

ANALISIS HUBUNGAN URBAN HEAT ISLAND TERHADAP INDEKS KEKERINGAN METEOROLOGIS DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Dyah Dhani Mustikarini¹, Karlina² dan Joko Sujono³

¹Magister Teknik Pengelolaan Bencana Alam, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika 2, Sleman, Yogyakarta

Email: dyah.dhani@mail.ugm.ac.id

²Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika 2, Sleman, Yogyakarta

Email: karlina.sipil@ugm.ac.co.id

³Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika 2, Sleman, Yogyakarta

Email: jsujono@ugm.ac.id

ABSTRACT

Uncontrolled urbanization can lead to the rapid growth of residential and industrial areas. It causes an increase in surface temperature and accelerates climate change. One of the consequences of climate change is the occurrence of meteorological drought. The purpose of this research is to determine the relationship between the Urban Heat Island (UHI) and meteorological drought based on the Standardized Precipitation Index (SPI). UHI is calculated based on processing band-10, band-5, and band-4 on Landsat-8 imagery and produces the value of Land Surface Temperature (LST) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The SPI value is calculated based on the 3-month SPI calculation (SPI-3). The relationship between UHI and SPI-3 was analyzed using the Pearson correlation method. The results show a strong correlation between UHI and SP-3I, with Pearson's value of 0.87 in the capital of Special Region Yogyakarta. A moderate correlation between UHI and SPI occurs in Kulon Progo, Bantul, and Gunung Kidul Regency. The relationship between UHI and SPI-3 is strong for urban areas. UHI can be a new additional parameter in terms of meteorological drought monitoring. Further research is still needed to see which drought index can better represent the value of UHI.

Keywords: UHI, SPI, Metrological Drought

ABSTRAK

Laju urbanisasi yang tidak dikendalikan dengan baik dapat menyebabkan pertumbuhan kawasan perumahan dan industri yang sangat cepat. Hal tersebut dapat menyebabkan kenaikan suhu permukaan dan mempercepat terjadinya perubahan iklim. Salah satu akibat dari perubahan iklim adalah terjadinya kekeringan meteorologis. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan fenomena *Urban Heat Island* (UHI) terhadap kekeringan meteorologis yang ditinjau berdasarkan nilai *Standardized Precipitation Index* (SPI). Analisis UHI dilakukan berdasarkan pengolahan band-10, band-5, dan band-4 pada citra Landsat-8, sehingga diperoleh nilai *Land Surface Temperature* (LST) dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Analisis SPI dilakukan dengan menggunakan perhitungan SPI 3 bulanan (SPI-3). Hubungan UHI dan SPI dianalisis menggunakan metode korelasi Pearson. Hasil penelitian menunjukkan terdapat hubungan yang kuat antara UHI dengan SPI-3, dengan nilai korelasi Pearson 0,87 yang terdapat di Kota Yogyakarta. Hasil korelasi moderat didapatkan di wilayah Kabupaten Kulon Progo, Bantul, dan Gunung Kidul. Hubungan antara UHI dengan SPI-3 adalah kuat pada wilayah urban. Berdasarkan hasil penelitian, UHI dapat digunakan sebagai parameter tambahan dalam pemantauan bencana kekeringan meteorologis. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk melihat indeks kekeringan yang dapat merepresentasikan nilai UHI dengan baik.

Kata kunci: UHI, SPI, Kekeringan Meteorologis

1. PENDAHULUAN

Laju pertumbuhan penduduk di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) semakin meningkat. Hal ini menyebabkan pertumbuhan pembangunan kawasan pemukiman yang sangat cepat, sehingga kawasan urban semakin luas. Lahan terbuka hijau yang semakin berkurang secara terus menerus dapat menimbulkan bencana alam, salah satunya adalah bencana kekeringan. Di sisi lain, suhu permukaan di kawasan urban akan semakin meningkat sebagai akibat dari meningkatnya aktivitas manusia di kawasan tersebut. Fenomena peningkatan suhu udara di kawasan urban ini dikenal dengan istilah *Urban Heat Island* (UHI) atau Pulau Bahang Perkotaan (Union of Concerned Scientists, 2011).

Corresponding Author

E-mail Address : karlina.sipil@ugm.ac.co.id

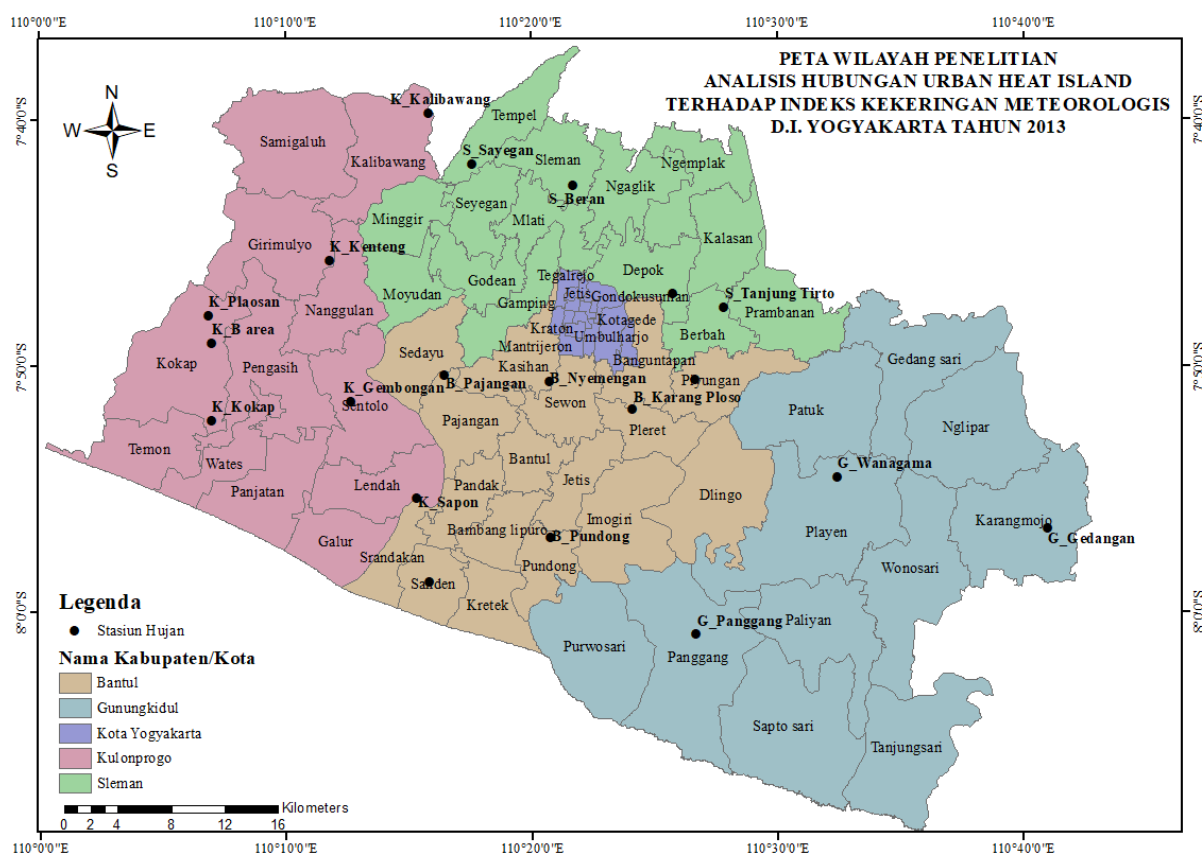
Kekeringan meteorologis merupakan jenis kekeringan yang terjadi pertama kali saat jumlah, intensitas dan waktu hujan semakin berkurang di bawah kondisi normal. Kejadian ini dapat terjadi bersamaan dengan naiknya suhu udara, nilai kelembaban yang rendah, penyinaran matahari yang maksimal dan sedikit tutupan awan (Wilhite, 2000). Ketika terjadi kekeringan meteorologis, maka suhu permukaan bumi akan meningkat seiring dengan berkurangnya curah hujan dan tutupan awan. Di Daerah Istimewa Yogyakarta, musim kemarau biasanya dimulai pada Bulan Juni sampai dengan Oktober, dan puncaknya berada pada Bulan Agustus. Kabupaten Sleman bagian utara merupakan wilayah dengan curah hujan paling tinggi di DIY. Hujan di wilayah tersebut memiliki kecenderungan disebabkan oleh proses hujan orografis. Oleh karena itu, pada penelitian ini tidak menggunakan data hujan dari wilayah tersebut. Tahun 2013 dipilih sebagai waktu penelitian berdasarkan nilai *Oceanic Nino Index* (ONI) yang menunjukkan tidak ada gangguan iklim yang signifikan dari El Nino maupun La Nina. Oleh karena itu, data hujan yang diperoleh pada musim kemarau tahun 2013 dapat dijadikan acuan untuk melakukan analisis hubungan antara fenomena UHI terhadap indeks kekeringan meteorologis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan UHI terhadap indeks kekeringan meteorologis di Daerah Istimewa Yogyakarta. Parameter UHI dipilih karena dapat merepresentasikan kepadatan penduduk dan berkurangnya lahan terbuka hijau di DIY. Indeks kekeringan meteorologis dihitung berdasarkan metode *Standardized Precipitation Index* (SPI). Metode tersebut dipilih karena dapat merepresentasikan kekeringan dengan baik dan hanya membutuhkan data hujan bulanan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang bencana kekeringan yang dapat muncul sebagai akibat dari berkurangnya lahan terbuka hijau di DIY.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Wilayah Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta. Batasan penelitian dilakukan dengan tidak menggunakan analisis data hujan wilayah sekitar lereng Gunung Merapi untuk menghindari efek hujan orografis, dan menggunakan wilayah yang terekam di dalam citra Landsat-8 (*path* 120 dan *row* 65). Wilayah yang tidak termasuk di dalam penelitian ini adalah Kabupaten Sleman bagian utara, dan Kabupaten Gunung Kidul bagian timur. Cakupan wilayah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta wilayah penelitian dan titik stasiun hujan

Analisis Standardized Precipitation Indeks (SPI)

Data hujan bulanan yang diperoleh dari stasiun hujan, kemudian diolah untuk mendapatkan nilai indeks kekeringan. Pada penelitian ini, metode SPI-3 dipilih untuk dapat melakukan analisis kekeringan meteorologis. Metode SPI durasi 3 bulan (SPI-3) dapat mencerminkan kondisi kelembaban jangka pendek hingga menengah dan dapat memberikan prakiraan musim hujan. Metode SPI-3 Bulanan memiliki korelasi yang paling baik terhadap NDVI dibandingkan dengan SPI periode lainnya, seperti SPI Bulanan, SPI-6 Bulanan dan lainnya (Dwy et al., 2016). Metode SPI dilakukan berdasarkan jumlah sebaran gamma yang didefinisikan sebagai fungsi frekuensi pada data hujan (Saidah dkk., 2017), dengan persamaan (1).

$$G(x) = \int_0^x g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x t^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad (1)$$

Dengan syarat semua parameter harus lebih dari 0, α merupakan parameter bentuk, β merupakan parameter skala, dan x merupakan jumlah curah hujan.

Hasil perhitungan SPI-3 dilakukan untuk melihat periode yang paling kering pada tahun 2013 berdasarkan klasifikasi SPI pada Tabel 1. Setelah itu dilakukan komparasi dengan hasil pengolahan citra Landsat-8 untuk mendapatkan nilai UHI.

Tabel 1. Klasifikasi SPI (McKee et al., 2017)

Nilai SPI	Klasifikasi
> 2,00	Ekstrem basah
1,50 – 1,99	Sangat basah
1,00 – 1,49	Agak basah
(-0,99) – 0,99	Normal
(-1,00) – (-1,49)	Agak kering
(-1,50) – (-1,99)	Sangat kering
\leq (-2,00)	Ekstrem kering

Hasil pemetaan SPI-3 dianalisis dengan diberikan skor berdasarkan Tabel 2. Pemberian skor dilakukan berdasarkan nilai SPI-3 pada setiap kecamatan di wilayah studi. Pemberian skor dilakukan untuk mempermudah analisis korelasi.

Tabel 2. Klasifikasi skor pada hasil pemetaan SPI-3 bulanan

Klasifikasi SPI-3 Bulanan	Skor
(-1,5) s.d. (-1,0)	1
(-1,0) s.d. (-0,5)	2
(-0,5) s.d. 0	3
0 s.d. 0,5	4
0,5 s.d. 1,0	5
1,0 s.d. 1,5	6

Analisis Urban Heat Island (UHI)

Citra Landsat-8 yang diolah pada penelitian ini didapatkan dari laman USGS *Earth Explorer*, yang merupakan hasil perekaman citra pada periode paling kering berdasarkan pengolahan SPI. Citra yang diperoleh merupakan citra yang direkam pada siang hari pada wilayah dari *path* 120 dan *row* 65, dengan kondisi tutupan awan kurang dari 10%. Untuk mendapatkan nilai UHI dilakukan pengolahan citra Landsat-8 pada band-10, band-5, dan band-4 dengan persamaan (2) sampai dengan (7).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (2)$$

Dengan NDVI adalah *Normalized Difference Vegetation Index*, NIR adalah Saluran inframerah dekat pada Band-5 untuk Landsat-8, dan RED adalah Saluran merah pada Band-4 untuk Landsat-8 (USGS, 2018).

$$PV = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} + NDVI_{min}} \right)^2 \quad (3)$$

Dengan PV merupakan *Proportion of Vegetation*, NDVI max adalah nilai NDVI tertinggi, dan NDVI min adalah nilai NDVI terendah pada wilayah studi. Nilai PV digunakan untuk menghitung LSE (*Land Surface Emissivity*) (USGS, 2018).

$$LSE = 0,004 \times PV + 0,986 \quad (4)$$

$$BT = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{\text{Hasil Kalibrasi}} + 1\right)} - 273,15 \quad (5)$$

Dengan BT adalah *Brightness Temperature* dalam Celsius, K1 dan K2 merupakan konstanta *band thermal (band-10)* pada meta data Landsat-8 (USGS, 2016).

$$LST = \frac{BT}{\left(1 + \left(\lambda \times \frac{BT}{\rho}\right) \times \ln(LSE)\right)} \quad (6)$$

Dengan LST adalah *Land Surface Temperature*, λ merupakan rata-rata panjang gelombang *band-10*. ρ merupakan hasil perhitungan berdasarkan persamaan $\rho = h \times c / \sigma$, h merupakan konstanta Plank's, c merupakan kecepatan cahaya, dan σ merupakan konstanta Boltzmann. Sehingga diperoleh nilai UHI dengan cara mengurangkan LST pada titik penelitian dengan LST rata-rata seluruh wilayah penelitian (Wibowo, 2013).

$$UHI = LST_{\text{titik penelitian}} - LST_{\text{rata-rata}} \quad (7)$$

Hasil pemetaan UHI dianalisis dengan diberikan skor berdasarkan Tabel 3. Pemberian skor dilakukan berdasarkan nilai UHI pada setiap kecamatan di wilayah studi. Pemberian skor dilakukan untuk mempermudah analisis korelasi

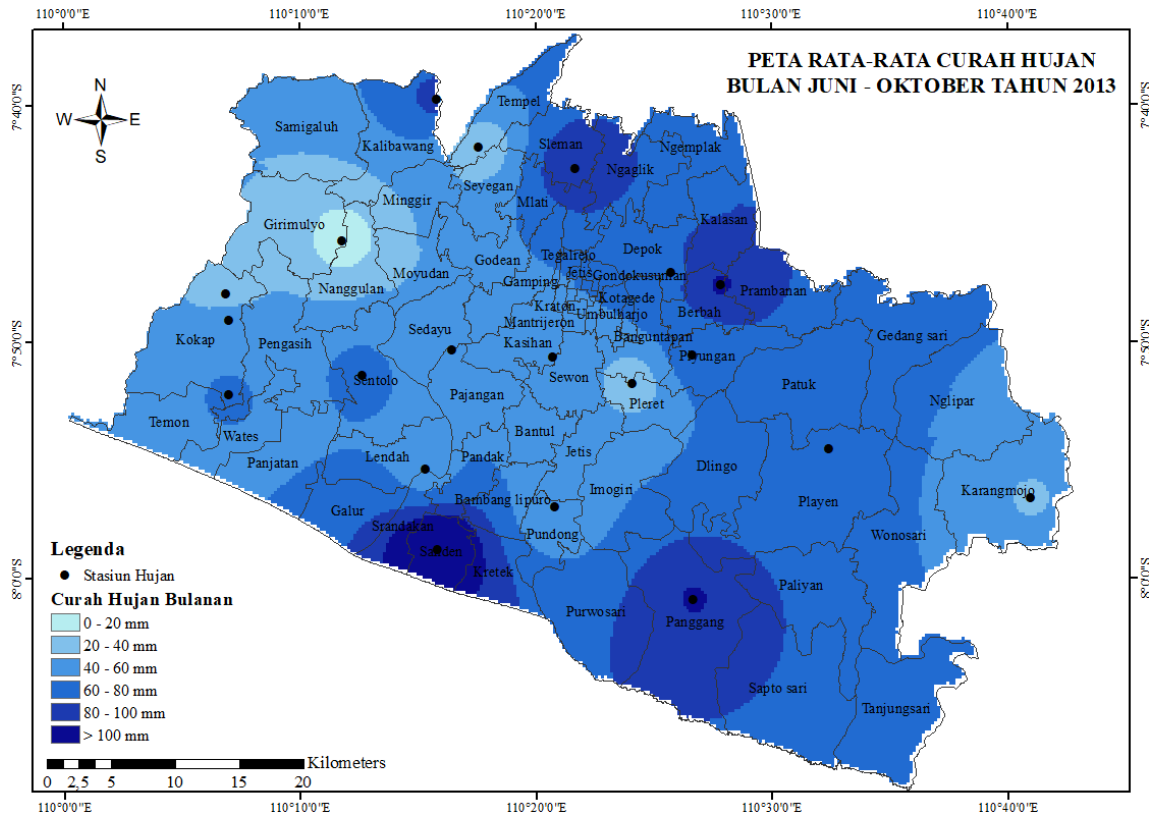
Tabel 3. Klasifikasi skor pada hasil pemetaan UHI

Klasifikasi UHI	Skor
Tidak ada efek UHI	1
UHI sangat rendah	2
UHI rendah	3
UHI menengah	4
UHI tinggi	5
UHI sangat tinggi	6

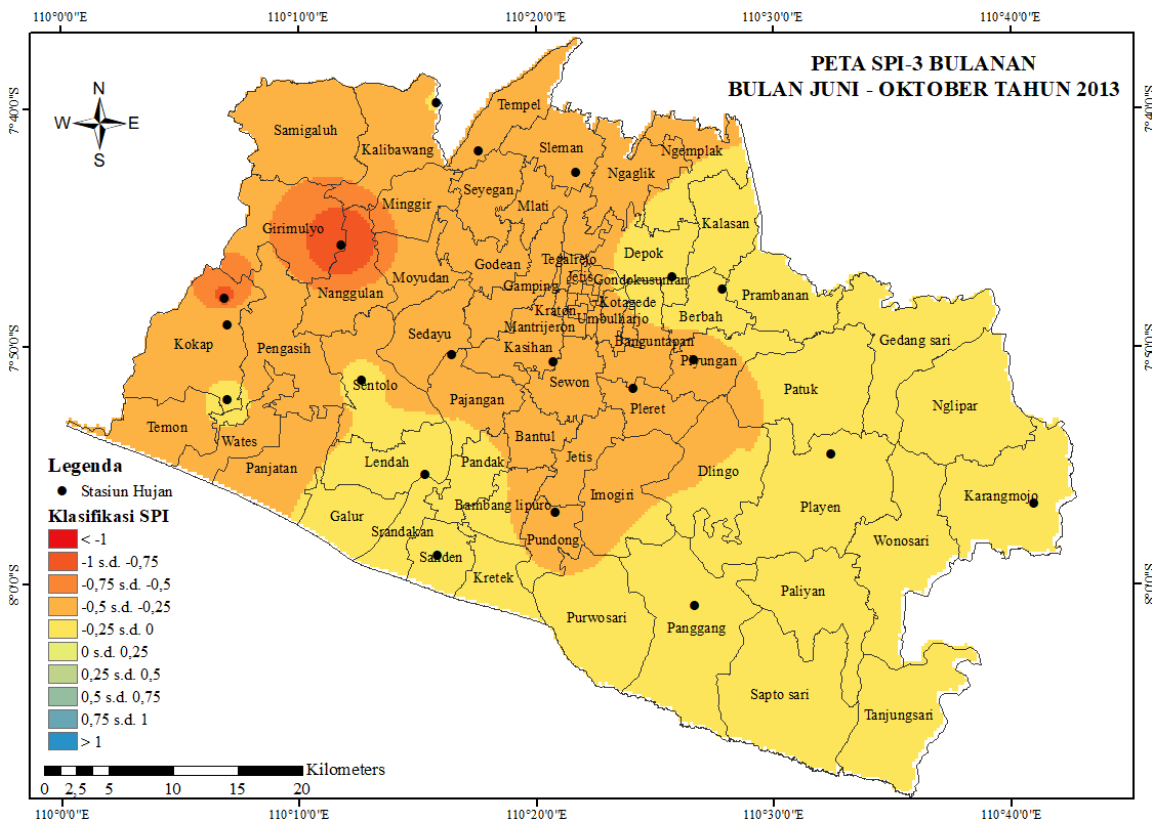
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengolahan data hujan diperoleh peta rata-rata curah hujan bulanan pada Bulan Juni sampai dengan Oktober tahun 2013 yang ditunjukkan oleh Gambar 2. Wilayah Kabupaten Kulon Progo memiliki rata-rata curah hujan bulanan yang paling sedikit dibandingkan dengan kabupaten lain di DIY. Pada wilayah Kabupaten Bantul, Kecamatan Sanden memiliki curah hujan paling tinggi di wilayah DIY selama musim kemarau tahun 2013. Wilayah lain yang memiliki curah hujan tinggi adalah Kecamatan Sleman, Ngaglik, Kalasan, Prambanan, dan Panggang.

Berdasarkan hasil pengolahan data hujan tahun 2010 sampai dengan 2019 dari 20 stasiun hujan, diperoleh peta SPI-3 Bulanan pada Gambar 3. Berdasarkan hasil pemetaan SPI-3 Bulanan dapat dilihat bahwa Kecamatan Girimulyo dan Nanggulan memiliki nilai SPI-3 Bulanan paling rendah. Nilai yang rendah dan negatif pada SPI-3 Bulanan menunjukkan kondisi wilayah yang kering. Walaupun wilayah Kecamatan Nanggulan dan Girimulyo merupakan wilayah yang paling kering, namun nilai SPI-3 Bulanan masih berada pada kondisi normal (-0,99 sampai dengan 0,99). Klasifikasi SPI-3 Bulanan pada Gambar 2 dimodifikasi dengan interval yang lebih kecil. Hal tersebut dilakukan untuk dapat melihat variasi nilai SPI-3 Bulanan dengan lebih jelas pada setiap kecamatan di DIY.

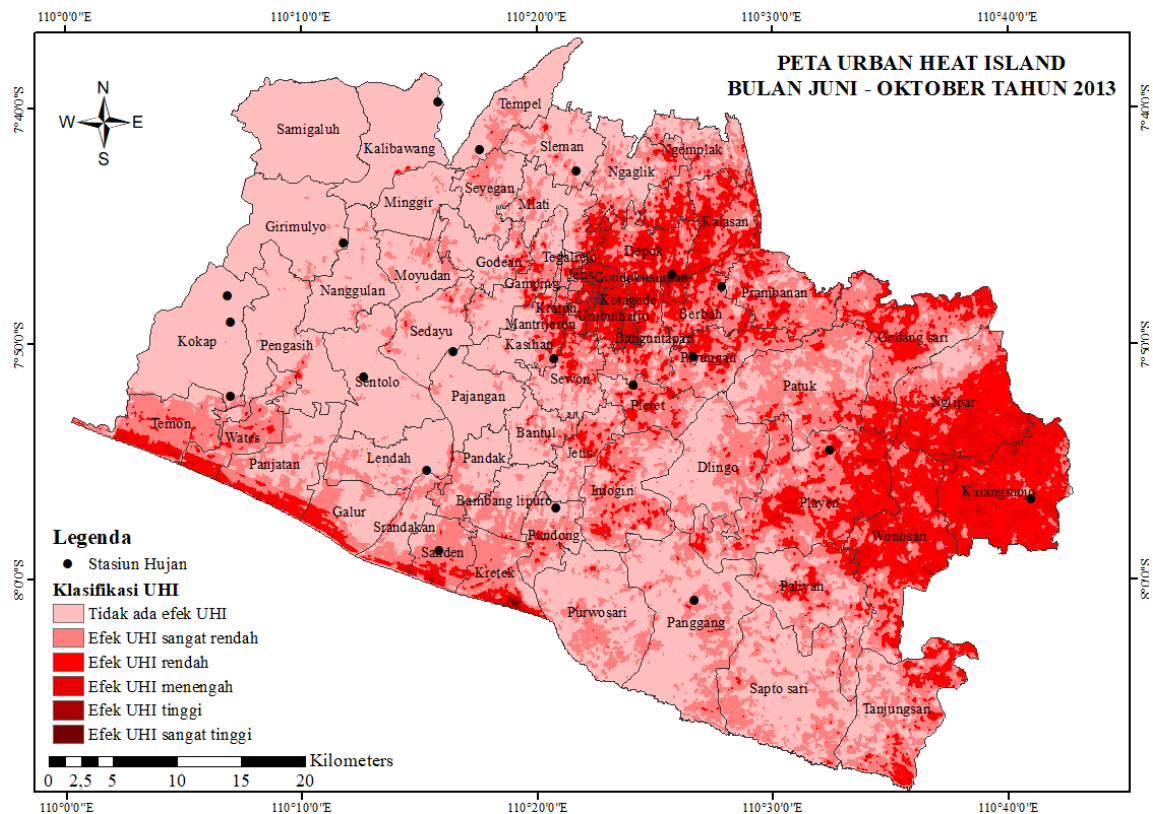


Gambar 2. Peta curah hujan bulanan rata-rata Bulan Agustus-Oktober tahun 2013



Gambar 3. Peta rata-rata indeks kekeringan SPI-3 periode Juni-Oktober tahun 2013

Hasil perhitungan dan pemetaan rata-rata nilai UHI pada Bulan Juni-Oktober 2013 dapat dilihat pada Gambar 4. Wilayah Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman bagian timur, dan Gunung Kidul bagian timur memiliki efek UHI yang tinggi. Wilayah tersebut meliputi seluruh kecamatan di Kota Yogyakarta, Kecamatan Depok, Kalasan, Ngemplak, Berbah, Prambanan, Nglipar, Playen, Wonosari, dan Karangmojo. Wilayah pesisir selatan DIY yang terletak di Kabupaten Kulon Progo dan Bantul juga memiliki efek UHI yang tinggi. Hal tersebut disebabkan oleh suhu permukaan wilayah pesisir yang tinggi pada saat siang hari.



Gambar 4. Hasil pemetaan rata-rata UHI pada Bulan Juni - Oktober tahun 2013

Hasil pemberian skor dan perhitungan korelasi Pearson pada masing-masing Kabupaten dapat dilihat pada Tabel 4. Nilai korelasi Pearson yang paling baik terdapat pada nilai UHI dan SPI-3 Bulanan di Kota Yogyakarta, yaitu 0,87. Nilai tersebut menunjukkan korelasi yang sangat kuat. Korelasi yang kuat antara UHI dan SPI-3 Bulanan juga terdapat di wilayah Kabupaten Sleman, dengan nilai 0,63. Untuk hasil korelasi UHI dengan SPI-3 Bulanan di wilayah Bantul, Kulon Progo dan Gunung Kidul adalah 0,30 – 0,37, yang menunjukkan hubungan moderat.

Tabel 4. Hasil korelasi Pearson UHI dengan SPI-3 Bulanan

Kabupaten/Kota	Korelasi Pearson UHI dan SPI-3
Sleman	0,63
Bantul	0,30
Kulon Progo	0,37
Gunung Kidul	0,35
Kota Yogyakarta	0,87

Hubungan UHI dengan SPI-3 Bulanan adalah sangat kuat untuk kawasan urban yang paling padat di DIY, yaitu di Kota Yogyakarta. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada kawasan urban yang memiliki suhu yang tinggi berhubungan dengan kejadian kekeringan meteorologis. Semakin padat suatu wilayah, maka hubungan suhu permukaan dengan indeks kekeringan akan semakin kuat. Penelitian terkait hubungan antara UHI dengan indeks kekeringan lain perlu dilakukan untuk mengetahui indeks kekeringan apa saja yang berhubungan kuat atau dapat merepresentasikan nilai UHI. Hubungan yang kuat antara UHI dan SPI-3 Bulanan di Kota Yogyakarta dan Kabupaten Sleman menunjukkan

bahwa UHI dapat digunakan sebagai salah satu variabel *monitoring* baru di dalam penanganan bencana kekeringan, terutama di wilayah urban.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa UHI berhubungan dengan indeks kekeringan meteorologis SPI-3 Bulanan. Hubungan yang paling kuat terdapat di wilayah Kota Yogyakarta, dengan nilai korelasi 0,87. Hubungan yang paling kuat antara UHI dengan SPI-3 Bulanan terdapat di wilayah urban dan merupakan ibu kota Daerah Istimewa Yogyakarta. Hubungan yang kuat juga didapatkan di wilayah Kabupaten Sleman, yang didominasi oleh kawasan sub-urban. Hubungan yang moderat antara UHI dan SPI-3 Bulanan didapatkan pada wilayah Kabupaten Bantul, Kulon Progo dan Gunung Kidul. Wilayah tersebut masih didominasi oleh kawasan non-urban.

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi langkah awal dalam upaya penanggulangan bencana kekeringan meteorologis. Penelitian ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu diperlukan penelitian dengan data hujan setidaknya 30 tahun untuk mendapatkan nilai indeks kekeringan yang lebih baik. Perbandingan nilai UHI saat terjadi fenomena iklim seperti *El Nino* dan *La Nina* juga diperlukan untuk memperkuat hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Dwy, K., Febyana, T., Sulistiyono, H., & Setiawan, A. (2016). *Analisis Tingkat Kekeringan di Wilayah Lombok Bagian Selatan Dengan Menggunakan Metode EDI (Effective Drought Index)*.
- McKee, PaiMazumder, D., & Holland, G. (2017). A framework for investigating large-scale patterns as an alternative to precipitation for downscaling to local drought. *Climate Dynamics*, 48(3–4), 881–892.
- Union of Concerned Scientists. (2011). *Rising Temperatures , Worsening Ozone Pollution* (Climate Ch). <https://www.ucsusa.org/sites/default/files/2019-09/climate-change-and-ozone-pollution.pdf>
- usgs.gov. (2018). Landsat Normalized Difference Vegetation Index. In *USGS for a Changing World- Landsat Surface Reflectance-Derived Spectral Indices*. https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-normalized-difference-vegetation-index?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con
- USGS. (2016). *Landsat 8 OLI and TIRS and their uses*. <https://www.usgs.gov/media/images/landsat-8-oli-and-tirs-and-their-uses>
- Wibowo, A. (2013). Spatial - Temporal Analysis of Urban Heat Island in Tangerang City. *Indonesian Journal of Geography*, 45(2), 101–115.
- Wilhite, D. A. (2000). Chapter1 Drought as a Natural Hazard. *Drought: A Global Assessment*, 1, 3–18. <https://core.ac.uk/download/pdf/188114319.pdf>