

DETEKSI LAND SURFACE TEMPERATURE MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT: STUDI KASUS KOTA JABABEKA DAN SEKITARNYA

Abdul Rohman Zaky^{*1}, Suhendra², Muhammad Ayub Arwin³

^{1,2} PT Jababeka Infrastruktur, Malang
Email: ¹abdul.zaky@jababeka-infra.com, ²suhendra@jababeka-infra.com

^{*}Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 09 November 2023, diterima untuk diterbitkan: 30 Oktober 2024)

Abstrak

Land Surface Temperature (LST) merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk melihat dampak perubahan iklim dan lingkungan akibat perubahan tutupan dan alih fungsi lahan. Studi kasus dilakukan di Kota Jababeka dan sekitarnya sebagai *Area Of Interest (AOI)* untuk mendapatkan informasi pola distribusi LST secara spasial dan temporal. Dalam kajian ini LST didapatkan dengan memanfaatkan dan mengolah *thermal band* pada citra Landsat multi temporal. *Land Surface Emisivity (LSE)* diturunkan dari *NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)* dan proporsi vegetasi (*PV*). Nilai LSE digunakan sebagai salah satu parameter untuk menghitung LST dari citra Landsat. Hasil kajian didapatkan bahwa kenaikan nilai rata-rata LST sebesar 3.03 °C antara tahun 1990 dengan tahun 2000, dan terjadi penurunan nilai rata-rata LST berturut-turut pada interval periode selanjutnya yaitu sebesar 2.39 °C antara tahun 2000 dengan tahun 2010 dan sebesar 0.54 °C antara tahun 2010 dengan tahun 2020. Kondisi ini dipicu oleh adanya kenaikan luasan atas kerapatan vegetasi sekitar 24% dari luas daerah penelitian sepanjang periode kajian yang diketahui berdasarkan distribusi spasial *NDVI* dan *LSE*. Hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam pengambilan keputusan dan menentukan arah kebijakan pengelolaan dan pengembangan Kota Jababeka dan sekitarnya di masa yang akan datang.

Kata kunci: *land surface temperature, landsat, Kota Jababeka, spasial dan temporal*

LAND SURFACE TEMPERATURE DETECTION USING LANDSAT IMAGERY: CASE STUDY IN JABABEKA CITY AND ITS SURROUNDING

Abstract

Land Surface Temperature (LST) is one of parameters used to assess the impacts of climate and environmental changes resulting from changes in land cover and land use conversion. A case study was conducted in Kota Jababeka and its surrounding region as the *Area Of Interest (AOI)* to obtain information on the spatial and temporal distribution patterns of LST. In this study, LST was obtained by utilizing and processing the *thermal band* of Landsat multi-temporal images. *Land Surface Emisivity (LSE)* was derived from *NDVI (Normalized Vegetation Index)* and proportion of vegetation (*PV*). *LSE* value is used as one of parameter to calculate LST obtained from Landsat imagery. The study's findings revealed that the average LST increased by 3.03 °C between 1990 and 2000, and subsequently, there were consecutive decreases in the average LST during the following time intervals: 2.39 °C between 2000 and 2010 and 0.54 °C between 2010 and 2020. These changes were triggered by an increase in vegetation cover of about 24% in the study area throughout the research period, as observed from the spatial distribution of *NDVI* and *LSE*. The results of this study are expected to be considered in decision-making and determining the direction of management and development in Kota Jababeka and its surrounding areas in the future.

Keywords: *land surface temperature, landsat, Kota Jababeka, spatial and temporal*

1. PENDAHULUAN

Kota Jababeka merupakan kota swasta yang dibangun dan dikembangkan oleh PT. Jababeka Tbk dengan menggabungkan 3 (tiga) kawasan sekaligus di dalamnya yaitu kawasan industri (*industrial estate*), kawasan perumahan, dan komersial (*residential and*

commercial estate). Kota ini dibangun sejak tahun 1989 dan terus melakukan perluasan wilayahnya sejak tahun didirikannya sampai dengan beberapa tahun terakhir ini (Jababeka Residence, 2023).

Hal ini tentunya menarik untuk dikaji terkait perkembangan pola distribusi spasial dan temporal

suhu permukaan tanah (LST) pada Kota Jababeka dan sekitarnya, mengingat LST dapat menjadi salah satu pendekatan dalam melihat dampak perubahan iklim dan lingkungan suatu wilayah (Sholihah dan Shibata, 2019). Selain itu, pembangunan dan perkembangan kota juga erat kaitannya dengan perubahan tutupan dan alih fungsi lahan (*land use land cover/LULC*) yang berdampak pada perubahan kondisi suhu permukaan tanah di wilayah tersebut (Chen, Deng, Zhou, Ren & Shan, 2022).

Kota Jababeka termasuk ke dalam salah satu wilayah di Kabupaten Bekasi. Kajian mengenai LST pernah dilakukan oleh Asi, Supriatna & Zulkarnain (2022) menggunakan citra Landsat di seluruh wilayah Kabupaten Bekasi pada periode 2004 - 2020. Selain itu, kajian LST juga pernah dilakukan di kecamatan Cikarang Utara (salah satu wilayah di kota Jababeka) pada tahun 2007 - 2018 menggunakan citra Landsat 5 dan 8 (Nadira, Saraswati & Wibowo, 2019). Pada kedua kajian tersebut, data LST yang didapat hanya menunjukkan LST berdasarkan pengambilan suhu kecerahan yang tercatat oleh sensor (*at-sensor brightness temperature*) tanpa melakukan koreksi terhadap emisivitas permukaan tanah. Sedangkan pada kajian ini, LST yang dihitung mempertimbangkan koreksi emisivitas untuk mendapatkan nilai LST yang sebenarnya (Stathopoulou dan Cartalis, 2007).

Tujuan dari kajian ini untuk mengetahui perubahan LST sepanjang periode tahun 1990 sampai dengan tahun 2020. Metode yang digunakan pada kajian ini meliputi pengolahan citra Landsat (*image processing*) yaitu dilakukan konversi nilai piksel (DN) pada citra Landsat 5 TM dan Landsat 7 ETM+ menjadi nilai radianansi spektral, NDVI, PV, LSE, dan LST untuk kemudian dilakukan visualisasi data dalam bentuk peta, grafik, dan tabel guna mendapatkan gambaran atas karakteristik dan distribusi LST secara spasial dan temporal.

2. DATA DAN METODE

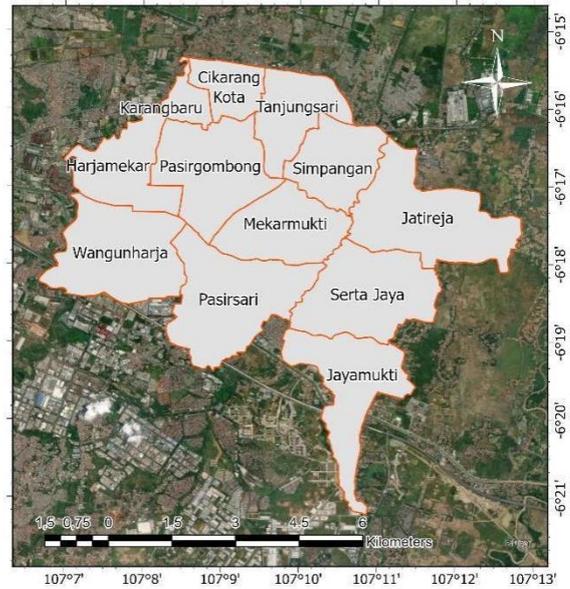
2.1. Area Kajian

Area pada kajian ini (AOI) yaitu Kota Jababeka dan sekitarnya meliputi 12 kelurahan/desa yaitu Jayamukti, Mekarmukti, Simpangan, Cikarang Kota, Pasirgombong, Pasirsari, Wangunharja, Sertajaya, Jatireja, Karangbaru, Harjamekar, dan Tanjungsari sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1.

Tabel 1. Penggunaan Data

Data	Sensor, Band	Resolusi Spasial	tanggal akuisisi	Sumber
Landsat 5	TM, 6	30 m	20/04/1990	USGS
Landsat 7	ETM+, 6	30 m	14/09/2000 21/05/2010 16/05/2020	USGS
Polygon batas administrasi				BIG

Keterangan: USGS = U.S. Geological Survey, BIG = Badan Informasi Geospasial



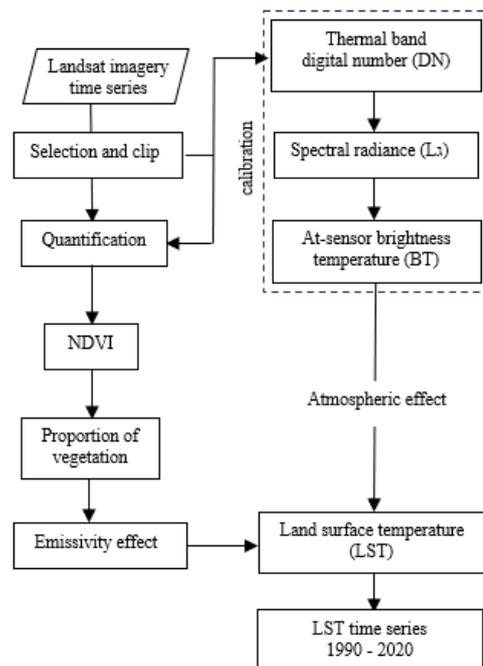
Gambar 1. Area of interest

2.2. Data

Data yang digunakan dalam memetakan dan menghitung LST memanfaatkan band 6 (*thermal*) pada citra Landsat 5 *Thematic Mapper* (TM) dan Landsat 7 *Enhanced Thematic Mapper* (ETM+) (Stathopoulou dan Cartalis, 2007).

2.3. Metode

Metode yang digunakan dalam memetakan dan menghitung LST ditampilkan pada gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram alir

Pengolahan citra Landsat sepenuhnya dilakukan pada *software* ArcGIS dengan memanfaatkan *raster calculator* pada *license spatial*

analyst, sedangkan untuk visualisasi citra menggunakan menu *symbology* pada *software* yang sama. Adapun dalam melakukan ekstraksi nilai piksel NDVI, LSE, dan LST untuk kemudian dilakukan visualisasi dalam tampilan *scatter plot*, maka penulis menggunakan modul geospasial python.

2.3.1. Pengambilan radiansi spektral yang tercatat oleh sensor (*at-sensor radiance*)

Pada perhitungan konversi DN band 6 untuk mendapatkan radiansi spektral mengacu pada *Landsat Data Users Handbook (Department USGS, 2019)* dengan menggunakan persamaan berikut di bawah ini:

$$L_{\lambda} = \frac{(L_{Max}-L_{Min})}{Q_{calMax}-Q_{calMin}} * (Q_{cal} - Q_{calMax}) + L_{Min} \quad (1)$$

atau

$$L_{\lambda} = G_{rescale} \times Q_{cal} \times B_{rescale} \quad (2)$$

dimana, L_{λ} adalah radiansi spektral [$W/m^2 sr \mu m$], L_{Min} adalah radiansi spektral yang diskalakan ke Q_{calMin} [$W/m^2 sr \mu m$], L_{Max} adalah radiansi spektral yang diskalakan ke Q_{calMax} [$W/m^2 sr \mu m$], Q_{cal} adalah nilai piksel [DN], Q_{calMin} adalah DN minimum, dan Q_{calMax} adalah DN maksimum sebagaimana disajikan pada Tabel 2, 3, dan 4 (Chander, Markham, dan Helder, 2009).

Tabel 2. Radiansi Spektral Landsat 5 TM

TM Sensors ($Q_{calmin} = 1, Q_{calmax} = 255$)				
Band	Spectral Range (μm)	Sentral	L_{Min} ($W/m^2 sr \mu m$)	L_{Max}
1	0,452 - 0,518	0,485	-1,52	169
2	0,528 - 0,609	0,569	-2,84	333
3	0,626 - 0,693	0,660	-1,17	264
4	0,776 - 0,904	0,840	-1,51	221
5	1,567 - 1,784	1,676	-0,37	30,2
6	10,45 - 12,42	11,435	1,237	15,303
7	2,097 - 2,349	2,223	-0,15	16,5

Tabel 3. Radiansi Spektral Landsat 7 ETM+

ETM+ Sensors ($Q_{calmin} = 1, Q_{calmax} = 255$)				
Band	Spectral Range (μm)	Sentral	L_{Min} ($W/m^2 sr \mu m$)	L_{Max}
<i>Low Gain</i>				
1	0,452 - 0,514	0,483	-6,2	293,7
2	0,519 - 0,601	0,560	-6,4	300,9
3	0,631 - 0,692	0,662	-5,0	234,4
4	0,772 - 0,898	0,835	-5,1	241,1
5	1,547 - 1,748	1,648	-1,0	47,57
6	10,31 - 12,36	11,335	0,0	17,04
7	2,065 - 2,346	2,206	-0,35	16,54
<i>High Gain</i>				
1	0,452 - 0,514	0,483	-6,2	191,6
2	0,519 - 0,601	0,560	-6,4	196,5
3	0,631 - 0,692	0,662	-5,0	152,9
4	0,772 - 0,898	0,835	-5,1	157,4
5	1,547 - 1,748	1,648	-1,0	31,06
6	10,31 - 12,36	11,335	3,2	12,65
7	2,065 - 2,346	2,206	-0,35	10,80

Tabel 4. Perbandingan nilai $G_{rescale}$ dan $B_{rescale}$ pada Landsat 5 TM dengan Landsat 7 ETM+

Band	Landsat 5 TM		Landsat 7 ETM+	
	$G_{rescale}$	$B_{rescale}$	$G_{rescale}$	$B_{rescale}$

	($W/m^2 sr \mu m$)/DN	($W/m^2 sr \mu m$)	($W/m^2 sr \mu m$)/DN	($W/m^2 sr \mu m$)
<i>Low Gain</i>				
1	0,671	-2,19	1,180	-7,38
2	1,322	-4,16	1,209	-7,61
3	1,043	-2,21	0,942	-5,94
4	0,876	-2,39	0,969	-6,07
5	0,120	-0,49	0,191	-1,19
6	0,055	1,18	0,067	-0,07
7	0,065	-0,22	0,066	-0,42
<i>High Gain</i>				
1			0,778	-6,98
2			0,798	-7,20
3			0,621	-5,62
4			0,639	-5,74
5			0,126	-1,13
6			0,037	3,16
7			0,043	-0,39

Pada Landsat 7 ETM+ untuk lahan tanpa wilayah bersalju, es abadi, dan gurun, maka pengaturan orbit yang dipilih pada band 1-3 adalah *high gain*, begitu juga untuk band 4 untuk pengaturan orbitnya adalah *high gain*, kecuali elevasi matahari lebih besar dari 45° maka pengaturan orbit yang dipilih adalah *low gain*, sedangkan pada band 5 dan band 7 untuk pengaturan orbit yang dipilih adalah *high gain* (Department USGS, 2019).

2.3.2. Pengambilan suhu kecerahan yang tercatat oleh sensor (*at-sensor brightness temperature*)

Selanjutnya untuk perhitungan konversi radiansi spektral ke *brightness temperature* (BT) dalam satuan Kelvin menggunakan persamaan yang disampaikan oleh Stathopoulou dan Cartalis (2007) sebagai berikut:

$$BT = \frac{(K_2)}{\ln(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1)} \quad (3)$$

dimana K_2 adalah nilai konstanta kalibrasi (1282,71 K), K_1 adalah nilai konstanta kalibrasi (666,09 $W/m^2 sr \mu m$) dan L_{λ} adalah radiansi spektral ($W/m^2 sr \mu m$) yang disajikan pada Tabel 5 (Chander, Markham, dan Helder, 2009).

Kemudian untuk konversi nilai BT menjadi satuan Celcius, maka dilakukan dengan mengurangi nilai suhu Kelvin dengan 273,15 sehingga didapatkan nilai BT dalam satuan °C (Sholihah dan Shibata, 2019).

Tabel 5. Konstanta Kalibrasi *thermal band*

Konstanta	K_1	K_2
	($W/m^2 sr \mu m$)	Kelvin
Landsat 5 TM	607,76	1260,56
Landsat 7 ETM+	666,09	1282,71

2.3.3. Identifikasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI)

Menurut Danoedoro (2012), NDVI merupakan kombinasi antara teknik penisbahan dengan teknik pengurangan citra yang biasa digunakan untuk memahami kondisi vegetasi berdasarkan band 4

(merah) dan band 5 (*Near Infra Red* atau NIR). Tranformasi NDVI ini merupakan salah satu produk standar NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) satelit cuaca berorbit polar yang memberikan perhatian khusus pada fenomena perubahan vegetasi dan cuaca global.

Dalam melakukan perhitungan NDVI, maka DN perlu dilakukan konversi radiansi spektral terlebih dahulu yang merupakan kombinasi dari pantulan objek dengan gangguan atmosfer yang sampai ke sensor sehingga ini juga dapat disebut dengan *at-sensor reflectance* atau *at-satellite reflectance* (Danoedoro, 2012).

Pada tahapan selanjutnya, untuk menekan pengaruh gangguan atmosfer tersebut perlu dilakukan kalibrasi sensor menggunakan rumus pantulan pada permukaan objek (*at-surface reflectance*) dengan persamaan yang disampaikan oleh Sobrino, Jimenez-Munoz, dan Paolini (2004) sebagai berikut:

$$\rho = \frac{\pi * L_{\lambda} * d^2}{E_{sun_{\lambda}} * \cos \theta_s} \tag{4}$$

dimana ρ adalah *reflectance*, $E_{sun_{\lambda}}$ adalah irradiansi matahari di luar atmosfer ($W/m^2 \mu m$), π adalah konstanta matematika setara 3,14 kemudian θ_s adalah sudut zenit matahari (*degree*), d adalah jarak relatif matahari dan bumi dalam satuan astronomis. Adapun untuk nilai d dan θ_s disediakan dalam metadata Landsat 5 TM maupun Landsat 7 ETM+, sedangkan untuk nilai irradiansi matahari di luar atmosfer ($E_{sun_{\lambda}}$) disajikan pada Tabel 6 (Chander, Markham, dan Helder, 2009).

Tabel 6. Irradiansi Matahari di luar atmosfer pada Landsat 5 TM dan Landsat 7 ETM+

Band	Landsat 5 TM	Landsat 7 ETM+
	$E_{sun_{\lambda}}$	
(W/m ² sr μm)		
<i>Low Gain, High Gain</i>		
1	1983	1997
2	1796	1812
3	1536	1533
4	1031	1039
5	220,0	230,8
6	N/A	N/A
7	83,44	84,90

Setelah mendapatkan *reflectance*, maka dilakukan perhitungan NDVI menggunakan persamaan yang disampaikan oleh Athick, Shankar, dan Naqvi (2019) sebagai berikut:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \tag{5}$$

dimana ρ_{NIR} adalah *reflectance* band 5 (NIR) dan ρ_{RED} adalah *reflectance* pada band 4 (merah).

2.3.4. Perhitungan Proporsi Vegetasi (PV)

Perhitungan proporsi vegetasi di permukaan tanah diperhitungkan berdasarkan variabilitas NDVI

suatu area (Sobrino, Jimenez-Munoz, dan Paolini, 2004). Proposi vegetasi dirumuskan menggunakan persamaan yang disampaikan oleh Alexander (2020) sebagai berikut:

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v - NDVI_s} \right)^2 \tag{6}$$

dimana $NDVI_v$ adalah nilai NDVI untuk wilayah tanah tandus dan $NDVI_s$ adalah nilai NDVI untuk wilayah dengan vegetasi yang melimpah ($NDVI_v=0,5$ dan $NDVI_s =0,2$).

2.3.5. Perhitungan Land Surface Emisivity (LSE)

Land surface emisivity dapat dikalkulasi menggunakan NDVI dengan 3 (tiga) kondisi yang berbeda, yaitu (1) wilayah tanah tandus/perkotaan/pinggiran kota, (2) wilayah dengan campuran tanah tandus dan tumbuh-tumbuhan yang menutupinya, dan (3) wilayah dengan vegetasi yang melimpah (Sobrino, Jimenez-Munoz, dan Paolini, 2004).

$$\epsilon = \begin{cases} 0,97 & NDVI < NDVI_s \\ \epsilon_s (1 - P_v) + \epsilon_v P_v & NDVI_s \leq NDVI \leq NDVI_v \\ 0,99 & NDVI > NDVI_v \end{cases} \tag{7}$$

Pada kajian ini untuk LSE dengan $NDVI < NDVI_s$ dianggap sebagai wilayah tanah tandus/perkotaan/pinggiran kota dimana LSE dihitung dari nilai *reflectance* pada AOI, sehingga emisivitas dapat diasumsikan dengan nilai konstanta 0,97 sebagaimana kajian yang dilakukan Balew dan Korme (2020) disajikan pada Tabel 7.

Menurut Stathopoulou dan Cartalis (2007) nilai emisivitas $\leq 0,97$ memiliki kategori tutupan lahan berupa perkotaan, pinggiran kota, dan daerah percampuran perkotaan.

Tabel 7. LSE thermal band Landsat 5 dan Landsat 7

Satelit	Band	Vegetasi	Tanah	Air
Landsat 5	6	0,986	0,974	0,995
Landsat 7	6	0,99	0,973	0,991

2.3.6. Perhitungan Land Surface Temperature (LST)

Perhitungan LST dalam kajian ini menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Stathopoulou and Cartalis (2004) sebagai berikut:

$$T_s = \frac{T_b}{\left\{ 1 + \left[\frac{\lambda T_b}{\rho} \ln \epsilon \right] \right\}} \tag{8}$$

dimana T_s adalah LST dalam dalam °C, T_b adalah *brightness temperature* yang telah dikonversi menjadi menjadi °C, λ adalah panjang gelombang pancaran band 6 pada Landsat 5 TM maupun Landsat 7 ETM+ (11.5 μm), ρ adalah $(h \times c/\sigma) = 1,4388 \times 10^{-2} \text{ m K} = 14388 \mu \text{ K}$ (h adalah konstanta Plank 6,626 $\times 10^{-34} \text{ J s}$, c adalah kecepatan cahaya 2,998 $\times 10^8 \text{ m/s}$,

σ adalah konstanta Boltzmann $1,38 \times 10^{-23}$ J/K), dan ϵ adalah LSE.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan citra Landsat untuk menganalisis sebaran LST secara spasial dan temporal telah dilakukan di Kota Jababeka dan sekitarnya dalam kurun waktu perekaman citra periode 1990-2020. Sebagai data dukung, data NDVI dan LSE juga dianalisis menggunakan *zonal statistic* berdasarkan kelas untuk melihat pola sebaran secara spasial dan temporal serta hubungannya dengan LST.

3.1. Karakteristik NDVI, LSE, dan LST

Nilai NDVI diklasifikasikan ke dalam 3 (tiga) kelas yaitu kerapatan vegetasi rendah ($NDVI < 0,2$), sedang ($0,2 \leq NDVI \leq 0,5$) dan tinggi ($NDVI > 0,5$) untuk mendapatkan nilai emisivitas permukaan tanah (Sobrino, Jimenez-Munoz, dan Paolini, 2004). Berdasarkan Gambar 2, sebaran nilai NDVI dengan kerapatan vegetasi tinggi relatif merata dari tahun 1990-2020, kecuali pada tahun 2000 yang terlihat berkurang dari tahun sebelumnya dan bisa terlihat dari Tabel 8, luas area dengan kerapatan vegetasi tinggi mengalami penurunan dari $4,62 \text{ km}^2$ di tahun 1990 menjadi $0,48 \text{ km}^2$ di tahun 2000 dan mengalami kenaikan yang signifikan di tahun 2010 sebesar $13,32 \text{ km}^2$ (sekitar 24% AOI). Sedangkan sebaran nilai NDVI dengan kerapatan vegetasi rendah mengalami peningkatan dari tahun ke tahun dan hanya mengalami penurunan yang relatif kecil di tahun 2010.

Sebaran nilai LSE secara spasial terlihat pada Gambar 3 dan dikategorikan ke dalam 3 (tiga) kelas juga. Sebaran nilai LSE dari tahun 1990-2020 cenderung mempunyai pola yang sama dengan NDVI yaitu mengalami kenaikan, kecuali di tahun 2000. Pada area yang mempunyai kerapatan vegetasi yang tinggi, nilai LSE pun tinggi di area tersebut. Begitu sebaliknya, pada area dengan kerapatan vegetasi yang rendah, memiliki nilai LSE yang rendah pula, kecuali pada area perairan yang memiliki nilai LSE yang tinggi.

Sementara itu, sebaran nilai LST dari tahun 1990-2020 ditampilkan pada Gambar 4 dan nilai statistiknya dapat dilihat pada Tabel 10. Rata-rata nilai LST mengalami kenaikan antara tahun 1990 dan 2000 sebesar $3,03 \text{ }^\circ\text{C}$, kemudian mengalami penurunan berturut-turut sebesar $2,89 \text{ }^\circ\text{C}$ dan $0,54 \text{ }^\circ\text{C}$ pada tahun 2010 dan 2020. Pada area dengan kerapatan NDVI yang tinggi, memiliki nilai LST yang rendah dan begitu sebaliknya pada area dengan kerapatan NDVI yang rendah memiliki nilai LST yang tinggi. Kecenderungan penurunan LST mulai dari tahun 2010 di kota Jababeka ini berbeda jika dibandingkan dengan hasil kajian Asi, Supriatna &

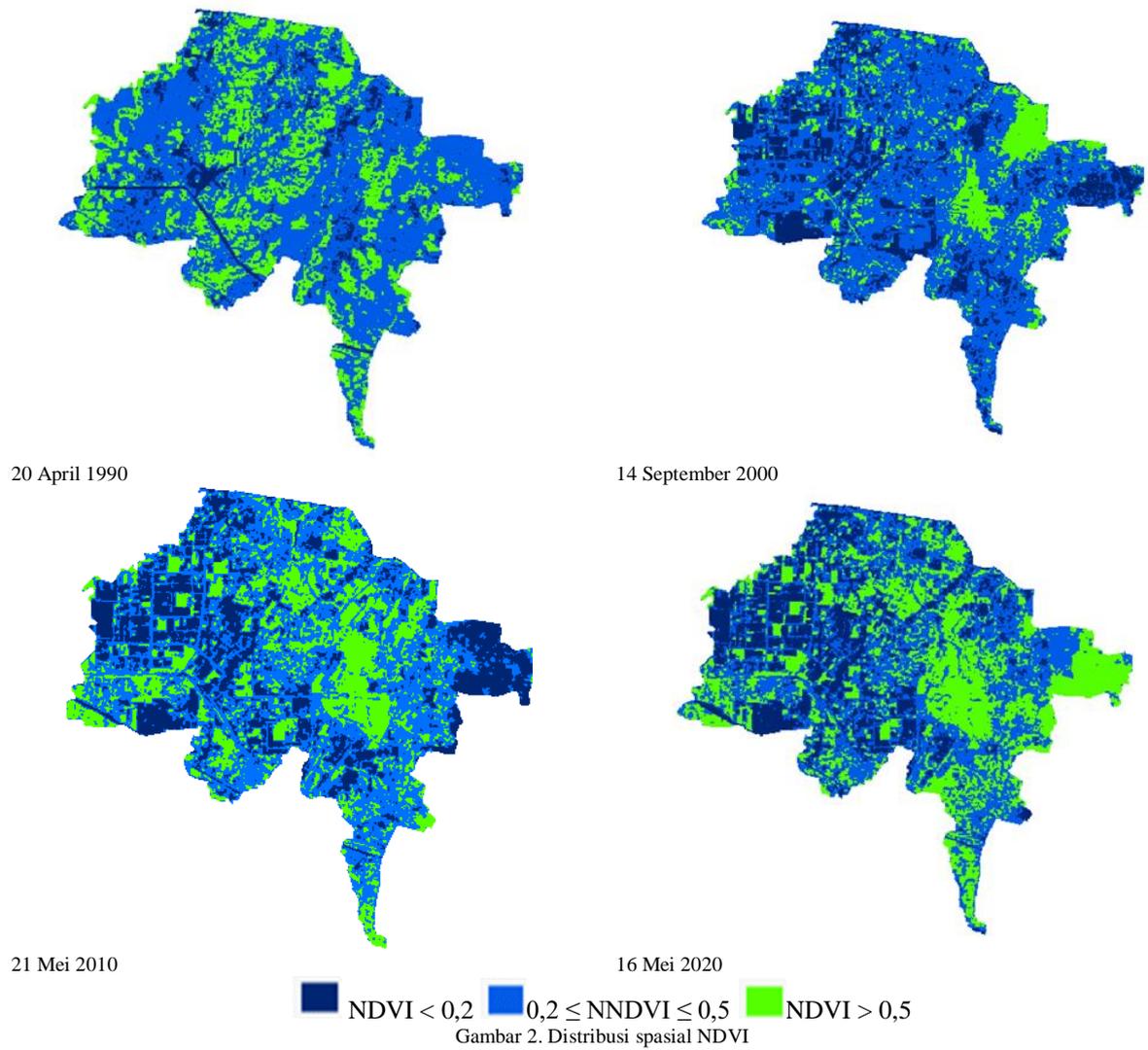
Zulkarnain (2022) yang melaporkan bahwa nilai LST di Kabupaten Bekasi secara umum cenderung mengalami kenaikan dari tahun 2004 - 2020. Begitu juga dengan hasil kajian Nadira, Saraswati & Wibowo (2019) yang melaporkan terjadi kenaikan LST secara khusus di kecamatan Cikarang Utara dari tahun 2007 – 2018. Penurunan LST di kota Jababeka berdasarkan hasil kajian, diasumsikan dipengaruhi oleh wilayah lain (selain Cikarang Utara) yang cenderung memiliki kerapatan vegetasi yang tinggi.

3.2. Analisis pola perubahan tutupan lahan

Analisis pola perubahan tutupan lahan pada daerah kajian berdasarkan nilai LSE melalui pendekatan yang dilakukan oleh Stathopoulou dan Cartalis (2007) serta Balew dan Korme (2020) disajikan pada Tabel 9 dan 11. Analisis melalui pendekatan ini didapatkan bahwa untuk kategori wilayah tanah tandus/perkotaan/pinggiran kota mengalami kenaikan di tahun 2000 sebesar $11,1 \text{ km}^2$ dibandingkan dengan tahun 1990 dan mengalami penurunan sebesar $1,41 \text{ km}^2$ di tahun 2010 dibandingkan dengan tahun 2000, sedangkan di tahun 2020 mengalami kenaikan kembali sebesar $2,87 \text{ km}^2$ dibandingkan dengan tahun 2010.

Sementara untuk kategori wilayah dengan campuran tanah tandus dan tumbuh-tumbuhan yang menutupinya terjadi penurunan sepanjang tahun periode kajian dengan rata-rata sekitar $6,4 \text{ km}^2$ per tahun. Adapun untuk kategori wilayah dengan vegetasi yang melimpah berbanding terbalik kondisinya dengan wilayah tanah tandus/perkotaan dan pinggiran kota yaitu mengalami penurunan di tahun 2000 sebesar $4,14 \text{ km}^2$ dibandingkan dengan tahun 1990 dan mengalami kenaikan di tahun 2010 sebesar $12,84 \text{ km}^2$ dibandingkan dengan tahun 2000, sedangkan di tahun 2020 mengalami penurunan kembali sebesar $0,6 \text{ km}^2$ dibandingkan dengan tahun 2010.

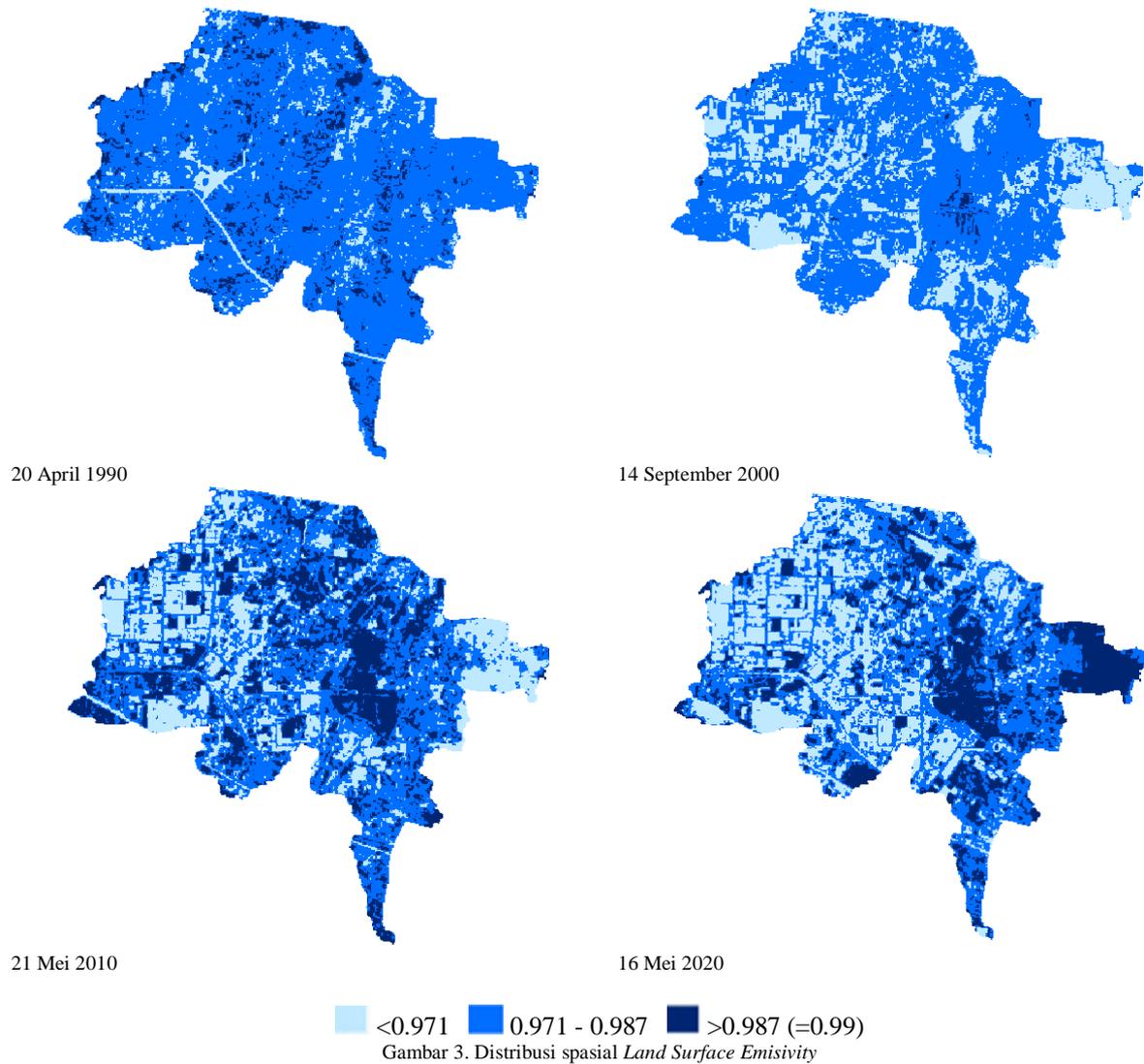
Kondisi di atas menjelaskan bahwa pada daerah kajian memiliki tingkat ekspansi wilayah tutupan lahan tanah tandus/perkotaan/pinggiran kota yang cukup tinggi yang menimbulkan degradasi pada tutupan lahan vegetasi. Hal ini dapat diasosiasikan sebagai keberadaan ekspansi pertumbuhan kota dan perubahan tutupan lahan yang dapat berdampak pada fenomena *urban heat island* (UHI) pada daerah kajian (Balew dan Korme, 2020). Lebih lanjut lagi, keberadaan vegetasi pada lahan dapat mengurangi nilai LST karena vegetasi dapat menutupi lahan dengan bayangan dan mengatur proses pemantulan sinar matahari oleh suatu permukaan (proses albedo). Pembahasan ini dapat memberikan gambaran bahwa perubahan tutupan dan alih fungsi lahan berperan penting dalam mengatur kondisi LST.



Gambar 2. Distribusi spasial NDVI

Tabel 8. Karakteristik kepadatan vegetasi berdasarkan distribusi NDVI

NDVI	Kelas	Area (km ²)				Persentase (%)				Perubahan Area (km ²)		
		1990	2000	2010	2020	1990	2000	2010	2020	1990 - 2000	2000 - 2010	2010 - 2020
<0,2	rendah	4,17	15,27	13,86	16,73	7,75	28,35	25,74	31,07	11,1 ↑	1,41 ↓	2,87 ↑
0,2 - 0,5	sedang	45,06	38,10	26,67	24,40	83,68	70,76	49,53	45,30	6,96 ↓	11,43 ↓	2,27 ↓
>0,5	tinggi	4,62	0,48	13,32	12,72	8,57	0,88	24,73	23,63	4,14 ↓	12,84 ↑	0,6 ↓
Total		53,84	53,84	53,84	53,84	100,00	100,00	100,00	100,00			

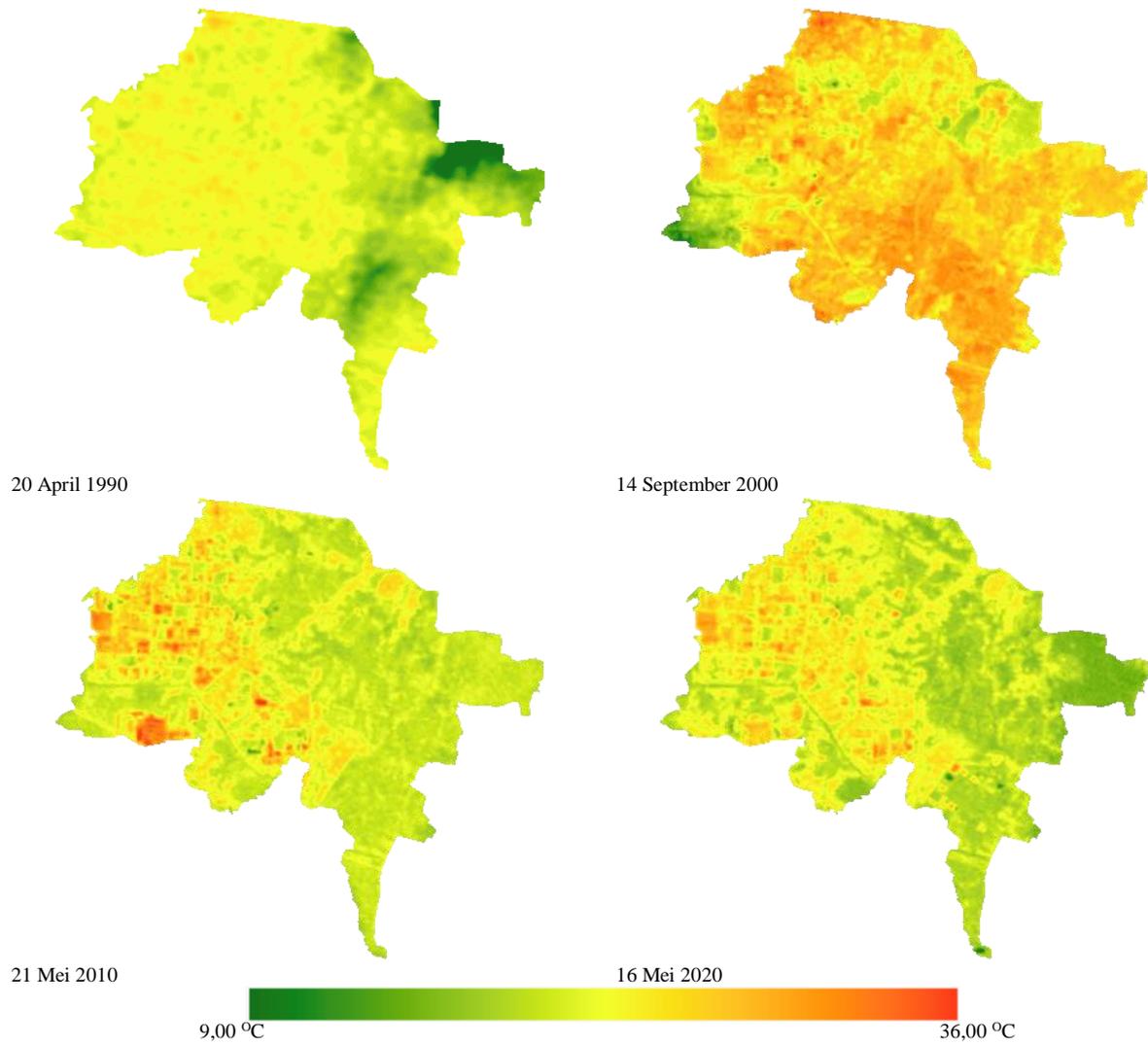


Tabel 9. Klasifikasi permukaan tanah berdasarkan distribusi LSE

LSE	Kelas	Area (km ²)				Persentase (%)				Perubahan Area (km ²)			
		1990	2000	2010	2020	1990	2000	2010	2020	1990 - 2000	2000 - 2010	2010 - 2020	-
<0.971	1	4,17	15,27	13,86	16,73	7,75	28,35	25,74	31,07	11,1 ↑	1,41 ↓	2,87 ↑	
0.971 - 0.987	2	45,06	38,10	26,67	24,40	83,68	70,76	49,53	45,30	6,96 ↓	11,43 ↓	2,27 ↓	
>0.987	3	4,62	0,48	13,32	12,72	8,57	0,88	24,73	23,63	4,14 ↓	12,84 ↑	0,6 ↓	
Total		53,84	53,84	53,84	53,84	100,00	100,00	100,00	100,00				

Keterangan:

- 1 wilayah tanah tandus/perkotaan/pinggiran kota
- 2 wilayah dengan campuran tanah tandus dan tumbuh-tumbuhan yang menutupinya
- 3 wilayah dengan vegetasi yang melimpah

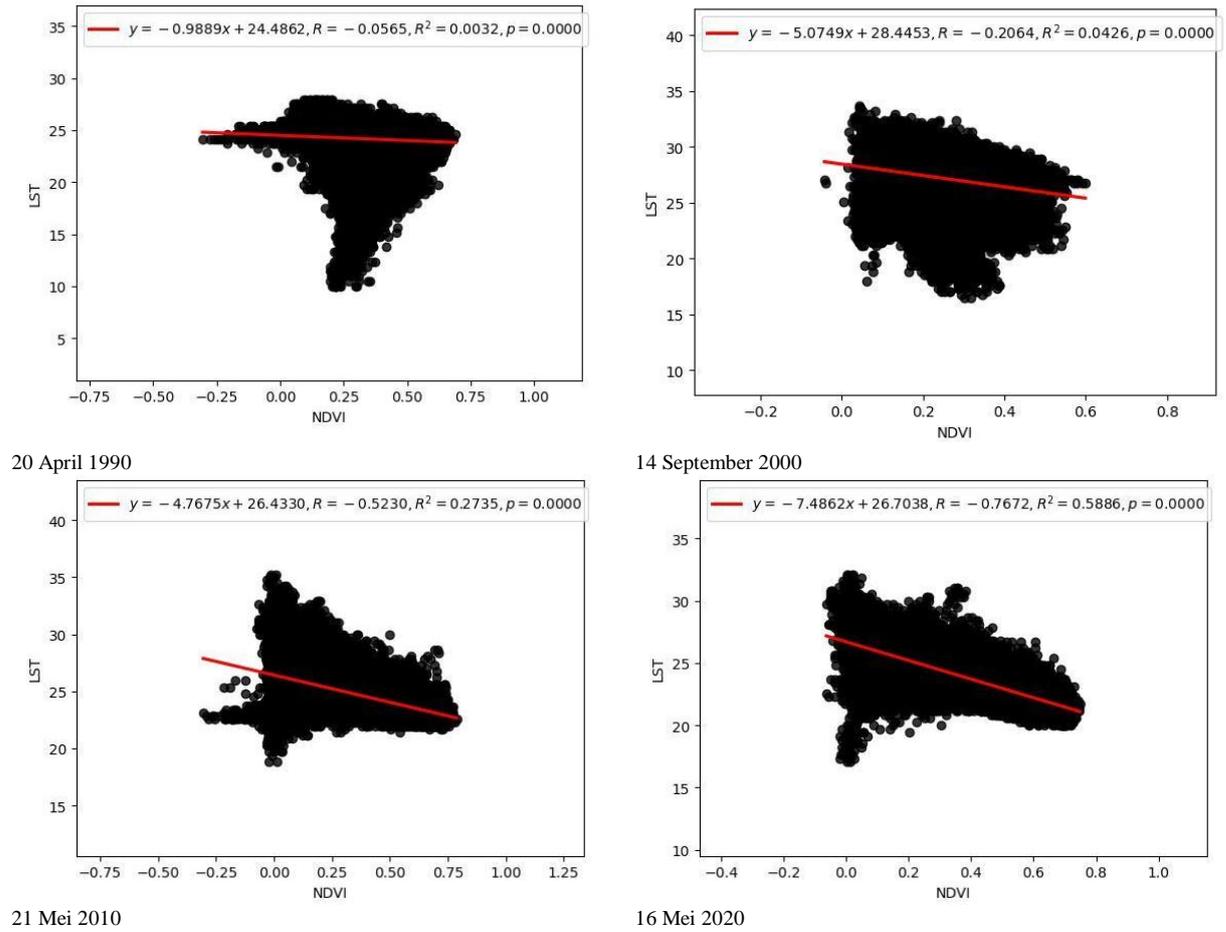


Gambar 4. Distribusi spasial *Land Surface Temperature*

Tabel 10. Ringkasan Statistik LST

Tahun	Min	Max	Mean	Std	Perbedaan Mean LST		
					1990-2000	2000-2010	2010-2020
20/04/1990	9.96	27.95	24.14	1.95	3,03 ↑	2,39 ↓	0,54 ↓
14/09/2000	16.44	33.71	27.17	2.04			
21/05/2010	18.81	35.26	24.78	1.70			
16/05/2020	17.04	32.13	24.24	1.83			

Keterangan: Min= nilai minimum, Max= nilai maksimum, Mean= nilai rata-rata, Std= standar deviasi



Gambar 5. Scatter plot menunjukkan hubungan antara NDVI dengan LST

Tabel 11. Karakteristik NDVI, LSE, LST berdasarkan tutupan lahan

Kelas	Tutupan lahan	Mean NDVI				Mean LSE				Mean LST (°C)			
		1990	2000	2010	2020	1990	2000	2010	2020	1990	2000	2010	2020
1	tanah tandus/perkotaan/pinggiran kota	0,15	0,16	0,10	0,11	0,970	0,970	0,970	0,970	24,67	27,63	26,02	25,90
2	campuran tanah tandus dan vegetasi	0,32	0,29	0,35	0,34	0,986	0,975	0,974	0,974	24,13	27,00	24,67	24,09
3	vegetasi melimpah	0,54	0,52	0,59	0,59	0,990	0,990	0,990	0,990	24,00	26,23	23,72	22,37

3.3. Korelasi NDVI dan LST

Analisis korelasi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara nilai LST sebagai variabel terikat (y) dengan nilai NDVI sebagai variabel bebas (x) di lokasi kajian. Berdasarkan Gambar 5, secara umum nilai NDVI berhubungan berbanding terbalik dengan nilai LST dengan koefisien korelasi R bernilai negatif. Hal ini sebagaimana kajian yang dilakukan oleh Balew dan Korme (2020), bahwa hubungan NDVI dengan LST memiliki korelasi negatif, dimana semakin tinggi nilai NDVI maka semakin rendah nilai LST dan kondisi sebaliknya.

Analisis korelasi negatif antara NDVI dengan LST (n=59.950) didapatkan $r=-0,056$ $P<0,05$ di tahun 1990 yang berarti pengaruh yang dijelaskan oleh variabel x terhadap y sebesar 5,6% dan sisanya yaitu 94,4% dipengaruhi oleh faktor lain di luar model regresi. Selanjutnya di tahun 2000 didapatkan $r=-$

0,206 $P<0,05$ yang berarti bahwa pengaruh yang dijelaskan oleh variabel x terhadap y sebesar 20,6% dan sisanya yaitu 79,4% dipengaruhi oleh faktor lain di luar model regresi. Sedangkan di tahun 2010 didapatkan $r=-0,523$ $P<0,05$ yang berarti bahwa pengaruh variabel x terhadap y sebesar 52,3% dan sisanya yaitu 47,7% dipengaruhi oleh faktor lain di luar model regresi. Adapun di tahun 2020 didapatkan $r=-0,767$ $P<0,05$ yang berarti bahwa pengaruh variabel x terhadap y sebesar 76,7% dan sisanya yaitu 23,3% dipengaruhi oleh faktor lain di luar model regresi. Hasil korelasi ini tidak jauh berbeda dengan hasil kajian yang dilakukan oleh Asi, Supriatna dan Zulkarnain (2022) yang menghasilkan nilai r antara -0,219 sampai -0,641.

3.4. Kebijakan Pengelolaan Lingkungan

Dalam upaya pengelolaan lingkungan, Kota Jababeka memiliki tata tertib kawasan yang salah satunya mengatur mengenai penyediaan ruang terbuka hijau bagi perusahaan yang akan melakukan pembangunan. Selain itu, pengelolaan lingkungan juga dilakukan melalui penanaman pohon setiap tahun dan pemeliharaan pohon serta taman yang dilakukan setiap bulan di sekitar area kawasan. Oleh karena itu, Kota Jababeka selalu mencapai peringkat biru dalam Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam Pengelolaan Lingkungan (PROPER) dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) dari tahun 2008 sampai 2014. Bahkan pada tahun 2009 dan 2011, Kota Jababeka pernah mencapai peringkat hijau (Wikaningrum, Pramudya & Noor, 2015).

Kebijakan pengelolaan lingkungan tersebut, berimplikasi pada penurunan nilai LST berdasarkan hasil analisis citra satelit. Upaya penghijauan yang dilakukan Kota Jababeka telah meningkatkan kerapatan vegetasi dan berdasarkan hasil analisis citra satelit, terjadi peningkatan nilai NDVI di sekitar area kajian. Kebijakan pengelolaan lingkungan tersebut, tentu berimplikasi pada peningkatan kerapatan vegetasi di sekitar area kajian. Hal tersebut sesuai dengan hasil analisis citra satelit yang menunjukkan adanya peningkatan nilai NDVI pada tahun 2010 dan 2020. Pada periode yang sama, peningkatan nilai NDVI tersebut diikuti dengan penurunan nilai LST di area kajian.

4. KESIMPULAN

Pada kajian ini, metode untuk menghitung *land surface emisivity*, NDVI, dan *land surface temperature* pada Landsat 5 TM dan Landsat 7 ETM+ telah disampaikan. Pada akhirnya dengan metode perhitungan tersebut dapat dideteksi bahwa kenaikan nilai rata-rata LST pada AOI mencapai 3.03 °C antara tahun 1990 dengan tahun 2000, dan terjadi penurunan nilai rata-rata LST berturut-turut pada interval periode selanjutnya mencapai 2.39 °C antara tahun 2000 dengan tahun 2010 dan sebesar 0.54 °C antara tahun 2010 dengan tahun 2020. Kondisi ini dipicu oleh adanya kenaikan luasan atas kerapatan vegetasi sekitar 24% dari luas daerah penelitian sepanjang periode kajian yang diketahui berdasarkan distribusi spasial NDVI dan LSE.

Untuk kajian lebih lanjut, perlu dilakukan validasi hasil analisis citra satelit dengan data pengukuran di lapangan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Kajian ini diinisiasi oleh divisi *Commercial dan Data Analytic section*, PT. Jababeka Infrastruktur. Selanjutnya penulis juga mengucapkan terima kasih kepada tim *Estate Regulation & Compliance (ERC)* dan *Landscape & Cleaning* dari divisi *Estate*

Management, PT. Jababeka Infrastruktur atas informasi mengenai pengelolaan lingkungan Kota Jababeka, serta USGS atas tersedianya Citra Landsat 5 TM dan Landsat 7 ETM+ dalam kajian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ASI, A. N. H., SUPRIATNA, S., dan ZULKARNAIN, F., 2022. Spatial Study of Land Cover Changes and Land Surface Temperature in Bekasi Regency, West Java, Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1111(1), p.012024.
- ATHICK, A.S.M.A., SHANKAR, K., dan NAQVI, H.R. 2019. Data on time series analysis of land surface temperature variation in response to vegetation indices in twelve Wereda of Ethiopia using mono window algorithm and spectral radiance model. Data in brief 27.
- ALEXANDER, C., 2020. Normalised difference spectral indices and urban land cover as indicators of land surface temperature (LST). International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 86, p.102013
- BALEW, A., dan KORME, T., 2020. Monitoring land surface temperature in Bahir Dar city and its surrounding using Landsat images. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, 23, pp. 371-386.
- CHANDER, G., MARKHAM, B.L, dan HELDER D.L., 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. Remote Sensing of Environment, pp. 893-903.
- CHEN, H., DENG Q., ZHOU, Z., REN Z., dan SHAN X., 2022. Influence of land cover change on spatio-temporal distribution of urban heat island-a case in Wuhan main urban area. Sustainable Cities and Society, 79, p. 103715.
- DANOEDORO, P. 2012. Pengantar Penginderaan Jauh Digital. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Department of the Interior U.S. Geological Survey, "Landsat 7 (L7) Data Users Handbook, "Version 2.0., USGS, South Dakota, 2019.
- Jababeka Residence. (2023). About Jababeka City, [online] Tersedia di: <<https://jababekaresidence.com/>> [Diakses 22 Juli 2023]
- NADIRA, C., SARASWATI, R. dan WIBOWO, A. 2019. Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Fenomena Urban Heat Island di Kecamatan Cikarang Utara, Kabupaten Bekasi Tahun 2007 – 2018 Menggunakan

- Citra Landsat 5 dan 8. Seminar Nasional Penginderaan Jauh ke-6, pp. 82-98.
- SHOLIHAH, R.I., dan SHIBATA, S., 2019. Retrieving Spatial Variation of Land Surface Temperature Based on Landsat OLI/TIRS: A Case of Southern part of Jember, Java, Indonesia.
- SOBRINO, J.A., JIMENEZ-MUNOZ, J.C., dan PAOLINI, L., 2004. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment* 90, pp. 434-440.
- SOBRINO, J. A., dan RAISSOUNI, N., 2000, T1 Application to Morocco. *International Journal of Remote Sensing*, 21, 353–366.
- STATHOPOULOU, M. dan CARTALIS, C., 2007. Daytime urban heat island from Landsat ETM+ and Corine land cover data: An application to major cities in Greece. *Solar Energy*, 81(3), pp. 358-368.
- WIKANINGRUM, T., PRAMUDYA, N. B., dan NOOR, E., 2015. Kebijakan Pengelolaan Lingkungan Kawasan Industri Sesuai PROPER KLHK Peringkat Hijau (Studi Kasus di Kawasan Industri Jababeka Bekasi). *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 5(2), pp. 111-120.

Halaman ini sengaja dikosongkan.