

Analisis Transformasi NDVI dan kaitannya dengan LST Menggunakan Platform Berbasis Cloud: Google Earth Engine

Nur Wachid¹, Wido Prananing Tyas¹

¹Magister Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Indonesia,
Corresponding Author, e-mail : nur.wachid.smg@gmail.com

ABSTRACT

This paper aims to convey the results of the study in the form of detecting the vegetation index and its relation to land surface temperature. Landsat data was taken between 2016 and 2021 in Semarang City, while the method used was spatio-temporal remote sensing with LST and NDVI algorithms, processed using the Google Earth Engine cloud-based platform with open source code. The results of the analysis in 2016 and 2021 in Semarang City, the largest NDVI transformation occurred in the low vegetation class, which increased by 26.80% and the decrease occurred in the high vegetation class by 19.65%. Meanwhile, the largest LST transformation was a decrease of 110.42% in temperature classes > 30°C from 6196.68 Ha to 2944.98 Ha, and an increase in temperature class from 24 - 26°C from 445.59 Ha to 2057.76 Ha. The results of the linear correlation test between NDVI and LST in 2016 obtained the equation $y = -6.7124x + 33.042$ with $R^2 = 0.4758$, while in 2021 it was $y = -6.5081x + 32.203$ with $R^2 = 0.5316$. This phenomenon requires great attention, because NDVI is strongly correlated with LST decline, so it is absolutely necessary to control it through spatial planning policies.

Keywords: LST, NDVI, Google Earth Engine, Remote Sensing

ABSTRAK

Tulisan ini bertujuan untuk menyampaikan hasil kajian berupa pendeteksian indeks vegetasi dan kaitannya dengan suhu permukaan tanah. Data Landsat diambil antara tahun 2016 dan 2021 di Kota Semarang, sedangkan metode yang digunakan adalah penginderaan jauh spatio-temporal dengan algoritma LST dan NDVI, diolah menggunakan platform berbasis cloud *Google Earth Engine* dengan kode sumber terbuka. Hasil analisis pada tahun 2016 dan 2021 di Kota Semarang, transformasi NDVI paling besar terjadi pada kelas vegetasi rendah yaitu meningkat 26.80% dan penurunan terjadi pada kelas vegetasi tinggi sebesar 19.65%. Sedangkan transformasi LST terbesar terjadi penurunan 110.42% pada kelas kelas suhu > 30°C dari 6196.68 Ha menyusut menjadi 2944.98 Ha, dan terjadi peningkatan kelas suhu 24 - 26°C dari 445.59 Ha menjadi 2057.76 Ha. Hasil uji korelasi linear antara NDVI dan LST tahun 2016 diperoleh persamaan $y = -6.7124x + 33.042$ dengan $R^2 = 0.4758$, sedangkan tahun 2021 yaitu $y = -6.5081x + 32.203$ dengan $R^2 = 0.5316$. Fenomena ini memerlukan perhatian yang besar, karena NDVI berkorelasi kuat terhadap penurunan LST, sehingga mutlak diperlukan pengendaliannya melalui kebijakan penataan ruang.

Kata kunci: LST, NDVI, Google Earth Engine, Penginderaan Jauh

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya populasi perkotaan menjadi masalah serius bagi seluruh kota di dunia, karena memiliki dampak signifikan pada peningkatan *Land Surface Temperature (LST)* dan memiliki pengaruh linear terhadap pertumbuhan perkotaan (Mathew, Khandelwal, & Kaul, 2018). Pertumbuhan perkotaan ini menyebabkan berkurangnya lahan bervegetasi dan meningkatnya lahan terbangun yang berdampak pada meningkatnya *LST* (Dede, Pramulatsih, Widiawaty, Ramadhan, & Ati, 2019). Peningkatan suhu permukaan tanah (*LST*) ini membuat daerah perkotaan mengalami suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah perdesaan di sekitarnya, atau yang dikenal sebagai efek *Urban Heat Island (UHI)* (Mathew et al., 2018; Sejati, Buchori, & Rudiarto, 2019; Voogt & Oke, 2003).

Vegetasi adalah mosaik komunitas tumbuhan dalam suatu lanskap (Kuchler, 1967). Data vegetasi sangat penting serta merupakan dasar guna pemanfaatan dan konservasi keanekaragaman hayati dan sumber daya alam lainnya. Data vegetasi dihimpun tidak hanya semata-mata untuk keperluan ilmiah, tetapi juga berbagai tujuan praktis, seperti pengumpulan hasil hutan, analisis kebencanaan, tata guna lahan, perlindungan tanah, tata air, penambangan, dan sebagainya. Menurunnya vegetasi dalam suatu wilayah dapat menimbulkan berbagai efek kebencanaan seperti kekeringan, banjir dan longsor, penurunan kesuburan tanah, kekeringan, erosi, bahkan menyumbang terhadap perubahan iklim global (Julianto, Putri, & Safi'i, 2021).

Deteksi *NDVI* dan *LST* dapat diekstraksi dari data citra *Landsat 8*. *NDVI* dianalisis menggunakan reflektansi dari *band Red* dan *NIR* dari citra *Landsat 8*, sedangkan suhu permukaan tanah dianalisis berdasarkan nilai radiasi pada band termal. Dengan penginderaan jauh, *LST* dapat dihitung dengan mudah untuk skala perkotaan yang lebih besar (Portela, Massi, Rodrigues, & Alcântara, 2021; Zhou, Qian, Li, Li, & Han, 2014). Namun, pada saat yang sama, tidak mudah untuk menangani dan memproses data *Earth Observation (EO)* yang ada dalam jumlah besar, karena data citra satelit ini terus meningkat. Menurut Ravanelli et al., (2018) banyak sekali citra *EO* yang diarsipkan dan kurang dimanfaatkan meskipun dengan infrastruktur komputasi dan analisis modern, terutama karena keterbatasan pemrosesan ketika dihadapkan dengan sejumlah besar data pada komputer dan perlunya keahlian teknis tinggi untuk mengolahnya.

Kemampuan komputasi telah meningkat pesat dalam beberapa tahun terakhir, instrumen komputasi yang canggih untuk mendukung investigasi dan analisis penginderaan jauh sangat diperlukan. *Google Earth Engine (GEE)* adalah instrument komputer dengan jutaan servernya di seluruh dunia, dan kemampuan komputasi awan terkini, yang dapat digunakan untuk melakukan analisis penginderaan jauh. *GEE* telah mengarsipkan katalog besar data observasi bumi (*EO*), dan memungkinkan ilmuwan dan peneliti untuk memanfaatkan triliunan citra satelit yang ada di *Cloud Computing* (Dong et al., 2016).

Berdasarkan uraian diatas, penelitian tentang NDVI dan LST ini penting untuk dilakukan, karena Kota Semarang merupakan salah satu kota dengan fenomena UHI (Sejati et al., 2019). Dengan bantuan software Sistem Informasi Geografis (SIG) berbagai teknik dan metode dilakukan untuk analisis data geospasial. Dalam penelitian ini untuk investigasi dan analisis NDVI dan LST menggunakan *Cloud Computing GEE*. Adapun keunggulan GEE ini yaitu dapat mengolah data citra satelit dalam jumlah besar (petabyte) tanpa perlu mendownloadnya. Hanya dengan menuliskan baris program Java Script dan Python pada web browser apapun, kita dapat melakukan proses data spasial sesuai kebutuhan. Selain itu tidak diperlukan komputer dengan spek tinggi untuk menganalisis data spasial seperti Software SIG lainnya, karena pemrosesan data berjalan di awan dan secara paralel di server Google (Gorelick et al., 2017).

2. METODOLOGI

a. Area Studi

Kota Semarang merupakan salah satu kota yang paling berkembang di Pulau Jawa dan sangat strategis karena berada pada posisi tengah – tengah pantai utara Jawa dan juga sebagai Ibukota Provinsi Jawa Tengah. Secara Astronomi kota Semarang berada antara garis 6°50' dan 7°10' Lintang Selatan dan antara 109°35' dan 110°50' Bujur Timur. Kota Semarang memiliki luas sebesar 373,70 Km² yang berbatasan dengan Kabupaten Demak di sebelah timur, Kabupaten Semarang di sebelah selatan Kabupaten Kendal di sebelah barat, dan sebelah utara dibatasi oleh Laut Jawa dengan panjang garis pantai 13,6 km.

Kota Semarang terdiri atas 16 Kecamatan dan 177 Kelurahan (Gambar 2.1). Kota ini menurut data BPS berpenduduk 1.653.524 jiwa pada tahun 2021, dengan tingkat pertumbuhan penduduk sebesar 1,57 persen dan rata-rata kepadatan penduduk di Kota

Semarang sebesar 4.425 penduduk/Km². Dalam penelitian ini, pembahasan difokuskan seluruh Kota Semarang.



Gambar 1. Peta Administrasi Kota Semarang
Sumber: One Map Kota Semarang, 2021

b. Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan yaitu data batas wilayah administrasi Kota Semarang yang didapat dari *OneMap* Semarang dari Dinas Penataan Ruang Kota Semarang dan citra Landsat 8 OLI tahun 2014-2022. Citra satelit yang dipakai merupakan hasil pengambilan tahun 2016 dan 2021. Citra satelit didapatkan dari usgs.gov (Arsip GEE).

c. Metodologi

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode penginderaan jauh (*remote sensing*) sedangkan analisis yang digunakan yaitu analisis *NDVI* dan analisis *LST*. Untuk analisis spasial *NDVI* dan *LST* secara temporal tahun 2016 dan 2021 menggunakan bantuan *GEE*. Setelah nilai *NDVI* dan *LST* diketahui maka dilakukan analisis korelasi spasial dan uji regresi linear sederhana antara *NDVI* terhadap *LST* Kota Semarang menggunakan *Software SIG QGIS 3.16.8-Hannover* dan Excel 2016.

1) Penginderaan Jauh dan Google Earth Engine

Teknologi penginderaan jauh telah dipelopori oleh *NASA* Amerika Serikat dengan diluncurkannya satelit sumber daya alam yang pertama, yang disebut *ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite)* pada tanggal 23 Juli 1972. Menyusul kemudian satelit

ERTS-2 (berganti nama menjadi Landsat 1, Landsat 2) dan diteruskan dengan seri-seri berikutnya, yaitu Landsat 3, 4, 5, 6, 7, 8 (Al Mukmin, Wijaya, & Sukmono, 2016) dan Landsat 9 yang berhasil diluncurkan pada tanggal 27 September 2021. Seri Landsat ini digunakan untuk analisis *spatio-temporal NDVI* dan *LST* di Kota Semarang.

Google Earth Engine (GEE) adalah platform berbasis *cloud* (awan) yang memudahkan untuk mengakses sumber daya komputasi berkinerja tinggi untuk memproses kumpulan data geospasial yang sangat besar, tanpa harus menggunakan software dan perangkat hardware yang rumit dan mahal (Gorelick et al., 2017; Hao et al., 2019). Menurut situs resmi GEE, GEE merupakan gabungan katalog multi-petabyte dari citra satelit dan kumpulan data geospasial dengan kemampuan analisis spasial dan dapat digunakan oleh ilmuwan, peneliti, dan pengembang untuk mendeteksi perubahan, tren peta, dan mengukur perbedaan yang ada di permukaan bumi. Pengguna dapat menganalisis kondisi hutan dan badan air, perubahan *LULC*, perubahan *NDVI* ataupun meneliti kondisi lahan pertanian.

2) Analisis *NDVI*

Data vegetasi sangat penting dan menjadi dasar penggunaan dan perlindungan keanekaragaman hayati dan sumber daya alam lainnya. Pengumpulan data vegetasi tidak hanya untuk tujuan ilmiah, tetapi juga untuk berbagai keperluan praktis, seperti pengumpulan hasil hutan, tata guna lahan, tata air, perlindungan tanah, analisis kebencanaan, pertambangan dan sebagainya (Julianto et al., 2021). Menurut KÜchler, (1967) vegetasi merupakan mozaik komunitas tumbuhan dalam lanskap. Dinamika kenaikan suhu permukaan yang sejalan dengan penurunan kerapatan vegetasi menunjukkan adanya interaksi antara kondisi lingkungan dan fenomena iklim (Dede et al., 2019).

NDVI adalah salah satu parameter yang digunakan untuk menganalisis kondisi vegetasi dari suatu wilayah. Perhitungan *NDVI* menganut prinsip bahwa tanaman hijau tumbuh secara sangat efektif dengan menyerap radiasi di daerah spektrum cahaya tampak (*PAR* atau *Photosynthetically Active Radiation*), lalu tanaman hijau memantulkan radiasi dari daerah inframerah dekat. Perhitungan *NDVI* adalah sebagai berikut (Darlina, Sasmito, & Yuwono, 2018; Muzaky & Jaelani, 2019; Putra, Sukmono, & Sasmito, 2018; Zhang, Estoque, & Murayama, 2017):

$$NDVI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red} \dots\dots\dots(1)$$

Dalam persamaan (1) ini, *NIR* adalah Radiasi inframerah dekat dari piksel dan *Red* adalah

radiasi cahaya merah dari piksel. Nilai *NDVI* sendiri berkisar dari -1 (yang biasanya air) sampai +1 (vegetasi lebat).

Menurut *Sobrino, Jiménez-Muñoz, & Paolini, (2004)* klasifikasi *NDVI* terbagi menjadi 3 yaitu (a) $NDVI < 0.2$ dalam hal ini, piksel dianggap sebagai lahan gundul. Yang kedua (b) $NDVI > 0.5$, yaitu piksel dengan nilai *NDVI* lebih tinggi dari 0,5 dianggap bervegetasi penuh. Kemudian (c) $0.2 \leq NDVI \leq 0.5$, dalam hal ini, piksel terdiri dari campuran lahan gundul dan vegetasi. Untuk penelitian ini kami mengklasifikasi *NDVI* seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Klasifikasi *NDVI*

| Nilai <i>NDVI</i> | | Klasifikasi | Keterangan |
|-------------------|-----|-----------------|---|
| Min | Max | | |
| -1 | 0 | Tanpa Vegetasi | Air |
| 0 | 0.2 | Vegetasi Rendah | Lahan gundul, bangunan |
| 0.2 | 0.5 | Vegetasi Sedang | Campuran lahan gundul dan lahan bervegetasi |
| 0.5 | 1 | Vegetasi Tinggi | Lahan bervegetasi penuh |

Sumber: Hasil analisis, 2021

3) Analisis *Land Surface Temperature*

Penelitian ini menghitung nilai *LST* yang didapat dari mengekstrak *Thermal Band* pada *Citra Landsat 8*, yang digunakan untuk mengetahui distribusi dan transformasi suhu permukaan Tahun 2016 dan Tahun 2021. Adapun langkahnya menurut *Sejati et al., (2019)* sebagai berikut:

1. Konversi digital number ke dalam radian spektral

Konversi Digital Number (DN) menjadi nilai spektral radian menggunakan informasi yang disediakan oleh band thermal Landsat 8 OLI Band 10 dengan persamaan rumus (2)

$$L\lambda = MLQ_{cal} + AL \dots\dots\dots(2)$$

Dimana: $L\lambda$ adalah *TOA Spectral Radiance*, ML adalah *Band-specific multiplicative* yang didapat dari metadata nilai (*RADIANCE_MULT_BAND_10 Landsat 8*), AL adalah *Band-specific additive* yang didapat dari metadata nilai (*RADIANCE_ADD_BAND_10 Landsat 8*), Q_{cal} adalah *Digital Number*.

2. *LST*

Selanjutnya, nilai-nilai radian yang didapatkan dikonversi ke nilai *LST*, nilai suhu tersebut mempunyai satuan Kelvin. *LST* didapatkan dengan menerapkan algoritma

Planck seperti yang ditunjukkan pada persamaan (3) (Sejati et al., 2019):

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda}\right)+1} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana T adalah *brightness temperature* (K), $L\lambda$ adalah radian spectral, K1 adalah nilai konstanta dari metadata Landsat 8 (K1_CONSTANT_BAND_10), K2 adalah nilai konstanta dari metadata Landsat 8 (K2_CONSTANT_BAND_10).

3. Konversi *LST* ke dalam *Celcius*

Konversi suhu permukaan dalam satuan *Kelvin* menjadi derajat *Celcius* menggunakan persamaan rumus (4)

$$T(C) = T(K) - 273.15 \dots\dots\dots (4)$$

Dimana T(C) adalah Suhu *LST* dalam derajat *Celcius*, dan T(K) adalah Suhu *LST* dalam derajat *Kelvin*, dan nilai 273.15 adalah konstanta konversi *Kelvin* ke *Celcius*. Pemrosesan analisis *NDVI* dan *LST* sesuai persamaan 1-4 diatas sepenuhnya dikodekan dalam JavaScript menggunakan Platform Editor Kode yang ada di *GEE*. Kode opensource ini tersedia di repositori *Google Earth Engine* yaitu pada alamat: <https://earthengine.googlesource.com/users/nurwa/LSTandNDVI>.

4) Analisis Korelasi *NDVI* Terhadap *LST*

Tahapan selanjutnya yaitu dilakukan analisis korelasi spasial dan uji regresi linear sederhana untuk mengetahui hubungan antara *NDVI* dan *LST* Kota Semarang pada tahun 2016 dan tahun 2021 (Al Mukmin et al., 2016). Persamaan yang digunakan yaitu:

$$y = a + bx \dots\dots\dots (5)$$

Di persamaan (4) ini variable x adalah variable bebas *NDVI* dan variable y adalah variable terikat *LST*. Analisis regresi linear sederhana ini akan menunjukkan koefisien determinasi (R^2) yang menunjukkan kekuatan korelasi antara variable independen dan variabel dependen. Selain itu juga menunjukkan koefisien korelasi dengan nilai negative (-) yaitu korelasi antara variable berlawanan dan positive (+) yaitu berbanding lurus.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

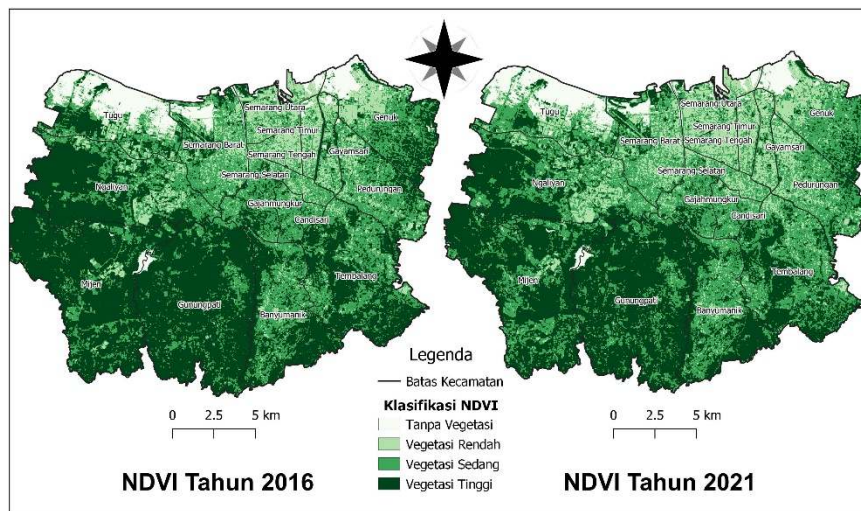
a. *NDVI* Kota Semarang

NDVI Kota Semarang dianalisis menggunakan *Cloud Computing GEE* dan kemudian diolah lebih lanjut dengan bantuan software *SIG QGIS* dan Excel 2016.

Klasifikikasi *NDVI* terbagi kedalam 4 kelas (Tabel 1). Adapun hasil analisis *NDVI* tersebut adalah sebagai berikut.

1) Distribusi *NDVI* Kota Semarang Tahun 2016 dan 2021

Berdasarkan analisis spasial dari persamaan (1), *NDVI* Kota Semarang pada tahun 2016 distribusi vegetasi merata di seluruh Kota Semarang (Gambar 2). Nilai *NDVI* tertinggi yaitu 0.85 dan yang terendah – 0.59. Luasan area vegetasi tertinggi Kota Semarang pada tahun 2016 didominasi oleh kelas vegetasi tinggi, seluas 19806.03 Ha. Sedangkan area kelas vegetasi terendah yaitu kelas tanpa vegetasi seluas 2089.08 Ha. Adapun karakteristiknya yaitu dari daerah pesisir yang diselimuti oleh tutupan tanpa vegetasi (air), kemudian di bagian kecil tengah kota didominasi oleh kelas vegetasi rendah, dan sebagian besar tengah kota di selimuti oleh vegetasi sedang. Sedangkan area vegetasi tinggi mendominasi daerah pinggiran perkotaan dan daerah perbukitan.



Gambar 2. Peta Distribusi *NDVI* Kota Semarang Tahun 2016 dan 2021
Sumber: Hasil analisis, 2021

Kondisi *NDVI* Kota Semarang tahun 2021 tidak jauh berbeda dengan tahun 2016, distribusi vegetasi masih merata di seluruh Kota Semarang (Gambar 2). Nilai *NDVI* berkisar antara -0.47 sampai 0.81. Luasan area vegetasi tertinggi Kota Semarang pada tahun 2021 masih didominasi oleh kelas vegetasi tinggi, seluas 16553.79 Ha. Sedangkan area kelas vegetasi terendah yaitu kelas tanpa vegetasi seluas 1960.65 Ha. Adapun karakteristiknya yaitu dari daerah pesisir yang masih diselimuti oleh tutupan tanpa vegetasi

(air), kemudian di bagian tengah kota didominasi oleh kelas vegetasi rendah, dan vegetasi sedang. Sedangkan area vegetasi tinggi mendominasi daerah pinggir dan daerah perbukitan.

2) Transformasi *NDVI* Kota Semarang Tahun 2016 dan 2021

Tren perubahan *NDVI* dari tahun 2016 ke tahun 2021 Kota Semarang, diperoleh dari perbandingan interpretasi citra hasil olahan analisis *NDVI* pada Citra Satelit *Landsat* multitemporal (Gambar 2). Pemantauan perubahan vegetasi dengan cepat dan akurat dari tahun ke tahun, dapat dengan mudah dilakukan melalui platform berbasis *cloud GEE*.

Tabel 2. Perubahan Luas *NDVI* Kota Semarang Tahun 2016 dan 2021

| Klasifikasi <i>NDVI</i> | Tahun 2016 | | Tahun 2021 | | Perubahan | |
|-------------------------|------------|--------|------------|--------|-----------|--------|
| | Luas (Ha) | % | Luas (Ha) | % | Luas (Ha) | % |
| Tanpa Vegetasi | 2089.08 | 5.33% | 1960.65 | 5.00% | -128.43 | -6.55% |
| Vegetasi Rendah | 4495.77 | 11.47% | 5700.69 | 14.54% | 1204.92 | 26.80% |
| Vegetasi Sedang | 12809.25 | 32.68% | 14985 | 38.23% | 2175.75 | 16.99% |
| Vegetasi Tinggi | 19806.03 | 50.53% | 16553.79 | 42.23% | -3252.24 | 19.65% |

Sumber: Hasil analisis, 2021

Berdasarkan Tabel 2, perubahan *NDVI* Kota Semarang secara persentase paling besar terjadi pada kelas vegetasi rendah yaitu meningkat 26.80%, dari 4495.77 Ha pada tahun 2016 menjadi seluas 5700.69 Ha pada tahun 2021. Kemudian terjadi penurunan 19.65% pada kelas vegetasi tinggi yaitu seluas 3252.24 Ha. Peningkatan kelas vegetasi sedang dan rendah dan penurunan vegetasi tinggi, mengindikasikan terjadi perubahan lahan, yaitu dari lahan bervegetasi menjadi lahan terbangun.

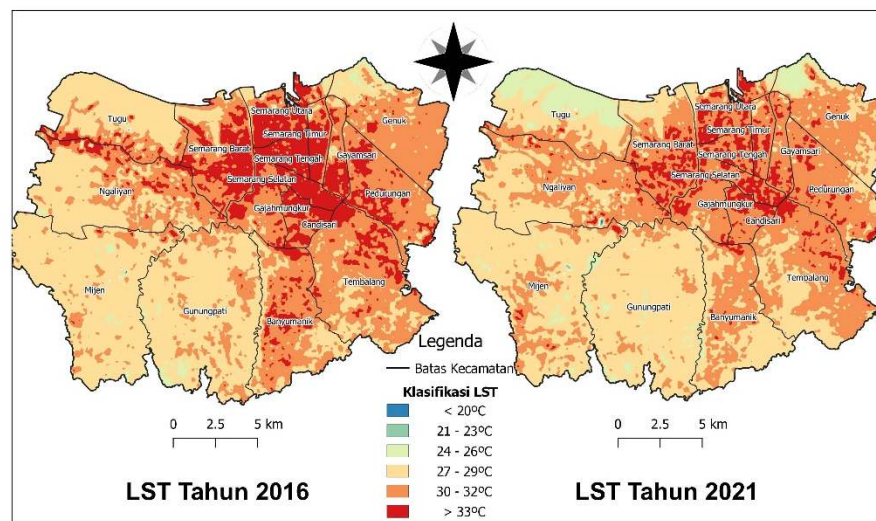
b. Land Surface Temperature

1. Distribusi Suhu *LST* Kota Semarang Tahun 2016 dan 2021

Berdasarkan hasil analisis Citra *Landsat 8 OLI* tahun 2016, *LST* terendah sebesar 22.05°C dan tertinggi sebesar 36.14°C, dan dengan rata-rata *LST* sebesar 29.49°C. Untuk distribusi *LST* pada tahun 2016 (Gambar 3), suhu tertinggi digambarkan dengan warna merah, suhu sedang dengan warna hijau muda dan orange muda, serta suhu terendah digambarkan dengan warna biru. Berdasarkan klasifikasi kelas *LST* (Gambar 3), kelas suhu yang mendominasi pada tahun 2016 yaitu kelas 27 - 29°C dengan luasan sebesar 17514.18

Ha dan kelas 30 – 32°C seluas 15022.98 Ha, kelas ini mendominasi 44.71% dan 38.35% dari total luas Kota Semarang dan dengan area terkecil yaitu suhu <20°C dengan luas 0.81 Ha dan kelas 21 – 23 °C seluas 5.13 Ha.

Kelas suhu tertinggi > 31°C pada tahun 2016 mendominasi daerah perkotaan dengan vegetasi rendah, yaitu Kecamatan Semarang Utara, Semarang Tengah, Semarang Selatan, Semarang Timur dan Candisari. Adapun kecamatan Gayamsari, Pedurungan, Gajahmungkur dan Semarang Barat terdeteksi memiliki kelas suhu sebagian kelas > 31°C dan sebagian kelas 30 - 32 °C. Sedangkan untuk Kecamatan Genuk, Tembalang dan Banyumanik didominasi kelas suhu 30 - 32 °C. Untuk Kecamatan Tugu, Mijen, Ngaliyan dan Gunungpati didominasi kelas suhu 27 - 29 °C.



Gambar 3. Peta Perubahan LST Kota Semarang Tahun 2016 dan 2021
Sumber: Hasil analisis, 2021

Hasil analisis Citra *Landsat* 8 Tahun 2021, *LST* terendah sebesar 19.24°C dan tertinggi sebesar 36.25°C, dan dengan rata-rata *LST* sebesar 29.04°C. Pada tahun 2021 kelas suhu yang mendominasi yaitu kelas 27 – 29 °C dengan luas area sebesar 17870.85 Ha dan kelas 30 – 32 °C seluas 16284.51 Ha, kelas ini menguasai 45.62% dan 38.35% dari total luas Kota Semarang dan kelas suhu dengan luasan terendah yaitu < 20°C (1.71 Ha) dan 21 – 23 °C (9 Ha).

Berdasarkan interpretasi citra hasil analisis *LST* Kota Semarang Tahun 2021 (Gambar 3) menunjukkan bahwa pada tahun ini kelas suhu yang mendominasi yaitu kombinasi antara kelas > 31°C dan kelas 30 - 32 °C. Kelas ini ada di Kecamatan Semarang

Utara, Semarang Tengah, Semarang Selatan, Semarang Timur, Candisari, Gayamsari, Pedurungan, Gajahmungkur dan Semarang Barat. Sedangkan untuk Kecamatan Genuk, Tembalang, Ngaliyan dan Banyumanik didominasi kelas suhu 30 - 32 °C dan suhu 27 - 29 °C. Untuk Kecamatan Mijen dan Gunungpati didominasi kelas suhu 27 - 29 °C sedangkan Kecamatan Tugu di dominasi oleh kombinasi kelas suhu 30 - 32 °C, 27 - 29 °C dan 24 – 26 °C.

2. Transformasi LST Kota Semarang Tahun 2016-2021

Perubahan *LST* Kota Semarang Tahun 2016 dan 2021, diperoleh dari perbandingan interpretasi citra hasil olahan analisis *LST* pada Citra Satelit *Landsat* multitemporal (Gambar 3). Perubahan tertinggi berdasarkan luas area yaitu pada kelas suhu > 33 °C, yaitu menurun seluas 3251.7 Ha dan kelas 24 – 26 °C meningkat sebesar 1612.17 Ha. Sedangkan berdasarkan prosentase perubahan tertinggi terjadi pada kelas suhu 24 -26 °C, meningkat 361.81% dan kelas suhu < 20 °C (211.11%), untuk perubahan lengkap bisa dilihat di Tabel 2.

Tabel 3. Perubahan Area Kelas *LST* Kota Semarang Tahun 2016 dan Tahun 2021

| No | Kelas Suhu <i>LST</i> (°C) | Tahun 2016 | | Tahun 2021 | | Perubahan | |
|----|----------------------------|------------|--------|------------|--------|-----------|----------|
| | | Luas (Ha) | % | Luas (Ha) | % | Luas (Ha) | % |
| 1 | < 20 | 0.81 | 0.00% | 2.52 | 0.01% | 1.71 | 211.11% |
| 2 | 21 - 23 | 5.13 | 0.01% | 9 | 0.02% | 3.87 | 75.44% |
| 3 | 24 - 26 | 445.59 | 1.14% | 2057.76 | 5.25% | 1612.17 | 361.81% |
| 4 | 27 - 29 | 17514.18 | 44.70% | 17870.85 | 45.62% | 356.67 | 2.04% |
| 5 | 30 - 32 | 15022.98 | 38.34% | 16284.51 | 41.57% | 1261.53 | 8.40% |
| 6 | > 33 | 6196.68 | 15.82% | 2944.98 | 7.52% | -3251.7 | -110.42% |

Sumber: Hasil analisis, 2021

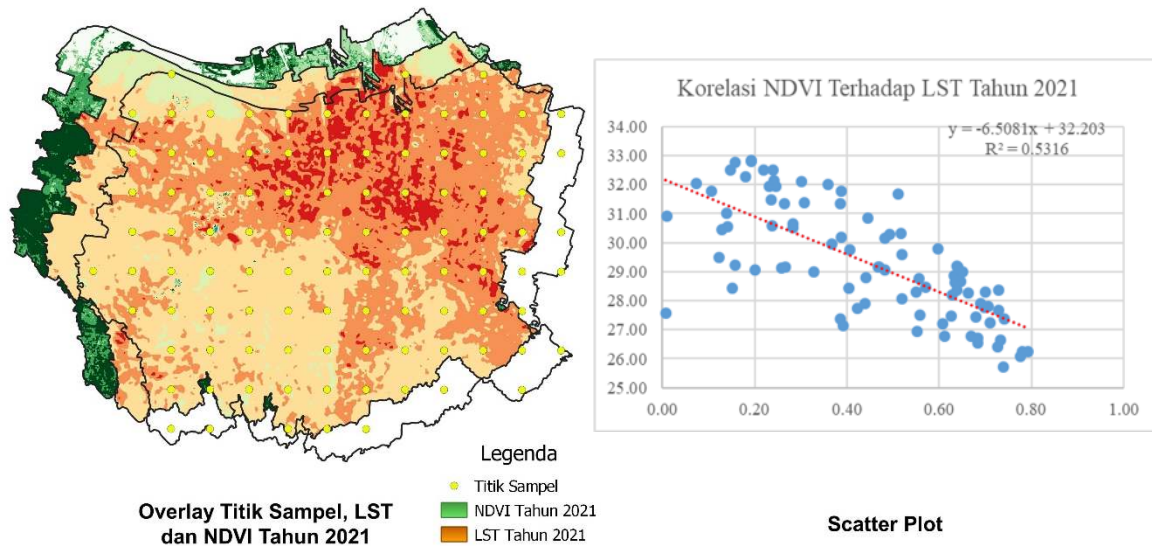
Berdasarkan Tabel 3, secara keseluruhan kelas *LST* Kota Semarang yang mendominasi pada ke dua tahun pengamatan yaitu kelas 27 – 29 °C dan 30 – 32 °C. Kedua kelas ini menguasai lebih dari 80% luas Kota Semarang. Kedua kelas ini juga tidak mengalami perubahan signifikan, hanya terjadi peningkatan 2.04% dan 8.4% dalam 5 tahun.

3. Korelasi Antara *NDVI* Terhadap *LST* Kota Semarang

Dari hasil peta *NDVI* dan *LST* ini, tahapan selanjutnya dilakukan analisis korelasi spasial dengan uji regresi *linear* sederhana (Persamaan 4). Adapun prosesnya seperti

gambar 4, yaitu meng-*overlay* peta *NDVI*, *LST* dan dibuat titik sampel dari grid 2×2 Km dengan bantuan *QGIS*. Setelah nilai *LST* dan *NDVI* titik sampel di ketahui, selanjutnya dibuat tabel korelasi *NDVI* terhadap *LST* dengan Excel 2016, dan hasilnya berupa diagram scatter plot.

Berdasarkan scatter plot hasil analisis korelasi *NDVI* terhadap *LST* tahun 2016 diperoleh $y = -6.7124x + 33.042$ dengan $R^2 = 0.4758$, sedangkan tahun 2021 (Gambar 4) hasilnya diperoleh persamaan $y = -6.5081x + 32.203$ dengan $R^2 = 0.5316$. Koefisien determinasi (R^2) pada tahun 2016 menunjukkan korelasi yang cukup kuat, sedangkan pada tahun 2021 menunjukkan korelasi yang kuat.



Gambar 4. Proses dan Hasil Analisis Korelasi *NDVI* Terhadap *LST* Kota Semarang Tahun 2021
Sumber: Hasil analisis, 2021

Pada persamaan tahun 2016 dan 2021 ini memiliki nilai negatif, yaitu menunjukkan bahwa terdapat korelasi negatif (berlawanan) antara indeks vegetasi dengan suhu permukaan. Hal ini senada dengan temuan-temuan sebelumnya bahwa distribusi spasial suhu permukaan tanah di area studi dipengaruhi oleh kerapatan vegetasi, semakin tinggi nilai *NDVI* maka *LST* semakin rendah (Al Mukmin et al., 2016; Huang & Ye, 2015; Kosasih, Nasihin, & Zulkarnain, 2019; Rushayati, Alikodra, Dahlan, & Purnomo, 2011; Senanayake, Welivitiya, & Nadeeka, 2013; Zhang et al., 2017), begitupun sebaliknya.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pengolahan citra untuk memperoleh data *NDVI* dan *LST* pada tahun 2016 dan 2021, menggunakan citra Landsat 8 dapat dilakukan dengan baik dan cepat oleh *GEE*. Kekurangan *GEE* ini yaitu hanya terbatas pada analisis raster dan harus dibantu oleh software *SIG* berbasis desktop untuk proses selanjutnya. Adapun hasilnya yaitu nilai *NDVI* Tahun 2016 antara -0.59 - 0.85, sedangkan tahun 2021 berkisar antara -0.47 - 0.81. Untuk *LST* di Kota Semarang tahun 2016 berkisar 22.05°C - 36.14 °C, dan dengan rata-rata *LST* sebesar 29.49 °C. Sedangkan tahun 2021 berkisar 19.24°C - 36.25°C, dan dengan rata-rata *LST* sebesar 29.04°C. Korelasi antara *NDVI* terhadap *LST* pada dua tahun pengamatan menunjukkan bahwa nilai koefisien determinasi memiliki korelasi lebih dari cukup kuat. Dan hasil persamaannya memiliki nilai negative, yang berarti semakin tinggi indeks vegetasi maka suhu permukaan tanah semakin rendah dan sebaliknya. Karena pentingnya vegetasi terhadap penurunan suhu permukaan tanah, kami merekomendasikan agar mempertimbangkan peningkatan penyediaan ruang hijau perkotaan seperti taman hijau dalam lanskap perkotaan. Sedangkan untuk mempertahankan daerah dengan vegetasi tinggi agar tetap lestari, mutlak diperlukan pengendaliannya melalui kebijakan penataan ruang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pemerintah Kota Semarang melalui BKPP Kota Semarang yang telah memberikan beasiswa Tugas Belajar. Ucapan terimakasih juga kepada DPU Kota Semarang atas ijin Tugas Belajar dan pengalaman yang tak ternilai.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Al Mukmin, S. A., Wijaya, A. P., & Sukmono, A. (2016). Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Distribusi Suhu Permukaan Dan Keterkaitannya Dengan Fenomena Urban Heat Island. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(1), 224–233.
- Darlina, S. P., Sasmito, B., & Yuwono, B. D. (2018). Analisis Fenomena Urban Heat Island Serta Mitigasinya (Studi Kasus : Kota Semarang). *Jurnal Geodesi Undip*, 7(3), 77–87.
- Dede, M., Pramulatsih, G. P., Widiawaty, M. A., Ramadhan, Y. R. R., & Ati, A. (2019). Dinamika Suhu Permukaan Dan Kerapatan Vegetasi Di Kota Cirebon. *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 6(1), 23–31.
<https://doi.org/10.36754/jmkg.v6i1.111>

- Dong, J., Xiao, X., Menarguez, M. A., Zhang, G., Qin, Y., Thau, D., ... Moore, B. (2016). Mapping paddy rice planting area in northeastern Asia with Landsat 8 images, phenology-based algorithm and Google Earth Engine. *Remote Sensing of Environment*, 185, 142–154. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.02.016>
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Hao, B., Ma, M., Li, S., Li, Q., Hao, D., Huang, J., ... Han, X. (2019). Land Use Change and Climate Variation in the Three Gorges Reservoir Catchment from 2000 to 2015 Based on the Google Earth Engine. *Sensors*, 19(9). <https://doi.org/10.3390/s19092118>
- Huang, C., & Ye, X. (2015). Spatial modeling of urban vegetation and land surface temperature: A case study of beijing. *Sustainability*, 7(7), 9479–9504. <https://doi.org/10.3390/su7079478>
- Julianto, F. D., Putri, D. P. D., & Safi'i, H. H. (2020). Analisis Perubahan Vegetasi dengan Data Sentinel-2 Menggunakan Google Earth Engine. *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia*, 02(02), 13–18. Retrieved from <http://jurnal.mapin.or.id/index.php/jpji/article/view/29>
- Kosasih, D., Nasihin, I., & Zulkarnain, E. R. (2019). Deteksi Kerapatan Vegetasi dan Suhu Permukaan Tanah Menggunakan Citra Landsat 8 (Studi Kasus : Stasiun Penelitian Pasir Batang Taman Nasional Gunung Ciremai). *Konservasi Untuk Kesejahteraan Masyarakat*, 1, 162–173.
- KÜchler, A. W. (1967). *Vegetation Mapping*. New York: Ronald Press Co.
- Mathew, A., Khandelwal, S., & Kaul, N. (2018). Investigating spatio-temporal surface urban heat island growth over Jaipur city using geospatial techniques. *Sustainable Cities and Society*, 40(April), 484–500. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.04.018>
- Muzaky, H., & Jaelani, L. M. (2019). Analisis Pengaruh Tutupan Lahan Terhadap Distribusi Suhu Permukaan : Kajian Urban Heat Island (Uhi) Di Lima. *Penginderaan Jauh Indonesia*, 01(02), 45–51.
- Portela, C. I., Massi, K. G., Rodrigues, T., & Alcântara, E. (2020). Impact of urban and industrial features on land surface temperature: Evidences from satellite thermal indices. *Sustainable Cities and Society*, 56(February), 102100. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102100>
- Putra, A. K., Sukmono, A., & Sasmito, B. (2018). Analisis Hubungan Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Suhu Permukaan Terkait Fenomena Urban Heat Island Menggunakan Citra Landsat (Studi Kasus: Kota Surakarta). *Jurnal Geodesi Undip*, 7(3), 22–31.
- Ravanelli, R., Nascetti, A., Cirigliano, R. V., Di Rico, C., Leuzzi, G., Monti, P., & Crespi, M. (2018). Monitoring the impact of land cover change on surface urban heat island through Google Earth Engine: Proposal of a global methodology, first applications and problems. *Remote Sensing*, 10(9), 1–21. <https://doi.org/10.3390/rs10091488>
- Rushayati, S. B., Alikodra, H. S., Dahlan, E. N., & Purnomo, H. (2011). Pengembangan Ruang Terbuka Hijau berdasarkan Distribusi Suhu Permukaan di Kabupaten

- Bandung. *Forum Geografi*, 25(1), 17. <https://doi.org/10.23917/forgeo.v25i1.5027>
- Sasmito, B., & Suprayogi, A. (2017). Model Kekritisan Indeks Lingkungan Dengan Algoritma Urban Heat Island di Kota Semarang. *Majalah Ilmiah Globe*, 19(1), 45. <https://doi.org/10.24895/mig.2017.19-1.509>
- Sejati, A. W., Buchori, I., & 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(January), 101432. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101432>
- Senanayake, I. P., Welivitiya, W. D. D. P., & Nadeeka, P. M. (2013). Remote sensing based analysis of urban heat islands with vegetation cover in Colombo city, Sri Lanka using Landsat-7 ETM+ data. *Urban Climate*, 5, 19–35. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2013.07.004>
- Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., & Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, 90(4), 434–440. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003>
- Voogt, J. A., & Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 370–384. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00079-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00079-8)
- Zhang, X., Estoque, R. C., & Murayama, Y. (2017). An urban heat island study in Nanchang City , China based on land surface temperature and social-ecological variables. *Sustainable Cities and Society*, 32(January), 557–568. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.05.005>
- Zhou, W., Qian, Y., Li, X., Li, W., & Han, L. (2014). Relationships between land cover and the surface urban heat island: Seasonal variability and effects of spatial and thematic resolution of land cover data on predicting land surface temperatures. *Landscape Ecology*, 29(1), 153–167. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9950-5>