

Pemanfaatan Citra Landsat untuk Pemantauan Perubahan Tutupan Lahan Lima Dekade pada Kawasan Perkotaan dan Aglomerasi Industri Provinsi Jawa Timur

Akhmad Andi Saputra ¹, Farid L Hakim ², Marga Mandala ³, Indarto Indarto ³

¹ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gresik, Jl. Arif Rahman Hakim No.2B, Gresik, Jawa Timur 61111

² Yayasan Multidimensi Indonesia Cerdas, Jl. Tawangmangu No. 51, Jember, Jawa Timur, 68124

³ Kelompok Riset Ketahanan Pangan dan Pertanian Industrial (KP-PI), Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37, Jember Jawa Timur, 68121

Corresponding Author: Marga Mandala, idamandala.faperta@unej.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan tutupan lahan (LULC) di kawasan perkotaan dan aglomerasi industri di Provinsi Jawa Timur (Surabaya, Sidoarjo, Gresik, dan Mojokerto), selama lima dekade terakhir. Perubahan tersebut dianalisis dengan membandingkan empat peta yang diinterpretasikan dari serangkaian citra Landsat (1972, 1997, 2014, dan 2021). Prosedur utama penelitian terdiri atas: pengumpulan data; survei lapangan; klasifikasi citra; dan interpretasi perubahan. Klasifikasi dilakukan dengan menggunakan algoritma kemungkinan maksimum yang mencapai keseluruhan dan akurasi kappa >75%. Klasifikasi tersebut menghasilkan delapan kelas, yaitu lahan terbangun (BU), lahan pertanian heterogen (HAL), tanah gundul (BS), sawah (PF), perairan terbuka (OW), vegetasi (VG), semak belukar (SH), dan lahan basah (WL). Analisis menunjukkan terdapat peningkatan BU di wilayah tersebut sebesar 655%. Alih fungsi lahan pertanian baik PF maupun HAL mengakibatkan peningkatan luas BU yang cukup signifikan. Antara tahun 1997 dan 2014, 303 km² PF terkonversi menjadi BU, dan antara tahun 2014 dan 2021, seluas 308 km² lainnya juga terkonversi. Selanjutnya HAL (-79%), BS (-56%), VG (-10%), dan SH (-100%) kembali menunjukkan penurunan. Sementara terjadi peningkatan besar pada OW dan WL, masing-masing sebesar 222 dan 67%.

Kata kunci: Perubahan, Tutupan Lahan, Urban, Landsat, Klasifikasi

ABSTRACT

This study aims to analyse land land cover change (LULC) in urban areas and industrial agglomeration in East Java Province (Surabaya, Sidoarjo, Gresik, and Mojokerto), during the last five decades. The changes were analysed by comparing four maps interpreted from a series of Landsat images (1972, 1997, 2014, and 2021). The main procedures of the study consisted of: (1) data collection; (2) field survey; (3) image classification; and (4) LULC change interpretation. Classification was conducted using a maximum likelihood algorithm that achieved overall and kappa accuracy >75%. The classification resulted in eight classes, i.e., built-up land (BU), heterogeneous agricultural land (HAL), bare soil (BS), paddy fields (PF), open water (OW), vegetation (VG), shrubland (SH), and wetlands (WL). The analysis shows that there is an increase of BU in the region by 655%. The conversion of both PF and HAL agricultural land resulted in a significant increase in BU area. Between 1997 and 2014, 303 km² of PF was converted to BU, and between 2014 and 2021, another 308 km² was also converted. Furthermore, HAL (-79%), BS (-56%), VG (-10%), and SH (-100%) again showed a decrease. There was a large increase in OW and WL, by 222 and 67% respectively.

Keywords: LULC, Change, Urban, Landsat, Classification

1. PENDAHULUAN

Perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan (LULC) telah menjadi isu global dan kritis dalam permasalahan lingkungan hidup kita. Permasalahan yang menantang ini dapat menjadi hambatan dalam mencapai agenda *Milenium Development Goals* (MDGs). Di tingkat lokal, perubahan LULC mungkin terjadi secara tidak teratur. Namun, perubahan LULC yang sebenarnya telah divisualisasikan sebagai hasil persaingan kepentingan antar pemangku kepentingan. Peneliti biasanya mempelajari perubahan LULC melalui interpretasi terhadap dua atau lebih peta yang dihasilkan pada waktu berbeda. Peta konvensional dan citra satelit dapat diinterpretasikan untuk mempelajari dampak sebab akibat dari perubahan LULC dan implikasinya terhadap masyarakat dan lingkungan. (Nguyen, 2020; Ptak & Ławniczak, 2012).

Penggunaan citra Landsat untuk mempelajari perubahan LULC merupakan metode yang dikenal luas dan telah dipublikasikan dalam laporan penelitian di seluruh dunia. Fonji & Taff (2014), misalnya, menggunakan data Landsat TM dan menghubungkannya dengan data sensus untuk menyelidiki pengaruh faktor geografis dan demografi terhadap perubahan LULC. Kemudian, Klimanova et al (2017) menganalisis tren regional transformasi penggunaan/tutupan lahan di Brasil selama tahun 2001—2012 menggunakan berbagai masukan data. Lebih lanjut, Elias et al. (2019) mempelajari perubahan tutupan lahan (antara tahun 1973 dan 2017) di Gazipur Sadar, Bangladesh. Ada banyak kemungkinan dampak sebab-akibat utama dari perubahan LULC, yaitu pesatnya perkembangan urbanisasi (yaitu perluasan kota, migrasi pinggiran kota), perkembangan industri, perkembangan transportasi, kegiatan pendidikan dan budaya, praktik pertanian dan kegiatan pariwisata. Namun perubahan sebenarnya mungkin disebabkan oleh kombinasi pembangunan sektoral tersebut. Secara umum dikatakan bahwa perubahan ini lebih menonjol, lebih cepat, dan lebih mudah ditangkap dibandingkan dengan ekosistem pedesaan dan alami di perkotaan.

Urban sprawl (perluasan perkotaan) telah menjadi istilah populer untuk menggambarkan perubahan LULC dan dampak penyebabnya, seperti pengembangan jaringan transportasi, lokasi industri, sub-urbanisasi, dan pariwisata (Ahmed & Alla, 2019; Łucka, 2018). Perluasan ini menarik minat banyak peneliti dari seluruh dunia. Perluasan perkotaan dan dampak sebab akibat yang terkait dengan perubahan LULC mungkin terjadi di wilayah studi ini. Peneliti lain mempelajari dampak kausal perubahan LULC terkait kawasan konservasi alam untuk mencapai kelestarian ekosistem alam (Dastgerdi et al., 2019; Klyuev, 2019). Selain itu, perubahan LULC juga terkait dengan pengelolaan kawasan hutan dan dampak kausal dari perubahan kebijakan pertanian (Mangmeechai, 2020).

Tujuan khusus dari studi ini adalah untuk menggambarkan perubahan LULC yang signifikan selama lima dekade terakhir dan untuk mempelajari dampak sebab akibat dan pendorong utama perubahan di kawasan aglomerasi perkotaan dan industri di Provinsi Jawa Timur, Indonesia, yaitu Surabaya, Sidoarjo, Gresik, dan Mojokerto (Surabaya Raya). Surabaya Raya, merupakan kota metropolitan terbesar kedua di Indonesia setelah Jabodetabek. Data sensus menunjukkan bahwa terdapat peningkatan populasi sebesar 119% di wilayah ini (dari 3,5 menjadi 7,6 juta jiwa) sejak 1971 hingga 2021 (BPS-Statistics Indonesia, 1971; BPS-Statistics of Jawa Timur Province, 1997, 2015, 2021). Pertambahan jumlah penduduk

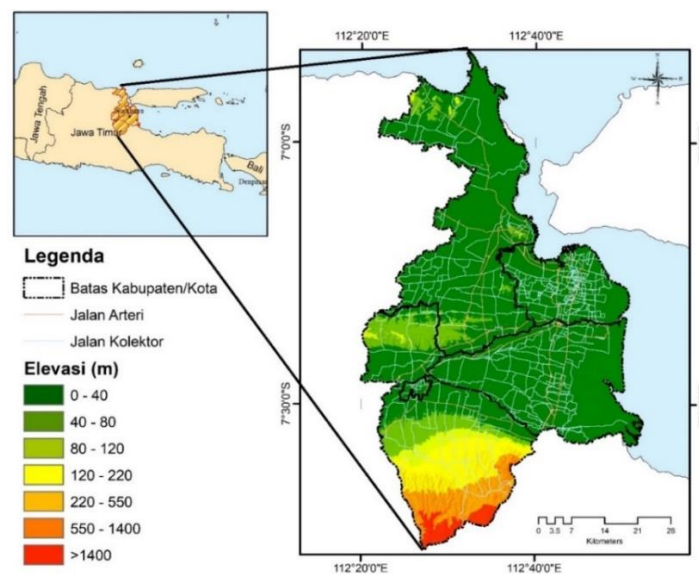
menuntut semakin banyak kawasan terbangun untuk pemukiman, fasilitas umum, dan pelayanan kota. Sebaliknya, peningkatan ini akan diimbangi dengan penurunan penggunaan lahan lainnya. Oleh karena itu, dinamika demografi (peningkatan dan penurunan jumlah penduduk) akan mengubah ekosistem alam menjadi lebih disebabkan oleh aktivitas manusia. Citra satelit memberikan lebih banyak informasi untuk melacak perubahan dan menjelaskan apa, mengapa dan bagaimana interaksi fenomena ini.

Perubahan LULC dihitung dengan membandingkan empat edisi peta yang diinterpretasikan dari Seri Data Landsat dari tahun 1970 hingga 2021 (Landsat 1 MSS, Landsat 5 TM, dan Landsat 8 OLI). Penelitian ini juga bertujuan mengetahui perubahan penggunaan lahan (LULC) dan struktur tata ruang di Surabaya Raya selama 5 (Lima) dekade yang dipengaruhi oleh pertumbuhan jumlah penduduk dan terbangunnya kawasan industri di Surabaya Raya. Pengolahan atau analisis data pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak GIS dan penginderaan jauh gratis, yaitu QGIS dan MultiSpec[©]. *Supervised Maximum Likelihood* digunakan sebagai algoritma pengklasifikasi. Peta terklasifikasi dinilai menggunakan matriks konfusi dan akurasi Kappa, *overall*, user, dan produser pada setiap peta.

METODOLOGI

STUDY AREA

Penelitian ini dilakukan di wilayah Surabaya Raya, Jawa Timur, yang mencakup area seluas 3078.8 km². Menurut BPS-Statistics of Jawa Timur Province (2022), wilayah ini beriklim tropis dengan musim panas dan hujan, dengan suhu rata-rata 27.1 C dan curah hujan rata-rata 210.5 mm/bulan. Berdasarkan data 30 m *Digital Elevation Model* dari *Shuttle Radar Topography Mission* (National Aeronautics and Space Administration [NASA] JPL, 2013), elevasi yang ada pada wilayah ini berkisar pada 2 hingga 2500 meter di atas permukaan laut.



Gambar 1. Wilayah kajian

Surabaya Raya merupakan kawasan aglomerasi industri di Provinsi Jawa Timur. Data survei Tahun 2018 (BPS-Statistics of Jawa Timur Province, 2021) menunjukkan terdapat 2616 industri besar dan atau menengah di wilayah ini. Jumlah tersebut merupakan 47.6% dari seluruh industri besar dan atau menengah yang ada di Provinsi Jawa Timur. Hasil survei juga menunjukkan lebih dari 4.3×10^5 tenaga kerja terserap di industri besar dan menengah tersebut. Selain industri besar dan menengah, sekitar 68593 industri mikro dan kecil juga menyerap lebih dari 1.6×10^5 tenaga kerja. Dengan banyaknya industri dan upah minimum yang tinggi (East Java Governor's Decree 2020), mendorong banyak masyarakat di daerah lain (pinggiran kota) untuk mencari pekerjaan dan menetap di wilayah ini.

MATERIALS AND METHOD

Dalam penelitian ini Seri Data Landsat multitemporal digunakan sebagai input utama, yaitu Landsat 1 MSS, Landsat 5 ETM, dan Landsat 8 OLI/TIRS. Citra mosaik diperoleh dari platform Google Earth Engine (GEE) code editor. Google Earth Engine adalah platform berbasis *cloud* yang memungkinkan pengguna mengakses dengan mudah sumber daya komputasi berkinerja tinggi untuk memproses kumpulan data geografis yang besar. Koleksi gambar disaring berdasarkan tutupan awan minimum dengan bantuan fungsi *cloud mask* untuk menghilangkan area yang tertutup awan (Basheer et al., 2022). Selain itu, untuk mengisi celah pada piksel kabur, koleksi citra di-agregasi-kan menggunakan teknik median. Tabel 1 menunjukkan metadata terkait citra yang digunakan dalam penelitian.

Table 1. Raw Metadata

<i>Satellite</i>	<i>Acquisition</i>	<i>Data Type</i>	<i>Composite</i>
Landsat 1 MSS	01/08/1972 -31/12/1972	Collection 1 Tier 2 DN Values	Green, Red, NIR 1 - 2
Landsat 5 ETM	01/01/1997 - 31/12/1997	Collection 1 Tier 1 SR	Blue, Green, Red, NIR, SWIR 1 - 2
Landsat 8 OLI	01/01/2013 - 31/12/2014	Collection 1 Tier 1 SR	Blue, Green, Red, NIR, SWIR 1 - 2
Landsat 8 OLI	01/01/2020 - 31/07/2021	Collection 1 Tier 1 SR	Blue, Green, Red, NIR, SWIR 1 - 2

Tipe data citra yang digunakan pada penelitian ini utamanya adalah Tier 1 Surface Reflectance yang sudah terkoreksi atmosferik dan geometrik (US. Geological Survey, 2019). Namun, karena keterbatasan yang ada, pada citra Landsat 1, digunakan tipe Tier 2 DN Values. Sehingga khusus untuk data tersebut, diperlukan koreksi geometrik dan atmosferik untuk meningkatkan kualitas data yang ada. Kedua proses koreksi tersebut dilakukan pada software QGIS. Algoritma DOS digunakan untuk proses koreksi atmosferik untuk menghilangkan efek gangguan akibat atmosfer (Chavez, 1988; Dewi & Trisakti, 2017). Sedangkan pada koreksi geometrik, GCPs yang digunakan untuk mengoreksi diambil dari citra Landsat terkoreksi yang ada dan dibantu dengan peta Rupa Bumi Indonesia skala

25.00. Seluruh citra pada penelitian ini digeoreferensikan menggunakan sistem proyeksi UTM WGS84 Zone 49S.

Delapan kelas tutupan lahan (Tabel 2) merepresentasikan tutupan lahan utama dalam penelitian ini yang diperoleh berdasarkan pengetahuan peneliti akan wilayah kajian, hasil survey lapang, dan interpretasi citra Landsat yang ada. Pada tiap periode citra, sebanyak 500 titik *ground-truth* digunakan untuk melakukan pemrosesan data, dimana 80% titik digunakan untuk *training sample*, dan 20% sisanya untuk uji akurasi. *Software* Google Earth Pro juga digunakan untuk menambah koleksi titik *ground-truth* periode terkini pada lokasi yang sulit untuk diakses langsung (2020-2021). *Historical imagery* pada Google Earth Pro juga dimanfaatkan pada kajian ini untuk mengoleksi titik *ground-truth* untuk periode lampau (1972 – 2014).

Tabel 2. Deskripsi kelas LULC

Kelas	Deskripsi
<i>Built-up area (BU)</i>	Mencakup semua fitur permukaan buatan di wilayah studi, misalnya pemukiman, bangunan, jalan, beton, dan lain-lain, yang dibangun dengan tujuan untuk mendukung aktivitas manusia.
<i>Heterogeneous Agricultural Land (HAL)</i>	Mencakup seluruh kawasan pertanian dengan berbagai tanaman non-padi atau tanaman semusim, misalnya jagung, tebu, kedelai, dan lain-lain.
<i>Bare Soil (BS)</i>	Merupakan permukaan tandus yang tertutup pasir atau batu dengan sedikit atau tanpa tutupan vegetasi. Pasir ini paling banyak ditemukan di daerah pesisir. Batuan sebagian besar berada di daerah pertambangan dan pegunungan/perbukitan.
<i>Paddy field (PF)</i>	Terdiri dari seluruh wilayah yang didominasi oleh tanaman padi, baik lahan beririgasi teknis maupun non irigasi.
<i>Open water (OW)</i>	Merupakan fitur daratan yang terendam air dalam, seperti danau, sungai, dan waduk.
<i>Vegetation (VG)</i>	Mewakili seluruh tanaman non-pertanian, termasuk: tanaman tahunan berkayu, hutan tropis primer, hutan sekunder, dan perkebunan campuran.
<i>Shrubland (SH)</i>	Meliputi seluruh fitur di permukaan, termasuk rumput, rumput campuran, area kering dengan vegetasi lebih sedikit, dan lahan pertanian kosong.
<i>Wetland (WL)</i>	Merupakan fitur permukaan yang didominasi oleh perairan dangkal, daerah tergenang, atau kolam. Lahan basah biasanya terdapat di sepanjang perbatasan laut. Di Jawa Timur, ciri ini mendominasi bagian utara pulau induk.

Citra terkoreksi kemudian masing-masing diklasifikasikan dengan algoritma *Supervised Maximum Likelihood Classifier* (MLC) pada *software* MultiSpec© versi 2020.09.09. MultiSpec adalah program analisis citra gratis yang dibuat untuk menganalisis secara interaktif data citra observasi bumi multispektral dan hiperspektral dari perangkat udara dan luar angkasa (Biehl & Landgrebe, 2002). *Software* ini juga memiliki keunggulan untuk dapat memperhitungkan akurasi Kappa dan *Overall* dari citra terklasifikasi yang diperoleh. Namun, peneliti melakukan uji akurasi ulang dengan menggunakan plugin AcAtaMa (Llano, 2019) yang ada pada QGIS. Uji akurasi ini akan menghasilkan nilai akurasi *overall* dan Kappa dari citra terklasifikasi. Titik sebaran uji akurasi dibuat menggunakan metode *Stratified Random Sampling Area Based Proportion* sehingga nilai akurasi yang diperoleh dapat lebih presisi dan representatif (Carrão et al., 2007). Namun sebelum memasuki proses uji akurasi tersebut, dilakukan *post-processing* pada citra terklasifikasi menggunakan *tool majority filter* dan *sieve* untuk mengurangi *noise* dan efek ‘*salt and*

paper' atau bintang yang ada pada citra terklasifikasi (Kelly et al., 2011; QGIS Development Team, 2022).

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

AKURASI PETA TERKLASIFIKASI

Akurasi Kappa dan *overall* dari citra tahun 1972 – 2021 terklasifikasi menunjukkan nilai yang berkisar dari 76.41 hingga 93.65% (Tabel 3). Akurasi Kappa dan *overall* terendah diperoleh pada citra tahun 1972. Rendahnya nilai akurasi tersebut disebabkan akibat spesifikasi dari citra Landsat 1 MSS sendiri yang lebih rendah dibanding Landsat 5 dan 8. Dengan resolusi spasial sebesar 60meter dan 4 band spektral yang dimilikinya membuat klasifikasi citra ini cukup rumit (Phiri & Morgenroth, 2017). Namun, dari nilai akurasi yang diperoleh ini, citra Landsat 1 terklasifikasi yang diperoleh masih dapat diperhitungkan dan mencapai '*substantial agreement*' (61 – 80%). Sedangkan pada citra Landsat 5 dan 8 terklasifikasi, nilai akurasi yang diperoleh mencapai '*almost perfect agreement*' yang berkisar antara 81 hingga 99% (Bogoliubova & Tymków, 2014; Viera & Garrett, 2005).

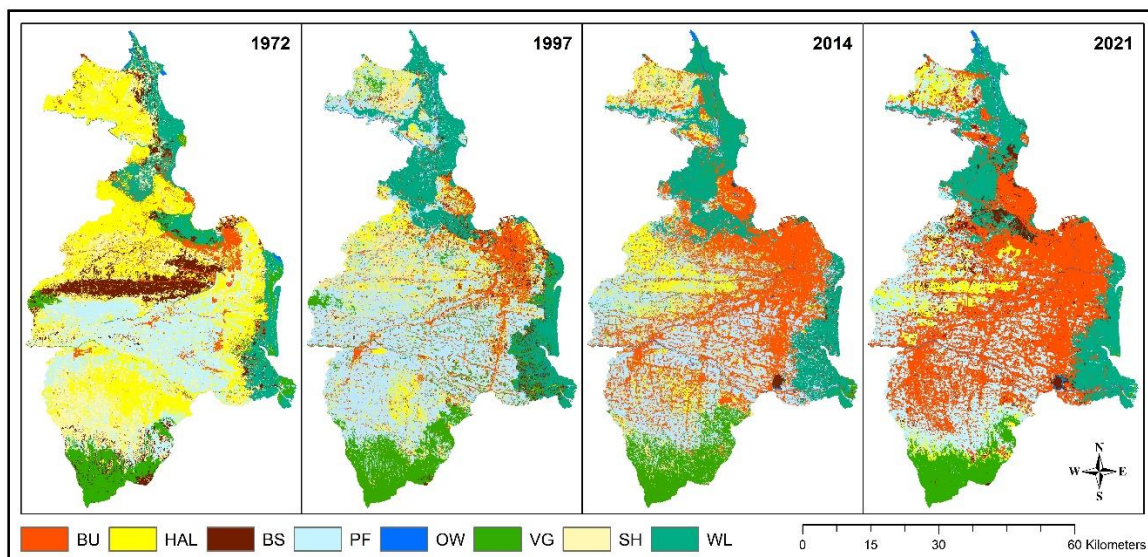
Tabel 3. Hasil uji akurasi citra terklasifikasi

Class	1972		1997		2013		2021	
	PA	UA	PA	UA	PA	UA	PA	UA
PUA	80.65	64.66	96.77	90	71.58	88.31	79.37	86.96
HAL	76.56	90.21	95.26	95.77	90.65	88.11	95.65	81.48
BISA	60.64	62.64	77.78	95.45	90	100	89.47	77.27
PF	85.08	83.24	100	91.28	88.69	79.41	96.52	90.77
OWB	100	100	100	96.67	100	100	75.86	73.33
VG	92.13	96.14	92.5	100	87.79	91.85	89.95	95.77
SH	73.28	58.18	75.86	95.65	76.62	71.08	85.42	93.18
WL	100	91.67	97.3	100	91.67	100	78.26	100
Ovr. Acc.	79.82		95.18		84.82		88.27	
Kappa	75.94		94.09		81.14		85.73	

Akurasi masing-masing produsen dan pengguna untuk setiap kelas sebagian besar lebih besar dari 80%. Oleh karena itu, secara umum dapat dinyatakan bahwa citra terklasifikasi telah memenuhi standar klasifikasi (Foody, 2008). Nilai akurasi produser (PA) dan user (UA) terendah ada pada BS (60.64%) dan SH (58.18%) pada citra Landsat 1. Kedua kelas ini merupakan jenis tutupan lahan yang cukup sulit diklasifikasikan karena memiliki profil karakteristik warna yang cukup mirip dan lokasinya yang bercampur. Secara umum, tiga kelas tutupan lahan memiliki kesulitan dalam klasifikasinya, yaitu BU, BS dan SH. Kondisi yang ada di Surabaya Raya sendiri, banyak dari ketiga jenis tutupan lahan ini saling bercampur, terfragmentasi, dan kebanyakan memiliki area yang kecil (Suprajaka, 2009). Sehingga dengan resolusi Landsat yang ada (30 – 60m), membuat klasifikasi tutupan lahan ini menjadi cukup sulit.

HASIL KLASIFIKASI

Gambar 2 menunjukkan klasifikasi LULC dari empat gambar rahasia. Cakupan wilayah dan persentase masing-masing kelas dirangkum pada Tabel 4. Delapan kelas utama sesuai dengan Tabel 2 telah dipetakan dan diperoleh luas total pada masing-masing periode sebesar 3078.80 km². Secara umum, lahan pertanian (PF dan HAL) dan lahan basah (WL) mendominasi wilayah kajian pada dua periode awal (1972 dan 1997), sedangkan pada periode selanjutnya (2014 dan 2021), dominasi tersebut diganti oleh BU.



Gambar 2. Citra terklasifikasi

Citra klasifikasi Landsat MSS 1972 menunjukkan bahwa mayoritas kelas LULC pada periode ini masing-masing adalah HAL, SH, dan PF. HAL mencakup luas sekitar 931.98 km² (30% dari total luas), sedangkan SH dan PF mencakup 20.56 dan 18.73% dari total luas. Beras merupakan makanan utama bagi 95% masyarakat Indonesia, dan sebagian besar tanaman padi sawah ada di Pulau Jawa (Widiatmaka et al., 2016). Namun pada periode ini, terjadi kekeringan sehingga menyebabkan luas tanam padi mengalami penurunan. Sebagai pengganti, petani beralih menanam jagung dan berbagai tanaman palawija lainnya sebagai substitusi beras, yang mana tidak memerlukan banyak air dalam budidayanya (Hardjosoekarto, 1982). Selain itu, sebagai dampak kekeringan, menyebabkan banyak lahan pertanian yang bera atau tidak dibudidayakan, sehingga luasan area SH cenderung lebih tinggi dibanding PF.

Pada periode setelahnya (Landsat ETM 1997), pasca adanya krisis beras, luasan PF mengalami peningkatan yang cukup signifikan sebesar 128%. Sedangkan luasan PF dan SH mengalami penurunan sebagai dampaknya. Hal ini dapat dilihat dari matriks konversi pada Tabel 5, yang menunjukkan bahwa seluas 427.8 km² HAL dan 327.5 km² SH terkonversi menjadi PF. Sedangkan pada BU mengalami perluasan sebesar 91% sebagai dampak dari peningkatan populasi yang ada, dari 3.5 ke 5.4 juta penduduk.

Tabel 4. Rekapitulasi Luasan Kelas Tutupan Lahan

Classes	Landsat 72		Landsat 97		Landsat 14		Landsat 20/21	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
BU	162.22	5.27	310.08	10.07	904.20	29.37	1224.06	39.76
HAL	931.98	30.27	335.38	10.89	268.40	8.72	191.95	6.23
BS	262.43	8.52	134.48	4.37	29.14	0.95	116.32	3.78
PF	576.62	18.73	1314.52	42.70	987.47	32.07	835.14	27.13
OW	7.28	0.24	6.55	0.21	18.98	0.62	23.45	0.76
VG	203.39	6.61	337.32	10.96	267.27	8.68	182.49	5.93
SH	633.01	20.56	167.65	5.45	97.72	3.17	0.93	0.03
WL	301.87	9.80	472.82	15.36	505.62	16.42	504.46	16.38
Total	3078.80	100.00	3078.80	100.00	3078.80	100.00	3078.80	100.00

Tabel 5. Matriks Konversi Tutupan Lahan Periode 1972 - 1997

LULC 1972	LULC 1997								Total
	BU	HAL	BS	PF	OWB	VG	SH	WL	
BU	52.2	15.7	13.0	39.8	0.2	3.6	10.7	27.0	162.2
HAL	75.5	163.4	44.4	427.6	1.1	35.6	81.4	102.8	931.7
BS	17.9	44.8	12.4	107.1	0.5	31.8	17.7	30.5	262.7
PF	64.3	38.3	11.5	381.2	0.2	66.8	13.2	2.1	577.5
OWB	0.0	0.0	0.1	0.6	0.4	0.1	0.0	5.8	7.0
VG	4.6	2.6	5.2	19.3	0.3	142.0	0.9	28.7	203.5
SH	83.0	68.3	24.5	327.3	0.6	44.0	42.2	43.2	633.2
WL	12.5	2.3	23.3	11.6	3.3	13.5	1.6	232.8	301.0
Total	310.1	335.4	134.5	1314.5	6.6	337.3	167.6	472.8	3078.8

Pada periode 2014, terjadi perluasan lahan terbangun (BU) yang cukup signifikan pada area, yaitu sebesar 192% dari tahun 1997. Pasca krisis ekonomi yang melanda Indonesia pada pertengahan 1997, pertumbuhan industri meningkat cukup pesat terutama di wilayah Surabaya Raya (BPS-Statistics of Jawa Timur Province, 1998). Populasi penduduk yang ada juga mengalami penambahan sebesar 2 juta penduduk, yang mana berdampak pada penambahan luasan hunian serta fasilitas pendukung perkotaan lainnya. Tutupan lahan lain yang mengalami perluasan adalah OW dan WL, masing-masing sebesar 190 dan 7%. Perluasan ini sebagai dampak dari meningkatnya luasan budidaya perikanan darat seperti kolam, tambak, karamba, dan mina padi. Data BPS-Statistics of Jawa Timur Province (2000, 2019) menunjukkan bahwa terdapat perluasan sebesar 57% area budidaya sejak tahun 2000 hingga 2014.

Pada periode 2021, tren peningkatan luas BU masih berlanjut. Berdasarkan hasil perhitungan, tercatat perluasan sebesar 319.87 km² dari tahun 2014. Perkembangan industri kemungkinan besar menjadi salah satu faktor dari perluasan ini. Data BPS-Statistics of Jawa Timur Province (2021, 2022, 2023) menunjukkan peningkatan sebanyak 12% industri sedang dan besar yang ada di Wilayah Surabaya Raya sejak 2018 hingga 2020. Selain BU, BS juga mengalami penambahan yang cukup signifikan (299%). Penambahan ini diperoleh dari konversi luasan lahan PF dan HAL sebelumnya. Konversi ini disebabkan dari

hasil analisis citra yang menunjukkan bahwa lahan sedang dalam kondisi bera atau sedang tidak ditanami, sehingga dalam klasifikasinya termasuk ke dalam kelas BS. Selain itu, terdapat beberapa lahan basah (WL) yang juga sedang kering (tidak terisi air). Sehingga pada hasil klasifikasinya teridentifikasi sebagai lahan kosong (BS).

3. KESIMPULAN

Menurut interpretasi data Landsat, tutupan lahan di Surabaya Raya telah mengalami perubahan yang signifikan selama lima puluh tahun terakhir. Peningkatan ini dapat dilihat dari peningkatan penggunaan lahan yang berorientasi untuk kepentingan perkotaan. Dengan pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang semakin cepat, tata guna lahan telah berubah, yang mengakibatkan pemukiman yang semakin padat, pertumbuhan sektor ekonomi, dan intensifikasi aktivitas manusia. Akibatnya, lahan pertanian dan lahan kosong telah dikonversi menjadi pusat perbelanjaan, pusat perkantoran, industri dan manufaktur, fasilitas budidaya perikanan darat, serta berbagai fasilitas lainnya.

Namun, ada beberapa konsekuensi yang perlu diperhatikan dari perubahan tata guna lahan ini. Pertama, lonjakan permintaan lahan perkotaan dapat menyebabkan kehilangan lahan pertanian dan kawasan hijau, yang berdampak pada ketahanan pangan dan lingkungan. Kedua, peningkatan aktivitas perkotaan dapat menyebabkan masalah seperti beban infrastruktur yang berlebihan, polusi udara, dan lalu lintas. Ketiga, perubahan ini juga dapat memiliki dampak sosial, seperti perubahan sosial budaya dan ketidaksetaraan akses terhadap fasilitas perkotaan.

Dalam menghadapi perubahan ini, perencanaan tata ruang yang baik menjadi kebutuhan krusial untuk dapat mengatur pertumbuhan perkotaan yang berkelanjutan. Kolaborasi antara pemerintah daerah, komunitas, dan sektor swasta diperlukan untuk mengakomodasi kebutuhan perkotaan sambil menjaga keseimbangan lingkungan dan aspek sosial. Pemanfaatan teknologi dalam perencanaan perkotaan juga dapat membantu mengoptimalkan pemanfaatan lahan dan mengurangi dampak negatif yang ada. Upaya yang terkoordinasi dan berkelanjutan diperlukan untuk memastikan bahwa pertumbuhan perkotaan memberikan manfaat maksimal bagi masyarakat sekaligus meminimalkan dampak negatifnya pada lingkungan dan kualitas hidup.

4. UCAPAN TERIMA KASIH

This study has been supported by a Research Grant from DRTPM-Kemendikbudristek 2023 (Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat) using scheme Kompetitif Nasional Kerjasama Dalam Negeri under contract number 127/E5/PG.02.00.PL/2023.

5. DAFTAR PUSTAKA

Ahmed, I. M., & Alla, E. M. A. (2019). Landuse impact on environment of Tuti Island, Sudan. *Geography, Environment, Sustainability*, 12(3), 27–33. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2018-13>

- Basheer, S., Wang, X., Farooque, A. A., Nawaz, R. A., Liu, K., Adekanmbi, T., & Liu, S. (2022). Comparison of Land Use Land Cover Classifiers Using Different Satellite Imagery and Machine Learning Techniques. *Remote Sensing*, 14(19), 1–18. <https://doi.org/10.3390/rs14194978>
- Biehl, L., & Landgrebe, D. (2002). MultiSpec—a tool for multispectral–hyperspectral image data analysis. *Computers & Geosciences*, 28(10), 1153–1159. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(02\)00033-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0098-3004(02)00033-X)
- Bogoliubova, A., & Tymków, P. (2014). Accuracy Assessment of Automatic Image Processing for Land Cover Classification of St . Petersburg Protected Area. *Acta Scientiarum Polonorum, Administratio Locorum*, 13(1–2), 5–22.
- BPS-Statistics Indonesia. (1971). *Penduduk Jawa Timur*. BPS-Statistics Indonesia.
- BPS-Statistics of Jawa Timur Province. (1997). *Jawa Timur Dalam Angka 1997 [East Java in Figures 1997]*. BPS-Statistics of Jawa Timur Province.
- BPS-Statistics of Jawa Timur Province. (1998). *Statistik Industri Besar dan Sedang di Jawa Timur 1998*. BPS-Statistics of Jawa Timur Province.
- BPS-Statistics of Jawa Timur Province. (2000). *Jawa Timur Dalam Angka 2000*. BPS-Statistics of Jawa Timur Province.
- BPS-Statistics of Jawa Timur Province. (2015). *Provinsi Jawa Timur dalam Angka 2015 [Jawa Timur Province in Figures 2015]*. Statistics of Jawa Timur Province.
- BPS-Statistics of Jawa Timur Province. (2017). *Provinsi Jawa Timur dalam Angka 2017 [Jawa Timur Province in Figures 2017]*. Statistics of Jawa Timur Province.
- BPS-Statistics of Jawa Timur Province. (2019). *Luas Pemeliharaan Ikan Darat Menurut Kabupaten/Kota (Ha), 2014*. <https://jatim.bps.go.id/statictable/2017/06/19/571/luas-area-pemeliharaan-ikan-darat-menurut-kabupaten-kota-di-jawa-timur-ha-2014.html>
- BPS-Statistics of Jawa Timur Province. (2021). *Provinsi Jawa Timur dalam Angka 2021 [Jawa Timur Province in Figures 2021]*. BPS-Statistics of Jawa Timur Province.
- BPS-Statistics of Jawa Timur Province. (2022). *Provinsi Jawa Timur dalam Angka 2022 [Jawa Timur Province in Figures 2022]*. Statistics of Jawa Timur Province.
- BPS-Statistics of Jawa Timur Province. (2023). *Provinsi Jawa Timur dalam Angka 2023 [Jawa Timur Province in Figures 2023]*. BPS-Statistics of Jawa Timur Province.
- Carrão, H., Caetano, M., & Coelho, P. S. (2007). Sample design and analysis for thematic map accuracy assessment: An approach based on domain estimation for the validation of land cover products. *Proceedings, 32nd International Symposium on Remote Sensing of Environment: Sustainable Development Through Global Earth Observations, January*.
- Chavez, P. S. (1988). An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote Sensing of Environment*, 24(3), 459–479. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90019-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90019-3)
- Dastgerdi, A. S., Sargolini, M., Pierantoni, I., & Stimilli, F. (2019). Toward An Innovative

- Strategic Approach For Sustainable Management Of Natural Protected Areas In Italy. *Geography, Environment, Sustainability*. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2019-143>
- Dewi, E. K., & Trisakti, B. (2017). COMPARING ATMOSPHERIC CORRECTION METHODS FOR LANDSAT OLI DATA. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences (IJReSES)*, 13(2), 105. <https://doi.org/10.30536/ij.ijreses.2016.v13.a2472>
- East Java Governor's Decree. (2020). Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 188/538/KPTS/013/2020 Tentang Upah Minimum Kabupaten/Kota di Jawa Timur Tahun 2021 [East Java Governor's Decree Number 177/538/KPTS/013/2020 About Minimum Wages of Municipality/Regency in East Java Province].
- Elias, E., Seifu, W., Tesfaye, B., & Girmay, W. (2019). Impact of land use/cover changes on lake ecosystem of Ethiopia central rift valley. *Cogent Food & Agriculture*, 5(1), 1595876. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1595876>
- Fonji, S. F., & Taff, G. N. (2014). Using satellite data to monitor land-use land-cover change in North-eastern Latvia. *SpringerPlus*, 3(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-61>
- Foody, G. (2008). Harshness in image classification accuracy assessment. *International Journal of Remote Sensing*, 29(11), 3137–3158. <https://doi.org/10.1080/01431160701442120>
- Foody, G. M. (2004). Thematic map comparison: Evaluating the statistical significance of differences in classification accuracy. In *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* (Vol. 70, Issue 5, pp. 627–633). American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. <https://doi.org/10.14358/PERS.70.5.627>
- Hardjosoekarto, S. (1982). *Permasalahan Sektor Palawija Dalam Upaya Swasembada Pangan*. Analisis CSIS. <https://journals.csis.or.id/index.php/analisis/article/view/622>
- Hassen, E. E., & Assen, M. (2018). Land use/cover dynamics and its drivers in Gelda catchment, Lake Tana watershed, Ethiopia. *Environmental Systems Research*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40068-017-0081-x>
- Kelly, M., Blanchard, S. D., Kersten, E., & Koy, K. (2011). Terrestrial remotely sensed imagery in support of public health: New avenues of research using object-based image analysis. *Remote Sensing*, 3(11), 2321–2345. <https://doi.org/10.3390/rs3112321>
- Klimanova, O., Naumov, A., Greenfieldt, Y., Prado, R. B., & Tretyachenko, D. (2017). Recent regional trends of land use and land cover transformations in Brazil. *Geography, Environment, Sustainability*, 10(4), 98–116. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2017-10-4-98-116>
- Klyuev, N. N. (2019). The spatial analyses of natural resources use in Russia for 1990-2017. *Geography, Environment, Sustainability*, 12(4), 203–211. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2018-65>
- Llano, X. C. (2019). AcATaMa - QGIS plugin for Accuracy Assessment of Thematic Maps (19.11.21). <https://plugins.qgis.org/plugins/AcATaMa/>
- Łucka, D. (2018). How to build a community. *New Urbanism and its critics. Urban Development Issues*, 59(1), 17–26. <https://doi.org/https://doi.org/10.2478/udi-2018-0025>

- Mangmeechai, A. (2020). Effects of rubber plantation policy on water resources and land use change in the Northeastern region of Thailand. *Geography, Environment, Sustainability*, 13(2), 73–83. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2019-145>
- Mtibaa, S., & Irie, M. (2016). Land cover mapping in cropland dominated area using information on vegetation phenology and multi-seasonal Landsat 8 images. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 1(1). <https://doi.org/10.1007/s41207-016-0006-5>
- National Aeronautics and Space Administration [NASA] JPL. (2013). *NASA Shuttle Radar Topography Mission Global 1 arc second [Data set]*. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. <https://doi.org/10.5067/MEaSUREs/SRTM/SRTMGL1.003>
- Nguyen, L. B. (2020). Land cover change detection in northwestern Vietnam using Landsat images and Google Earth Engine. *Journal of Water and Land Development*, No 46, 162–169.
- Phiri, D., & Morgenroth, J. (2017). Developments in Landsat land cover classification methods: A review. *Remote Sensing*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/rs9090967>
- Ptak, M., & Ławniczak, A. E. (2012). Changes in land use in the buffer zone of lake of the Mała Wełna catchment. *Limnological Review*, 12(1), 35–44. <https://doi.org/10.2478/v10194-011-0043-z>
- QGIS Development Team. (2022). *QGIS User Guide Raster Analysis*. https://docs.qgis.org/3.22/en/docs/user_manual/processing_algs/gdal/rasteranalysis.html#sieve
- Suprajaka, S. (2009). IDENTIFIKASI FAKTOR-FAKTOR PENGARUH FRAGMENTASI LAHAN PERTANIAN. *GEOMATIKA*, 15(2). <http://jurnal.big.go.id/index.php/GM/article/view/250>
- US. Geological Survey. (2019). *Landsat Levels of Processing*. <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-levels-processing>
- Viera, A. J., & Garrett, J. M. (2005). Understanding interobserver agreement: The kappa statistic. *Family Medicine*, 37(5), 360–363.
- Widiatmaka, Ambarwulan, W., Setiawan, Y., & Walter, C. (2016). Assessing the suitability and availability of land for agriculture in tuban regency, East Java, Indonesia. *Applied and Environmental Soil Science*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/7302148>
- website, <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/>