

## **ANALISIS POLA DISTRIBUSI SPASIAL PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DAN *URBAN HEAT ISLAND* MENGGUNAKAN *GOOGLE EARTH ENGINE* (STUDI KASUS DI KOTA BOGOR TAHUN 2000, 2009, & 2021)**

<sup>1</sup>M. Veruj Abdul Wadud, <sup>2</sup> Erwin Hermawan, <sup>3</sup>Nurul Kamilah.

Program Studi Teknik Informatika,  
Fakultas Teknik dan Sains  
Universitas Ibn Khaldun Bogor  
Jl. KH Sholeh Iskandar Km 2  
Kota Bogor  
Email: verujabdul@gmail.com

### **ABSTRAK**

Bogor merupakan salah satu kota tertua di Indonesia dan salah satu kota terbesar di Jabodetabek (Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi). Kota Bogor juga merupakan pusat ekonomi dan salah satu kota yang memiliki jumlah populasi yang cukup tinggi, hal ini berpengaruh pada peningkatan pertumbuhan perkotaan. Akan tetapi urbanisasi dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia terutama pada produksi polusi gas CO<sub>2</sub>, modifikasi sifat fisik dan kimia atmosfer, yang dapat menyebabkan perubahan cuaca lokal dan iklim hal itu dapat menyebabkan peningkatan suhu di Kawasan perkotaan yang dikenal dengan fenomena *Urban Heat Island* (UHI). Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dimonitoring melalui penginderaan jauh, penginderaan jauh adalah salah satu sarana yang efektif dalam pemantauan penggunaan lahan karna dapat menyediakan informasi mengenai permukaan bumi, Salah satu teknologi penginderaan jauh yakni *Google Earth Engine*, adalah sebuah platform berbasis cloud yang menawarkan analisis data lingkungan berskala dunia dimana *User* hanya perlu mengakses data dari *repository* di google untuk mendapatkan citra data penginderaan jauh dan data geospasial lain. Pendekatan penelitian ini menggunakan metode *Random Forest* sebagai pembelajaran ensemble untuk memecahkan masalah klasifikasi dan regresi. metode ini memiliki akurasi yang cukup tinggi serta bisa menentukan variabel-variabel penting dan meminimalisasi kesalahan penilaian akan membuat analisis menjadi lebih praktis dan lebih mudah. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa urbanisasi perkotaan selalu meningkat dan suhu rata-rata Kota Bogor dari tahun 2000 hingga tahun 2021 mengalami peningkatan pada setiap tahunnya. adapun hasil klasifikasi tutupan lahan dari penelitian ini menggunakan metode *Random Forest* (RF) menunjukkan nilai akurasi keseluruhan (Overall Accuracy) sebesar 90.95%, dan nilai kappa sebesar 89.44%.

*Kata Kunci: Google Earth Engine, Land Surface Temperature, Random Forest.*

---

### **Riwayat Artikel :**

Tanggal diterima : 31-05-2023

Tanggal revisi : 09-06-2023

Tanggal terbit : 10-06-2023

### **DOI :**

<https://doi.org/10.31949/infotech.v9i1.5507>

**INFOTECH journal** by Informatika UNMA is licensed under CC BY-SA 4.0

Copyright © 2023 By Author



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Bogor merupakan salah satu kota tertua di Indonesia dan salah satu kota terbesar di Jabodetabek (Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi). Kota Bogor juga merupakan pusat ekonomi dan salah satu kota yang memiliki jumlah populasi yang cukup tinggi, hal ini berdampak secara langsung pada peningkatan infrastruktur di area perkotaan yang terus meningkat sehingga populasi perkotaan terus tumbuh pada tingkat yang lebih tinggi [1].

Pertumbuhan perkotaan dapat memberikan dampak yang baik terhadap taraf hidup dan kesejahteraan masyarakat. Akan tetapi urbanisasi juga dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia terutama pada produksi polusi gas CO<sub>2</sub>, modifikasi sifat fisik dan kimia *atmosfer*, yang dapat menyebabkan perubahan cuaca lokal dan iklim hal itu dapat menyebabkan peningkatan suhu di Kawasan perkotaan yang dikenal dengan fenomena *Urban Heat Island (UHI)* [2].

Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dimonitoring melalui penginderaan jauh, berdasarkan penelitian sebelumnya penginderaan jauh adalah salah satu sarana yang efektif dalam pemantauan penggunaan lahan karna dapat menyediakan informasi mengenai permukaan bumi, informasi yang didapat secara potensial tertangkap pada suatu ketinggian yang terbangun dari permukaan bumi, secara detail didapatkan dari resolusi spasial, spektral dan temporal lahan tersebut [3].

Salahsatu implementasi nya adalah dapat digunakan untuk menghitung estimasi suhu permukaan dan kerapatan vegetasi diperoleh dari data satelit penginderaan jauh serta dapat menganalisis keterkaitannya dengan fenomena UHI. Salah satu teknologi penginderaan jauh yakni *Google Earth Engine*, adalah sebuah *platform* berbasis *cloud* yang menawarkan analisis data lingkungan berskala dunia dimana *User* hanya perlu mengakses data dari repository di *google* untuk mendapatkan citra data penginderaan jauh dan data geospasial lain yang dapat diakses sangat banyak, sehingga mencapai ukuran peta byte selain itu *Google Earth Engine* memiliki bermacam algoritma saintifik yang sudah tersedia di dalam *platform*, peluang untuk mengkombinasi dan mengembangka algoritma yang ada melalui API dan memiliki proses komputasi yang lebih cepat dengan memanfaatkan tenaga komputer yang ada di *Google* [4].

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan lahan dan suhu permukaan tanah dapat diidentifikasi melalui Citra Landsat, Citra Landsat merupakan salah satu data untuk identifikasi perubahan penggunaan lahan dengan menggunakan metode *random forest* dalam mengidentifikasi dengan mengambil sebuah data untuk dijadikan sampel perubahan penggunaan lahan lalu diimplementasikan di dalam *Google Eart Engine* [5].

*Random forest* adalah pendekatan pembelajaran *ansamble* untuk memecahkan masalah klasifikasi dan regresi. *Ensamble learning* adalah skema pembelajaran mesin untuk meningkatkan akurasi dengan mengintegrasikan beberapa model untuk memecahkan masalah yang sama Secara khusus, beberapa pengklasifikasi berpartisipasi dalam klasifikasi ansambel untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dibandingkan dengan pengklasifikasi tunggal. Berdasarkan penelitian sebelumnya kelebihan dari metode ini antara lain memiliki akurasi yang cukup tinggi sebesar 89,53% dibandingkan dengan SVM 74,07% pada Landsat 8 serta bisa menentukan variabel-variabel penting dan meminimalisasi kesalahan penilaian akan membuat analisis menjadi lebih praktis dan lebih mudah [6].

Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat membantu Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) di Kota Bogor untuk memantau pengendalian tatarunag Kota Bogor. akibat perubahan penutup/penggunaan lahan, dan kerapatan bangunan, sehingga dampak lebih jauh pada kondisi iklim dan lingkungan wilayahnya dapat diantisipasi lebih awal

### 1.2. Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang, Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menganalisis perubahan penggunaan lahan di Kota Bogor menggunakan metode *Random forest* pada tahun 2000, 2009, dan 2021?
2. Bagaimana menganalisis fenomena *urban heat island* di Kota Bogor pada tahun 2000,2009, dan 2021?
3. Bagaimana memvisualisasikan fenomena *urban heat island* dalam bentuk WEB GIS?.

### 1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis pola perubahan penggunaan lahan di Kota Bogor 2000, 2009, dan 2021.
2. Menganalisis fenomena *Urban Heat Island* di kota Bogor pada tahun 2000, 2009, dan 2021.
3. Menampilkan informasi mengenai *urban heat island* dalam bentuk WEB GIS.

### 1.4. Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak menyimpang dari permasalahan yang ada maka penulis membatasi permasalahan yaitu :

1. Wilayah kajian penelitian mencakup Wilayah Kawasan Kota Bogor.
2. Data yang di gunakan tahun 2000,2009, dan 2021.
3. Hasil penelitian di tampilkan dalam WEB GIS.

## 2. TINJUAN PUSTAKA

No .	Penulis, Tahun	Publikasi
1.	Sendi Akhmad Al Mukmin, 2016 [7].	Analisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap distribusi suhu permukaan dan keterkaitannya dengan fenomena <i>urban heat island</i>
2.	Koko Mukti Wibowo , 2015 [8].	Sistem informasi geografis (SIG) menentukan lokasi pertambangan batu bara di provinsi bengkulu berbasis website
3.	Seprila Putri Darlina, 2018 [9].	Analisis fenomena urban heat island serta mitigasinya (studi kasus : kota semarang)
4.	Setyo Adhi Nugroho, Arwan Putra Wijaya, Abdi Sukmono 2016 [10].	Analisis pengaruh perubahan vegetasi terhadap suhu Permukaan di wilayah kabupaten semarang Menggunakan metode penginderaan jauh
5.	Nur Wachid, 2022 [11].	Analisis Transformasi NDVI dan kaitannya dengan LST Menggunakan Platform Berbasis Cloud: Google Earth Engine
6.	Rizky Mulya Sampurno, 2016 [12].	Klasifikasi tutupan lahan menggunakan citra landsat 8 operational land imager (oli) di kabupaten sumedang
7.	Rani Nuraeni, 2017 [13].	Analisis perubahan penggunaan lahan dan arahan penggunaan lahan wilayah di kabupaten bandung
8.	Anggoro Wahyu Utomo, 2017 [3].	Analisis hubungan variasi land surface temperature dengan kelas tutupan lahan

No .	Penulis, Tahun	Publikasi
		menggunakan data citra satelit landsat (studi kasus : kabupaten pati)
9.	Luthfiana Ratnawati dan Dwi Ratna Sulistyaningrum, 2019 [14].	Penerapan Random Forest untuk Mengukur Tingkat Keparahan Penyakit pada Daun Apel.
10.	Sidhu, N., Pebesma, E., & Câmara, G. 2018 [15].	Using Google Earth Engine to detect land cover change: Singapore as a use case

**2.1. Arc Gis (Arc Map)**

Arc Gis merupakan perangkat lunak yang terbilang besar. Perangkat lunak ini menyediakan kerangka kerja yang bersifat scalable (bisa diperluas sesuai kebutuhan) untuk mengimplementasikan suatu rancangan aplikasi SIG; baik bagi pengguna tunggal (*single user*) maupun bagi lebih dari satu pengguna yang berbasiskan *desktop*, menggunakan *server*, memanfaatkan layanan *web*, atau bahkan yang bersifat *mobile* untuk memenuhi kebutuhan pengukuran di lapangan.

*Arc GIS* adalah produk sistem kebutuhan *software* yang merupakan kumpulan dari produk-produk *software* lainnya dengan tujuan untuk membangun sistem SIG yang lengkap. Dalam kaitan inilah pihak pengembang *Arc GIS* 8 merancanginya sedemikian rupa hingga terdiri dari beberapa *framework* yang siap berkembang terus dalam rangka mempermudah pembuatan aplikasi-aplikasi SIG yang sesuai dengan kebutuhan penggunaannya [16].

**2.2. Gogle Earth Engine**

*Google Earth Engine* (GEE) adalah platform komputasi awan yang dirancang untuk menyimpan dan memproses kumpulan data besar (pada skala *petabyte*) untuk analisis dan pengambilan keputusan akhir . Mengikuti yang gratis ketersediaan seri Landsat pada tahun 2008, Google mengarsipkan semua kumpulan data dan menaunkannya ke *cloud* mesin komputasi untuk penggunaan *open source*. Arsip data saat ini termasuk yang dari satelit lain, serta kumpulan data vektor berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG), sosial, demografis, cuaca, model elevasi digital, dan lapisan data iklim. Pengguna juga dapat menambahkan dan membuat data sendiri dan untuk deteksi perubahan, tren peta, dan mengukur permukaan bumi tidak seperti sebelumnya yang mencakup area sekitar vegetasi pemantauan, pemetaan, penilaian ekosistem [17].

**2.3. Klasifikasi Terbimbing (supervised)**

Teknik klasifikasi *supervised* atau terbimbing dapat diartikan sebagai Teknik klasifikasi yang diawasi. Menurut Projo Danoedoro (1996) klasifikasi *supervised* ini melibatkan interaksi analisis secara intensif, dimana analisis menuntun proses klasifikasi dengan identifikasi objek pada citra (*training area*). Sehingga pengambilan sampel perlu dilakukan dengan mempertimbangkan pola *spectral* pada setiap panjang gelombang tertentu, sehingga diperoleh daerah acuan yang baik untuk mewakili suatu objek tertentu proses klasifikasi dengan pemilihan kategori informasi yang diinginkan dan memilih *training area* untuk tiap kategori penutupan lahan yang mewakili sebagai kunci interpretasi merupakan klasifikasi terbimbing.

Klasifikasi terbimbing digunakan data penginderaan jauh multispectral yang berbasis numerik, maka pengenalan polanya merupakan proses otomatis dengan bantuan komputer. Klasifikasi citra dianggap benar jika hasil perhitungan *confusion matrix*  $\geq 80\%$  [18].

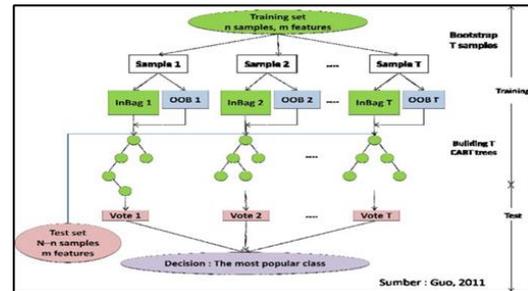
**2.4. Penggunaan Lahan**

Penggunaan Lahan adalah setiap bentuk campur tangan (intervensi) manusia terhadap lahan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya baik material maupun spiritual. Penggunaan lahan dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok besar yaitu, penggunaan lahan pertanian dan penggunaan lahan bukan pertanian. Penggunaan lahan secara umum tergantung pada kemampuan lahan dan pada lokasi lahan. Untuk aktivitas pertanian, penggunaan lahan tergantung pada kelas kemampuan lahan yang diberikan oleh adanya perbedaan pada sifat-sifat yang menjadi penghambat bagi penggunaannya seperti tekstur tanah, lerang permukaan tanah, kemampuan menahan air dan tingkat erosi yang telah terjadi. Penggunaan lahan juga tergantung pada lokasi, khususnya untuk daerah-daerah pemukiman, lokasi industri, maupun untuk daerah-daerah rekreasi [19].

**2.5. Random Forest**

*Random Forest* melakukan proses klasifikasi dengan metode non-parametrik *Random Forest Classifier*. *Random Forest* merupakan suatu kumpulan dari beberapa *tree*, dimana masing-masing *tree* bergantung pada nilai piksel pada tiap vector yang diambil secara acak dan independen. *Random Forest* tidak berkecenderungan untuk *overfit* dan dapat melakukan proses dengan cepat, sehingga memungkinkan untuk memperses *tree* sebanyak yang diinginkan oleh pengguna. Dalam pembentukan *tree*, algoritma *Random Forest* akan melakukan training terhadap sampel data. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara *sampling with replacement*. Sebanyak sepertiga dari sampel yang akan digunakan untuk menentukan data *out of bag* (OOB). Penentuan data *out of bag* dilakukan untuk mengestimasi *error* dan menentukan *variable importance*. *Variable* yang akan digunakan untuk menentukan pemisahan (*split*) terbaik ditentukan secara acak.

Setelah seluruh *tree* terbentuk, maka proses klasifikasi akan berjalan. Penentuan kelas dilakukan dengan cara *voting* dari masing-masing *tree*, kelas dengan jumlah *vote* terbanyak akan menjadi pemenangnya. Gambar 2.1 menampilkan alur kerja algoritma *Random Forest* [20].



Gambar 2.1 Proses Klasifikasi Random Forest.

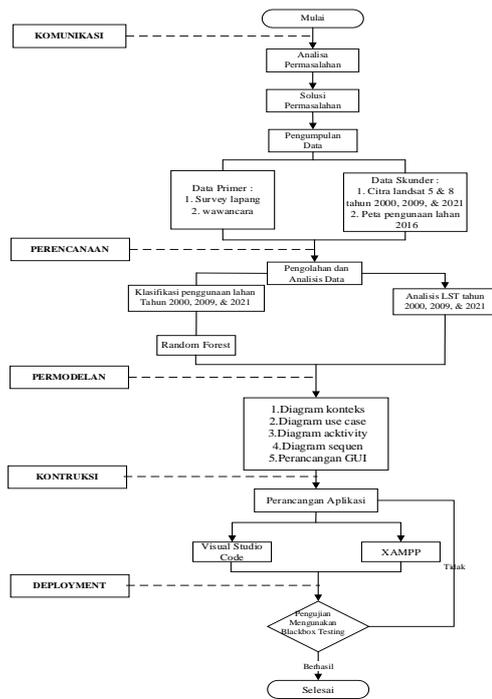
**2.6. Urban Heat Island**

*Urban Heat Island* (UHI) atau Pulau Panas Perkotaan adalah suatu fenomena dimana daerah perkotaan memiliki suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah pedesaan. UHI ini ibarat sebagai kubah raksasa yang memerangkapkan panas pada suatu kota. Pemakaian AC serta alat-alat listrik lain untuk mendinginkan suhu dalam ruangan, sesungguhnya menjadi salah satu faktor pembentuk UHI. Kubah raksasa ini terbentuk dari beberapa elemen yang terdapat di dalam kota tersebut. Permukaan kota yang terdiri dari aspal dan beton umumnya lebih panas pada siang hari dibandingkan dengan daerah yang bervegetasi. Permukaan buatan manusia ini sangat efisien untuk menyimpan energi surya, mengubahnya menjadi energi panas, dan melepaskannya pada malam hari, menciptakan suatu wilayah dengan udara yang panas di sekitar kota yang dikenal sebagai *heat island* (pulau panas perkotaan) [3].

**2.7. UML (Unified Modeling Language)**

*Unified Modelling Language* (UML) merupakan bahasa pemodelan dapat digunakan untuk perancangan bangun berorientasi-objek. UML dapat digunakan untuk spesifikasi, visualisasi, dan dokumentasi sistem pada fase pengembangan. UML dapat dikatakan merupakan alat bantu standar dalam bahasa pemodelan yang terdiri dari kode semu, kode aktual, gambar, diagram, atau bagian deskripsi yang panjang. Hal ini terbukti dengan diterimanya UML sebagai standar oleh *Object Management Group* (OMG), konsorium terbesar di bidang bisnis-objek, sehingga UML banyak diadopsi dan digunakan oleh banyak produsen perangkat lunak [21].

3. METODE PENELITIAN



Gambar 3.1 Metode Perancangan Sistem.

3.1. Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam penulisan penyusunan naskah ini meliputi tiga bagian pokok yaitu metode pengumpulan data, pengolahan data dan metode perancangan sistem.

Dalam tahap pengumpulan data peneliti melakukan pengumpulan data meliputi : Citra Landsat 5 tahun 2000, 2009, Citra Landsat 8 tahun 2021, land use Kota Bogor tahun 2016, batas administrasi Kota Bogor yang bersumber dari BAPPEDA Kota Bogor, dan obsevasi lapang.

3.2. Metode Pengolahan Data

Pada tahap pengolaha data klasifikasi penggunaan lahan peneliti menggunakan data land use Kota Bogor tahun tahun 2016 dan melakukan observasi kelapangan untuk mengambil sebuah sampel, Adapun sampel yang di ambil yaitu : hutan, lahan terbangun, badan air, lahan terbuka, sawah, kebun, dan semak belukar. Pengolahan data hasil observasi di overlaykan dengan data land use Kota Bogor pada platform Google Earth Engine guna mengambil sampel pada Google Earth Engine menggunakan metode Klasifikasi Terbimbing (Supervised) dan Random Forest adapun proses uji akurasi penggunaan lahan menggunakan kappa akurasi untuk melihat tingkat kesalahan yang terjadi pada klasifikasi area contoh sehingga dapat ditentukan besarnya persentase ketelitian pemetaan. Persamaan akurasi kappa dapat dinyatakan dengan rumusan sebagai berikut:

User's Accuracy

$$= \left( \frac{X_{ii}}{X_i} + i \right) \times 100\% = 100\%$$

Producer's Accuracy

$$= \left( \frac{X_{ii}}{X_1} + x \right) 100\% = 100\%$$

Overall Accuracy

$$= \left( \sum i = i \frac{X_{ii}}{N} \right) \times 100\%$$

Kappa Accuracy

$$= \left[ \frac{(N \sum_i^r = 1 x_{ii} - \sum_i^r = 1 x_i + x + 1)}{N^2 - \sum_i^r = 1 x_i + x + i} \right] \times 100\%$$

Keterangan :

N = Banyaknya piksel dalam sampel

X<sub>1+</sub> = Jumlah piksel dalam baris ke-i

X<sub>+1</sub> = Jumlah piksel dalam kolom ke-i

X<sub>ii</sub> = Nilai diagonal dari matrik kontingensi baris-ke-I dan kolom ke-i

Adapun tahap analisis Land Surface Temperature. Pada tahap analisis Land Surface Temperature ini peneliti menggunakan data Citra Landsat 5 dan 8 tahun 2000, 2009, dan 2021 yang di dapat pada platform Google Earth Engine dengan metode perhitungan sebagai berikut yang bersumber dari Setyo Adhi Nugroho [9] untuk mendapatkan informasi suhu permukaan dengan nilai celcius :

$$BRIGTRNSS\ TEMP \rightarrow RADIANCE$$

$$\text{Spektral radian (Radiance)}\ L\lambda = ML * Q_{cal} + AL$$

Dimana : ML = factor skala

AL = factor penambah

$$RADIANCE \rightarrow KELVIN$$

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{CVR2}\right) + 1}$$

Dimana :

T = Suhu

CVR = Nilai Radiance Pada ban Thermal

K1 dan K2 = Tetapan

$$KELVIN \rightarrow CELCIUS$$

$$CELCIUS = KELVIN - 273.15$$

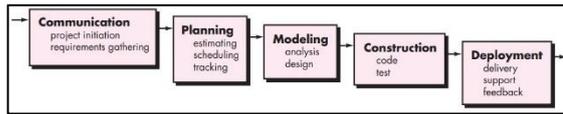
Dimana :

Nol dalam skala celcius samadengan 273.15

3.3. Metode Perancangan Sistem

Mengacu pada model Waterfall yang telah dibahas pada landasan teori bahwa Model waterfall adalah model klasik yang bersifat sistematis, berurutan dalam membangun software. Nama model ini sebenarnya adalah "Linear Sequential Model". Model ini sering disebut dengan "Classic Life Cycle" atau model waterfall. Tahapan utama dari model waterfall langsung mencerminkan aktifitas pengembangan dasar. Terdapat 5 tahapan pada

model *waterfall*, yaitu *communication, planning, modelling, construction, deployment*. Seperti Gambar

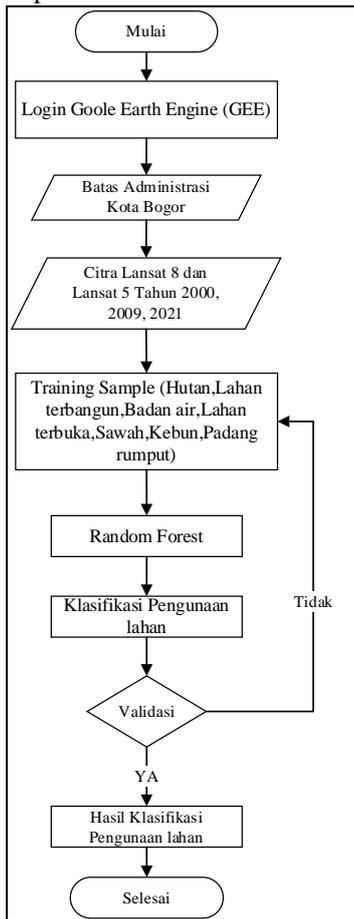


Gambar 3.2 Metode Waterfall (Roger S. Pressman, 2014).

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1. Pengolahan dan Analisis Data

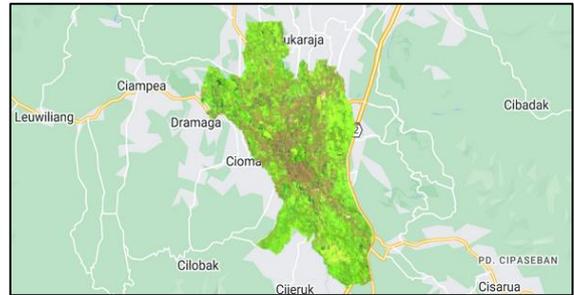
Pengolahan dan Analisis Data merupakan data spasial yang digunakan diantaranya data Citra Landsat 5 tahun 2000, 2009, Landsat 8 tahun 2021 dan batas administrasi Kota Bogor. Berikut yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Flowchart Pengolahan Data Spasial Di GEE.

4.2. Klasifikasi Penggunaan Lahan

Pada tahap Klasifikasi Penggunaan Lahan ini peneliti menggunakan data skunder yaitu wilayah Administrasi Kota Bogor untuk mendapatkan wilayah geografisnya. Selanjutnya *export* data ke dalam *Google Earth Engine* untuk proses identifikasi penggunaan lahan di kota bogor. Citra Landsat yang digunakan dalam melakukan identifikasi yaitu citra Landsat 5 tahun 2000 dan 2009, citra Landsat 8 tahun 2021 menggunakan Ban 5, 4, dan 3 untuk Landsat 5 dan Band 6, 5, dan 4 untuk Lansat 5 & Landsat 8 seperti Gambar 4.2 , 4.3 , dan 4.4.



Gambar 4. 2 Visualisasi GEE Citra Landsat 5 Tahun 2000 Kombinasi Band 5, 4, dan 3.



Gambar 4. 3 Visualisasi GEE Citra Landsat 5 Tahun 2009 Band 5, 4, dan 3.



Gambar 4. 4 Visualisasi GEE Citra Landsat 8 Tahun 2021 Band 6, 5, dan 4.

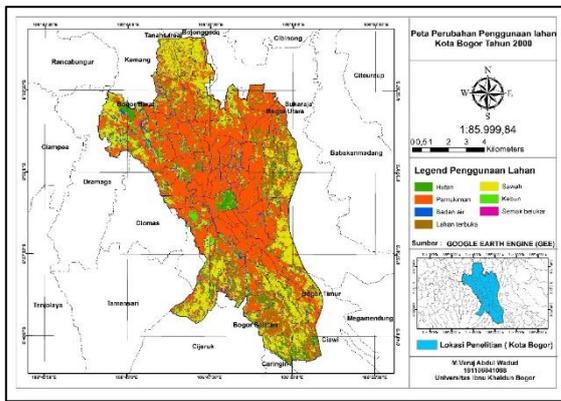
4.3. Analisis Penggunaan Lahan Tahun 2000, 2009, & 2021 Pada *Google Earth Engine* (GEE)

Analisis penggunaan lahan pada tahap ini melakukan proses klasifikasi penggunaan lahan menggunakan data yang sudah di ambil melalui hasil observasi dan membuat *training sample* berupa objek hutan, lahan terbangun, badan air, lahan terbuka, sawah, kebun, dan semak belukar hasil dari *training sample* yang sudah dibuat diklasifikasikan menggunakan metode *random forest* dan dilakukan juga proses uji akurasi menggunakan kappa akurasi.

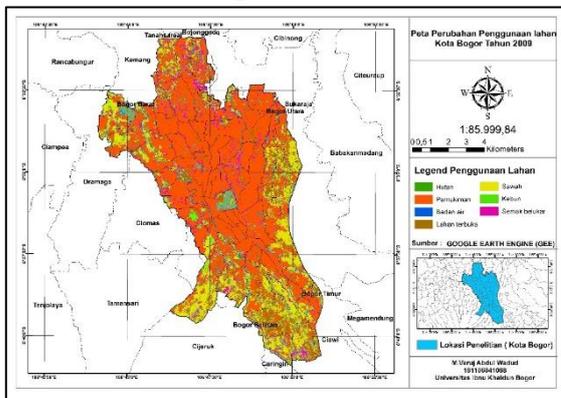
```
// klasifikasi random Forest
var classifier = ee.Classifier.smileRandomForest({numberOfTrees:7,seed:0}).train({
  features: training,
  classProperty: 'Landcover',
  inputProperties: bands
});
```

Gambar 4.5 Source Code Clasifikasi Random Forest.

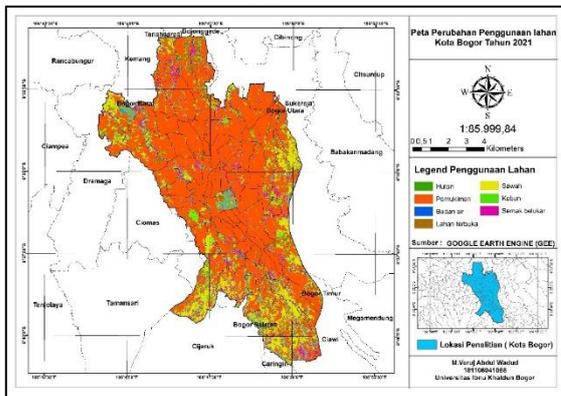
*Source code* diatas untuk mendefinisikan *classifier* yaitu algoritma *random forest* lalu mentrain yang terdiri dari *features : training, classProperty: Landcover* dan *input Properties: Band*. Tampilan identifikasi lahan hutan berwarna hijau tua, lahan terbangun merah, badan air biru, lahan terbuka coklat, sawah kuning, kebun hijau muda, semak belukar ungu, seperti Gambar 4.6 ,4.7 ,dan 4.8.



Gambar 4. 6 Peta Area Penggunaan Lahan Tahun 2000.



Gambar 4. 7 Peta Area Penggunaan Lahan Tahun 2009.



Gambar 4. 8 Peta Area Penggunaan Lahan Tahun 2021.

Adapun proses uji akurasi kappa dari hasil klasifikasi penggunaan lahan tahun 2021 yang bersumber dari Shopia R. Sampurno [11], *evaluasi* akurasi di lakukan untuk melihat tingkat kesalahan yang terjadi pada klasifikasi area contoh sehingga dapat ditentukan besaran *persentase* ketelitian pemetaan. Akurasi ketelitian pemetaan di lakukan dengan membuat tabel kesalahan (*confusion matrix*) adapun akurasi yang bisa dihitung berdasarkan tabel kesalahan antara lain, *User's accuracy*, *Producer's accuracy* dan *Overall accuracy*. Berikut hasil uji akurasi kappa yang sudah dibuat pada Tabel 4.1 :

Tabel 4. 1 Akurasi Kappa Tahun 2021

Kelas	Lokasi Hasil Ground Check Lapangan							Total Baris	Ucer Accuracy
	HN	LT	BA	LK	SH	KN	SM		
HN	30	0	0	0	0	0	0	30	100,00
LT	0	26	0	2	1	1	0	30	86,67
BA	0	0	28	0	2	0	0	30	93,33
LK	0	0	0	28	1	1	0	30	93,33
SH	0	0	0	2	26	2	0	30	86,67
KN	0	0	0	3	0	27	0	30	90,00
SM	0	2	0	0	0	2	26	30	86,67
Total Kolom	30	28	28	35	30	33	26		
Producer Accuracy	100,00	92,86	100,00	80,00	86,67	81,82	100,00		

Note: (HN)Hutan, (LT)Lahan terbangun, (BA)Badan air, (LK)Lahan terbuka, (SH)Sawah, (KN)Kebun, (SM)Semak belukar.

1. Akurasi Pembuat / *Producer's Accuracy*

Dihitung dengan menghitung persentase unit analisis yang terklasifikasi benar dengan jumlah unit analisis pada kelas tersebut pada data referensi.

$$HN = \frac{30}{30} \times 100\% = 96,77\%$$

$$LT = \frac{26}{28} \times 100\% = 96,55\%$$

$$BA = \frac{28}{28} \times 100\% = 96,55\%$$

$$LK = \frac{28}{35} \times 100\% = 82,86\%$$

$$SH = \frac{26}{30} \times 100\% = 96,30\%$$

$$KN = \frac{27}{33} \times 100\% = 87,10\%$$

$$SM = \frac{26}{26} \times 100\% = 96,43\%$$

2. Akurasi Pengguna / *User's Accuracy*

Dihitung dengan menghitung persentase unit analisis yang terklasifikasi benar dengan jumlah unit analisis pada kelas tersebut pada data hasil klasifikasi.

$$HN = \frac{30}{30} \times 100\% = 100,00\%$$

$$LT = \frac{26}{30} \times 100\% = 93,33\%$$

$$BA = \frac{28}{30} \times 100\% = 93,33\%$$

$$LK = \frac{28}{30} \times 100\% = 96,67\%$$

$$SH = \frac{26}{30} \times 100\% = 86,67\%$$

$$KN = \frac{27}{30} \times 100\% = 90,00\%$$

$$SM = \frac{26}{30} \times 100\% = 90,00\%$$

3. Akurasi Keseluruhan / *Overall Accuracy*

Perhitungan akurasi keseluruhan didapat dari perbandingan sampel yang terhitung tanpa *error* dengan keseluruhan total sampel. Perhitungan secara matematis sebagai berikut:

$$OA = \left( \frac{30+26+28+28+26+27+26}{210} \right) \times 100\% = \left( \frac{195}{210} \right) \times 100\% = 90.95\%$$

4. *Kappa Accuracy*

$$\left[ \frac{(N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r x_i + x + 1)}{N^2 - \sum_{i=1}^r x_i + x + i} \right] \times X 100\%$$

$$\sum_{i=1}^r (x_i + x_{i+1}) = (30 + 26 + 28 + 28 + 26 + 27 + 26) = 191$$

$$\sum_{i=1}^r x_{ii} = (30 \times 30) + (28 \times 30) + (28 \times 30) + (35 \times 30) + (30 \times 30) + (33 \times 30) + (26 \times 30) = 6.300$$

$$KA = \left( \frac{(191 \times 210) - 6.300}{(210^2) - 210} \right) \times 100\% = 89.44\%$$

Hasil analisa perhitungan didapatkan nilai *Overall accuracy* sebesar 92,86%, berdasarkan studi literatur *Accuracy assessment* bisa diterima dengan nilai kappa  $\geq 70\%$ . Hasil penelitian ini didapatkan nilai Koefisien kappa 91,67%. Hal ini menunjukkan bahwa nilai koefisien kappa dapat diterima dan cukup signifikan.

Adapun Grafik Luasan penggunaan lahan pada tahun 2000, 2009, & 2021 di tunjukan pada Gambar 4.9 :



Gambar 4. 9 Grafik Penggunaan Lahan tahun 2000, 2009, & 2021 Di Kota Bogor

Adapun total luasan area penggunaan lahan tahun 2000,2009 dan 2021 ditunjukkan pada Tabel 4.2 :

Tabel 4. 2 Luas Penggunaan Lahan Tahun 2000, 2009, & 2021

Analisa Penggunaan Lahan							
No	Kelas Penggunaan Lahan	2000		2009		2021	
		Luasan (Ha)	Persentase (%)	Luasan (Ha)	Persentase (%)	Luasan (Ha)	Persentase (%)
1	Hutan	772,88	7%	743,16	7%	716,28	6%
2	Pemukiman	4.709,67	42%	5.249,89	47%	5.913,12	53%
3	Badan air	318,35	3%	299,17	3%	251,22	2%
4	Lahan terbuka	1.505,44	14%	1.345,81	12%	1.163,11	10%
5	Sawah	2.272,26	20%	2.062,33	19%	1.936,33	17%
6	Kebun	751,67	7%	644,47	6%	505,16	5%
7	Semak Belukar	808,39	7%	793,83	7%	653,44	6%
Total Area Penggunaan lahan		11.138,66		11.138,66		11.138,66	

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat di simpulkan pada tahun 2000, 2009, & 2021 penggunaan lahan hutan, badan air, lahan terbuka, sawah, kebun, dan semak belukar mengalami penurunan sedangkan area lahan terbangun mengalami peningkatan area disetiap tahunnya hal tersebut terjadi karena *konversi* lahan terbuka, sawah, dan kebun banyak yang menjadi area pemukiman atau lahan

terbangun lainnya hal tersebut menyebabkan lahan terbuka, sawah, dan kebun mengalami penurunan di setiap tahun nya.

#### 4.4. Pengolahan *Land Surface Temperature* Pada *Google Earth Engine* (GEE)

Pada tahap ini *Land Surface Temperature* digunakan dengan objek hutan, lahan terbangun, badan air, lahan terbuka, sawah, kebun, padang rumput. Adapun *source code* dalam menganalisis data pada *Google Earth Engine* sebagai berikut:

```
var LS5REF = ee.ImageCollection("LANDSAT/LT05/C01/T1_TOA") //Citra Landsat 5 yang telah terreflektan
LS5REF.filterDate('2000-01-01', '2000-12-31') //Tanggal perekaman citra
LS5REF.filterBounds(Bogor) //Batasan lokasi
LS5REF.median() //mengumpulkan sekumpulan citra dalam satu layer dengan fungsi nilai median
LS5REF.clip(Bogor);

//menampilkan / memvisualisasikan citra berwarna
var RGBTrue = LS5REF.select(['B4', 'B3', 'B2']); //menampilkan citra berwarna
var RGBparam = { min: 0, max: 0.3,}; //nilai yang sudah terkalibrasi / reflectan
Map.addLayer(RGBTrue, RGBparam, 'Ref_L5_432'); //manampilkan map kedalam layer
```

```
var dataset = ee.ImageCollection("LANDSAT/LT05/C01/T1") //Citra Landsat 5 tir 1 raw
dataset.filterDate('2000-01-01', '2000-12-31') //Tanggal perekaman citra
dataset.filterBounds(Bogor) //Batasan lokasi
```

```
dataset.filter(ee.Filter.lt('CLOUD_COVER',10)) //memfilter bagian" dengan tutupan awan kurang dari 10%
dataset.select ("B6"); //menselek ban termal infrared yaitu ban 6
```

```
var first = dataset.first(); //memilih salah satu sin dari citra
var A = first.get('RADIANCE_ADD_BAND_6');
var B = first.get('RADIANCE_MULT_BAND_6');
var K1 = first.get('K1_CONSTANT_BAND_6');
var K2 = first.get('K2_CONSTANT_BAND_6');

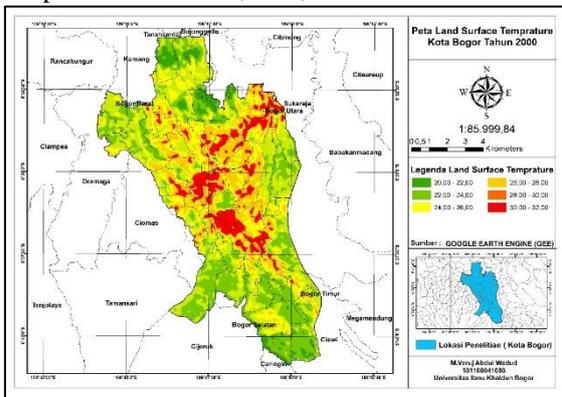
//mendapatkan nilai A,B,K1,K2
```

```

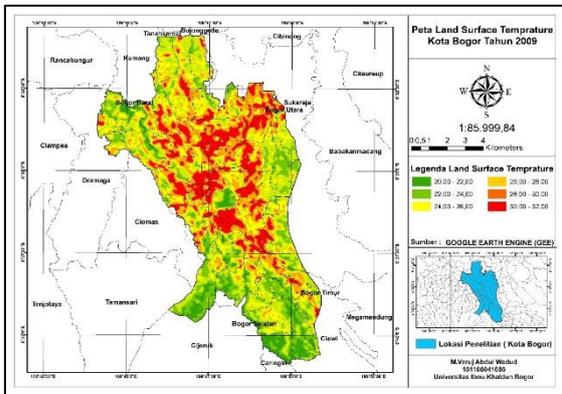
print (A);
print (B);
print (K1);
print (K2);

var          Celcius          =
dataset.map(function(img) {
  var id= img.id();
  return      img.expression
('((1260.56/(log(607.76/((TIR*0.0
55374)+1.1)+1)))-
273.15)', {'TIR':img})
  .rename('B6')
  .copyProperties      (img,
['system:time_start'])
});

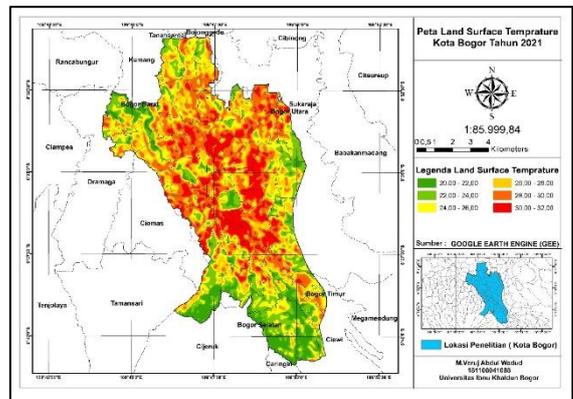
var          celciusmean      =
Celcius.mean().clip(Bogor);
var param = {min:21, max:32,
palette:['blue','limegreen','yell
ow','darkorange', 'red']};
Map.addLayer(celciusmean, param,
'SUHU RATA-RATA Kota Bogor 2000');
Kemudian hasil dari source code diatas adalah
tampilan identifikasi Land Surface Temperature
seperti Gambar 4.10, 4.11, dan 4.12.
    
```



Gambar 4. 10 Peta Area Land Surface Temperature Tahun 2000

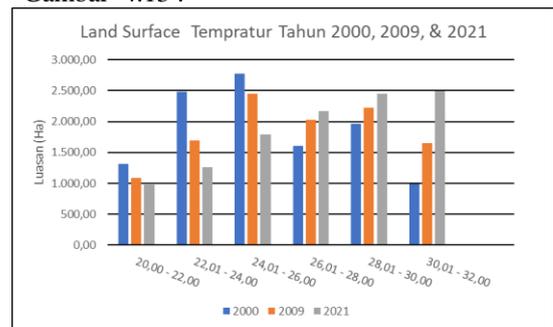


Gambar 4. 11 Peta Area Land Surface Temperature Tahun 2009



Gambar 4. 12 Peta Area Land Surface Temperature Tahun 2021

Adapun Grafik Land surface Temperature pada tahun 2000, 2009, & 2021 di tunjukan pada Gambar 4.13 :



Gambar 4. 13 Grafik Perubahan Luasan LST Tahun 2000, 2009, & 2021

Adapun total luasan area land Surface Temperature tahun 2000, 2009, dan 2021 di tunjukan pada Tabel 4.9 :

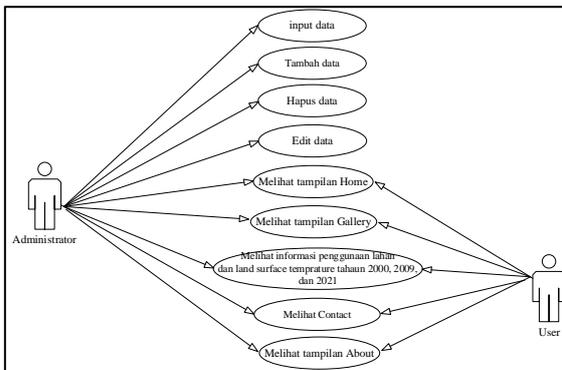
Tabel 4. 1 Luas Area Land Surface Temperature Tahun 2000, 2009, & 2021

Analisa Land Surface Temperature							
No	Suhu °C	2000		2009		2021	
		Luasan	%	Luasan	%	Luasan	%
1	20,00 - 22,00	1.318,62	12%	1.087,45	10%	983,82	9%
2	22,01 - 24,00	2.488,24	22%	1.697,16	15%	1.257,74	11%
3	24,01 - 26,00	2.771,80	25%	2.447,71	22%	1.785,68	16%
4	26,01 - 28,00	1.606,84	14%	2.031,12	18%	2.166,29	19%
5	28,01 - 30,00	1.967,85	18%	2.228,85	20%	2.447,55	22%
6	30,01 - 32,00	985,31	9%	1.646,37	15%	2.497,58	22%
Total Area suhu Kota Bogor		11.138,66		11.138,66		11.138,66	

Berdasarkan Tabel 4. 11 dan grafik 4.29 dapat di lihat bahwa suhu permukaan di Kota Bogor pada tahun 2000, 2009, & 2021 semakin meningkat disetiap tahunnya. suhu 20,00°C – 26,00°C padatahun 2000, 2009 dan 2021 mengalami penurunan pada setiap tahunnya hal itu disebabkan karena masih banyaknya lahan terbuka hijau dan lahan kosong. Sedangkan suhu kisaran 26,01°C – 32,00°C pada tahun 2000, 2009, dan 2021 mengalami peningkatan disetiap tahunnya hal tersebut disebabkan karena banyaknya lahan terbuka hijau dan lahan kosong yang menjadi kawasan pemukiman dan infrastrukturnya.

#### 4.5. Diagram Use Case

Diagram usecase menggambarkan kegiatan yang dilakukan aktor pada sistem. Adapun diagram usecase ditunjukkan pada Gambardibawah ini:



Gambar 4.5. Diagram usecase

5. Tampilan Sistem

1. Implementasi Halaman Home

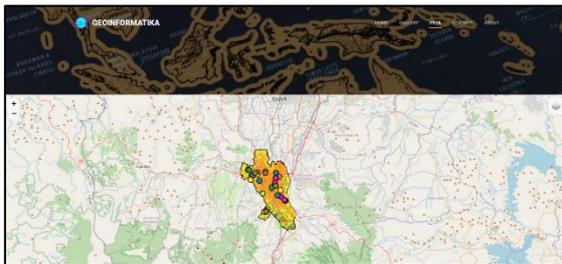
Halaman home ialah halaman utama ketika pertama kali web dibuka akan menampilkan halaman home secara otomatis, halaman home berisikan judul dan deskripsi dari web. Implementasi menu utama disajikan pada gambar berikut :



Gambar 5.1 Interface halaman home.

2. Implementasi Halaman Maps

Halaman Maps ialah halaman yang menampilkan Peta. Implementasi halaman maps/peta pada gambar berikut :



Gambar 5.2 Interface halaman Maps.

3. Implementasi Halaman About

Halaman About ialah halaman yang menampilkan deskripsi tentang topik penelitian. Implementasi halaman about pada gambar berikut :

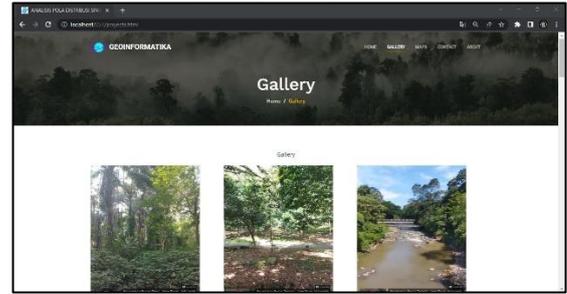


Gambar 5.3 Interface halaman About.

4. Implementasi Halaman Gallery

Halaman Gallery ialah halaman yang menampilkan

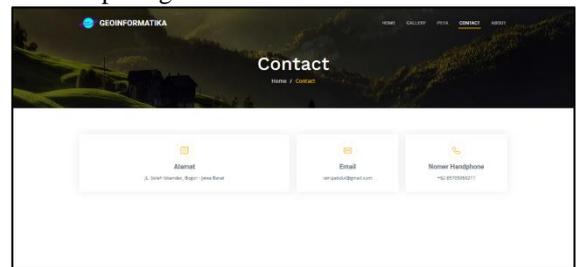
contoh penggunaan lahan penelitian. Implementasi halaman Gallery pada gambar berikut :



Gambar 5.4 Interface halaman About.

5. Implementasi Halaman Contact

Halaman Contact ialah halaman yang menampilkan alamat, E-mail dan nomor handphone penelitian. Implementasi halaman Contact pada gambar berikut :



Gambar 5.5 Interface halaman Contact.

6. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian Sistem Penetapan Analisis Pola Distribusi Spasial Urban Heat Island di Kota Bogor dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil penelitian penggunaan lahan di Kota Bogor tahun 2000, 2009 dan 2021 dapat disimpulkan kawasan perkotaan selalu mengalami pertumbuhan hal itu menyebabkan area lahan terbangun terus meningkat di setiap tahunnya.
2. Hasil penelitian menunjukkan pola distribusi Urban Heat Island (UHI) di Kota Bogor tahun 2000, 2009 dan tahun 2021 mengalami peningkatan suhu hal tersebut disebabkan karena infrastruktur di area perkotaan selalu mengalami pertumbuhan menyebabkan area lahan terbuka hijau semakin berkurang.
3. Pengaplikasian dalam bentuk WEBGIS yang telah dikembangkan menampilkan informasi berupa penggunaan lahan, land surface temperature tahun 2000, 2009 dan 2021, jenis penggunaan lahan, suhu permukaan, luasan area, nama desa, nama kecamatan dan titik kordinat.

PUSTAKA

S. Hermanto, A. Makalew, and B. Sulistyantara, "Hubungan Antara Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Total Penduduk Yang

- Dipengaruhi Oleh Fenomena Urbanisasi Di Bogor, Jawa Barat,” *J. Lanskap Indones.*, vol. 10, no. 1, pp. 7–11, 2018, doi: 10.29244/jli.v10i1.17397.
- N. Fawzi, “Mengukur Urban Heat Island Menggunakan Penginderaan Jauh, Kasus Di Kota Yogyakarta,” *Maj. Ilm. Globe*, vol. 19, no. 2, pp. 195–206, 2017.
- A. Utomo, A. Suprayogi, and B. Sasmito “Analisis Hubungan Variasi Land Surface Temperature Dengan Kelas Tutupan Lahan Menggunakan Data Citra Satelit Landsat (Studi Kasus : Kabupaten Pati),” *J. Geod. UndipJurnal Geod. Undip*, vol. 6, no. April, pp. 71–80, 2017.
- D. Sadewa, E. Hermawan, and I. Yanuarsyah, “Identifikasi Pola Perubahan Urban Sprawl Menggunakan *Cloud Computing Google Earth Engine* Berbasis Web Gis (Studi Kasus : Kecamatan Jonggol, Jawa Barat),” *INFOTECH J.*, pp. 41–48, 2021, doi: 10.31949/infotech.v7i2.1365.
- B. Frasetya, Y. Setiati, R. Septianugraha, and G. Muhammad, “Pemanfaatan Citra Landsat 8 dan *Google Earth* untuk Identifikasi Lahan Sawah di Kecamatan Cibiru Kota Bandung,” *Agroteknologi Trop.*, vol. 7, no. 3, pp. 428–436, 2018.
- M. Sheykhmousa, M. Mahdianpari, H. Ghanbari, F. Mohammadimanes, P. Ghamisi, and S. Homayouni, “*Support Vector Machine Versus Random Forest For Remote Sensing Image Classification: A Meta-Analysis And Systematic Review*,” *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.*, vol. 13, pp. 6308–6325, 2020, doi: 10.1109/JSTARS.2020.3026724.
- S. Mukmin, A. Wijaya, and A. Sukmono “Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Distribusi Suhu Permukaan Dan Keterkaitannya Dengan Fenomena Urban Heat Island,” *J. Geod. Undip*, vol. 5, no. 1, pp. 224–233, 2016.
- K. Wibowo, I. Kanedi, and J. Jumadi “Sistem Informasi Geografis (Sig) Menentukan Lokasi Pertambangan Batu Bara Di Provinsi Bengkulu Berbasis Website,” *J. Media Infotama*, vol. 11, no. 1, pp. 223–260, 2021.
- D. Seprila, S. Bandi, and Y. Bambang, “Analisis Fenomena *Urban Heat Island* Serta Mitigasinya (Studi Kasus : Kota Semarang),” *J. Geod. Undip*, vol. 7, no. 3, pp. 77–87, 2018.
- S. Nugroho, A. Wijaya, and A. Sukmono, “Analisis Pengaruh Perubahan Vegetasi Terhadap Suhu Permukaan di Wilayah Kabupaten Semarang Menggunakan Metode Penginderaan Jauh,” *Skripsi Univ. Diponegoro*, vol. 4, p. 42, 2015.
- N. Wachid and W. Tyas, “Analisis Transformasi NDVI dan kaitannya dengan LST Menggunakan Platform Berbasis Cloud: *Google Earth Engine*,” *J. Planologi*, vol. 19, no. 1, pp. 60–74, 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.unissula.ac.id/index.php/psa/article/view/20199/6864>
- R. Sampurno and A. Thoriq, “Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) Di Kabupaten Sumedang,” *J. Teknotan*, vol. 10, no. 2, pp. 61–70, 2016, doi: 10.24198/jt.vol10n2.9.
- R. Nuraeni, S. Sitorus, and D. Panuju, “Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Dan Arahan Penggunaan Lahan Wilayah Di Kabupaten Bandung,” *Bul. Tanah dan Lahan*, vol. 1, no. 1, pp. 79–85, 2017.
- L. Ratnawati and D. R. Sulistyningrum, “Penerapan Random Forest untuk Mengukur Tingkat Keparahannya Penyakit pada Daun Apel,” *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 8, no. 2, 2020, doi: 10.12962/j23373520.v8i2.48517.
- N. Sidhu, E. Pebesma, and G. Cãmara, “*Using Google Earth Engine to detect land cover change: Singapore as a use case*,” *Eur. J. Remote Sens.*, vol. 51, no. 1, pp. 486–500, 2018, doi: 10.1080/22797254.2018.1451782.
- N. Winda, A. Nugraha, and A. Suprayogi “Pemetaan Multi Hazards Berbasis Sistem Informasi Geografis Di Kabupaten Demak Jawa Tengah,” *J. Geod. Undip*, vol. 4, no. 4, pp. 181–190, 2015.
- O. Mutanga and L. Kumar, “*Google earth engine applications*,” *Remote Sens.*, vol. 11, no. 5, pp. 11–14, 2019, doi: 10.3390/rs11050591.
- A. Marwati, Y. Prastyo, and A. Suprayogi “Analisis Perbandingan Klasifikasi Tutupan Lahan Kombinasi Data Point Cloud Lidar Dan Foto Udara Berbasis Metode Segmentasi Dan Supervised (Studi Kasus: Tanggamus, Lampung),” *J. Geod. Undip*, vol. 7, no. 1, pp. 36–45, 2018.
- I. Maulana, D. Syafruddin, and Sodikin “Analisis Faktor Perubahan Penggunaan Lahan di Kabupaten Bekasi pada Tahun 2015 dengan Aplikasi Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh,” *Skripsi*, no. Jakarta: Jurusan Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial UIN Syarif Hidayatullah, 2018.
- J. Widiastuti, “Klasifikasi Pembiayaan Warung Mikro Menggunakan Metode Random Forest Dengan Teknik Sampling Kelas Imbalanced,” *Biomass Chem Eng*, vol. 3, no. 2, p. 2018.
- K. Hamilton, and R. Miles *Learning UML 2.2.0-1*. 2016.
- R. Baxter, *Software engineering is software engineering*. 2006. doi: 10.1049/ic:20040411.