astra Honda Motor. (2020). *Corporate Profile | PT Astra Honda Motor*. <https://www.astra-honda.com/corporate>
- Atta-ur-Rahman, Surjan, A., Parvin, G. A., & Shaw, R. (2016). Impact of Urban Expansion on Farmlands: A Silent Disaster. In *Urban Disasters and Resilience in Asia* (pp. 91–112). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802169-9.00007-0>
- Cuemath. (2021). *Euclidean Distance Formula - Derivation, Examples*. <https://www.cuemath.com/euclidean-distance-formula/>
- Farid. (2019). *Kanal Banjir Timur – Dinas Perpustakaan dan Kearsipan Provinsi DKI Jakarta*. <https://dispusip.jakarta.go.id/dispusip/2019/03/20/kanal-banjir-timur/>
- Kompas. (2021). *Akhir 2021 Tol Cigombong-Cibadak Tuntas, Bogor-Sukabumi Bisa Lebih Cepat 2 Jam*. <https://www.kompas.com/properti/read/2021/08/10/183000421/akhir-2021-tol-cigombong-cibadak-tuntas-bogor-sukabumi-bisa-lebih-cepat>
- Li, X., & Yeh, A. G. (2001). Calibration of cellular automata by using neural networks for the simulation of complex urban systems. *Environment and Planning A*, 33(8), 1445–1462. <https://doi.org/10.1068/a33210>
- Liputan6. (2021). *Proyek Living World Kota Wisata Cibubur Telan Investasi Rp 1,4 Triliun - Bisnis Liputan6.com*. <https://www.liputan6.com/bisnis/read/4467610/proyek-living-world-kota-wisata-cibubur-telan-investasi-rp-14-triliun>
- Mayona, L. E. (2021). Pergeseran Makna Kota

Berdasarkan Perspektif Lingkungan. *Kota Itenas*, 01(1).

Permatasari, P. A., Amalo, L. F., & Wijayanto, A. K. (2019). *Comparison of urban heat island effect in Jakarta and Surabaya, Indonesia*. *May* 2020, 67.

<https://doi.org/10.1117/12.2541581>

Rushayati, S. B., & Hermawan, R. (2013). Characteristics of Urban Heat Island Condition in DKI Jakarta. *Forum Geografi*, 27(2), 111.

<https://doi.org/10.23917/forgeo.v27i2.2370>

Yunus, H. S. (2014). *Klasifikasi Kota (III)*. Pustaka Pelajar.