

Dinamika Ruang Terbuka Hijau di Surabaya sebagai Kota Hijau

Green Open Space Dynamics in Surabaya as a Green City

Syafazerlinda^{1*}, Alinda Fitriany Malik Zain^{2,4}, & Didit Okta Pribadi^{3,4}

¹Magister Program Studi Arsitektur Lanskap, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia;

²Program Studi Arsitektur Lanskap, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia; ³Pusat Riset Ekonomi Perilaku dan Sirkuler (BRIN), Bogor, Indonesia; ⁴ Pusat Perencanaan dan Pengembangan Wilayah (P4W), Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia, *Penulis korespondensi. e-mail: alindafm@apps.ipb.ac.id
(Diterima: 4 Mei 2023 ; Disetujui: 14 Maret 2026)

ABSTRACT

Surabaya is the capital of East Java Province and one of the Indonesian cities that has implemented the Green City Development Program (P2KH). Surabaya received the 2017 Global Green City Award from the UN-supported Global Forum on Human Settlements (GFHS). This study examines the dynamics of green open space in Surabaya through changes in land-use/land-cover area and in green open space structure. Land Use-Cover Changes (LUCC) analysis was used to identify changes in green open space area between 2001, 2011, and 2021. FRAGSTATS and Landscape Dynamic Typology (LDT) analyses were used to assess structural dynamics of green open space in 2011-2021, including tendencies toward fragmentation, aggregation, gain, and loss. The results show that built-up land continued to increase, while green open space and blue open space tended to decrease, although the rates of change were lower in 2011-2021 than in 2001-2011. The LDT analysis indicates that Surabaya's green open space simultaneously experienced gains and losses, while conversion from green open space to built-up land was associated with area loss and fragmentation in many locations. This study provides empirical input for urban green space planning and management in Surabaya.

Keywords: green open space, landscape dynamics , planning, sustainability, urban

ABSTRAK

Kota Surabaya merupakan ibu kota Provinsi Jawa Timur dan termasuk salah satu kota di Indonesia yang menerapkan Program Pengembangan Kota Hijau/Green City (P2KH). Kota Surabaya memperoleh penghargaan Global Green City 2017 dari Global Forum on Human Settlements (GFHS) yang didukung PBB. Penelitian ini menganalisis dinamika ruang terbuka hijau (RTH) di Kota Surabaya melalui perubahan luas penggunaan/tutupan lahan dan perubahan struktur RTH. Analisis Land Use-Cover Changes (LUCC) digunakan untuk mengidentifikasi penambahan atau pengurangan luasan RTH pada tahun 2001, 2011, dan 2021. Analisis FRAGSTATS dan Landscape Dynamic Typology (LDT) digunakan untuk menilai dinamika struktur RTH pada periode 2011-2021, termasuk kecenderungan fragmentasi, agregasi, penambahan luas, dan kehilangan luas. Hasil analisis menunjukkan bahwa ruang terbangun terus meningkat, sedangkan RTH dan ruang terbuka biru cenderung menurun, meskipun laju perubahannya lebih rendah pada periode 2011-2021 dibandingkan 2001-2011. Hasil analisis LDT menunjukkan bahwa RTH Kota Surabaya secara bersamaan mengalami penambahan luas dan kehilangan luas, sedangkan perubahan tutupan lahan dari RTH menjadi ruang terbangun berkaitan dengan kehilangan luas dan fragmentasi pada banyak

lokasi. Penelitian ini diharapkan memberikan masukan empiris bagi perencanaan dan pengelolaan RTH di Kota Surabaya.

Kata kunci: dinamika lanskap, keberlanjutan, perencanaan, ruang terbuka hijau, urban

PENDAHULUAN

Urbanisasi menjadi salah satu tantangan paling mendesak di abad ke-21 (Blau *et al.*, 2018). Urbanisasi dan pertumbuhan populasi perkotaan yang berkepanjangan menimbulkan berbagai dampak sosial dan ekologis. Dampak tersebut meliputi polusi air dan udara, kebisingan, serta menyusutnya ruang terbuka hijau untuk rekreasi yang mendorong kebutuhan masyarakat akan lingkungan hidup yang lebih baik dan rekreasi *outdoor* (Kabisch & Haase, 2013; Karanikola *et al.*, 2023). Konsentrasi populasi di perkotaan mendorong permintaan untuk meningkatkan efisiensi produksi ekonomi dan juga meningkatkan permintaan akan fasilitas dan layanan publik yang dapat diakses (Z. W. Zheng & Chou, 2023).

Ruang terbuka hijau (RTH) menyeimbangkan ekosistem kota, baik sistem hidrologi, klimatologi, keanekaragaman hayati, maupun sistem ekologi lainnya, dengan tujuan meningkatkan kualitas lingkungan hidup, estetika kota, dan kesejahteraan masyarakat (Joga & Ismaun, 2011). RTH perkotaan adalah elemen lanskap utama di perkotaan dan memainkan peran penting dalam pembangunan kota berkelanjutan, dengan menawarkan manfaat ekologis, ekonomi, dan sosial (Xu *et al.*, 2020). Vegetasi pada RTH dapat menyerap emisi udara, menyerap radiasi matahari, melakukan evapotranspirasi, dan bahkan dapat mengurangi konsumsi AC (Kurniati & Nitivattananon, 2016). Oleh karena itu, proporsi RTH di perkotaan perlu ditingkatkan dan dikonservasi dalam upaya mitigasi terhadap bencana alam berupa perubahan iklim, degradasi lingkungan, tercemarnya air bersih, banjir, kelangkaan habitat dan sumber daya, hingga berbagai jenis penyakit.

Indonesia adalah salah satu negara dengan tingkat deforestasi tertinggi di dunia (Keenan *et al.*, 2015). Perubahan

tutupan/penggunaan lahan sebagian besar disebabkan oleh aktivitas manusia, yang telah mengubah konfigurasi dan komposisi elemen lanskap regional, mengganggu proses ekologis, dan akhirnya mengubah kualitas habitat (Aguilar *et al.*, 2019). Transisi dari lanskap ekologi menjadi pertanian dan pemukiman masyarakat menyebabkan hilangnya habitat secara global (L. Zheng *et al.*, 2023). Homogenisasi lanskap akan berdampak negatif pada tingkat ekosistem, termasuk penurunan keanekaragaman hayati (Carpio *et al.*, 2016). Jika fragmentasi lanskap berdampak negatif pada keanekaragaman hayati dan kualitas habitat, perencana dan pembuat kebijakan perlu menciptakan lanskap yang lebih rasional untuk memitigasi fragmentasi habitat dan hilangnya keanekaragaman hayati (Teckentrup *et al.*, 2019; L. Zheng *et al.*, 2023).

Kebijakan pemerintah dalam penyediaan ruang terbuka hijau di kawasan perkotaan antara lain tercermin dalam Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang/Kepala BPN Nomor 14 Tahun 2022 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau. Regulasi ini menegaskan pentingnya proporsi RTH paling sedikit 30% dari luas wilayah kota untuk menjaga keseimbangan ekologis, hidrologis, dan iklim perkotaan ([Permen], 2022).

Dalam konteks implementasi kebijakan tersebut, Program Pengembangan Kota Hijau/Green City (P2KH) dikembangkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat bersama pemerintah kabupaten/kota sebagai salah satu kerangka penguatan pembangunan kota berkelanjutan (Joga & Ismaun, 2011; Kusuma *et al.*, 2020). Terdapat 8 indikator yang menjadi ukuran tingkat keberhasilan implementasi program P2KH, dan 2 yang utama adalah (1) penyusunan *master plan* dan *action plan* Kota Hijau untuk mendorong pencapaian 30% luas RTH perkotaan, dan (2) pembangunan RTH sebagai

proyek percontohan pengembangan RTH sesuai master plan yang telah disusun.

Surabaya merupakan salah satu kota yang menjadi lokasi implementasi program P2KH. Surabaya merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang mengalami pertumbuhan penduduk dan pembangunan perkotaan yang pesat. Data BPS Kota Surabaya (2021) menunjukkan bahwa selama periode 2010-2020 jumlah penduduk dan kepadatan penduduk Kota Surabaya meningkat sekitar 110.000 jiwa dan 333 jiwa/km². Peningkatan aktivitas dan jumlah penduduk tersebut beriringan dengan bertambahnya lahan terbangun di Surabaya (Kusuma *et al.*, 2020). Dalam konteks tersebut, keberadaan dan kualitas RTH menjadi penting untuk dikembangkan guna memperkuat pembangunan perkotaan berkelanjutan.

Penelitian mengenai dinamika RTH di Surabaya penting dilakukan untuk memberikan gambaran empiris mengenai perubahan luas tutupan lahan dan struktur lanskap pada periode sebelum dan selama implementasi P2KH. Penelitian ini tidak menguji secara kausal pengaruh instrumen program P2KH terhadap perubahan RTH, namun pemetaan terhadap lanskap RTH selama program ini dijalankan dapat menjadi bahan evaluasi pengelolaan RTH ke depan. Fokus penelitian adalah mendeskripsikan perubahan tutupan/penggunaan lahan Kota Surabaya menggunakan data citra tahun 2001, 2011, dan 2021, serta menganalisis dinamika struktur RTH pada tahun 2011 hingga 2021 untuk mengidentifikasi kecenderungan fragmentasi atau agregasi. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi masukan dan rekomendasi bagi pemerintah daerah dalam perencanaan dan pengelolaan kota yang lebih berkelanjutan.

Tri Rismaharini merupakan Walikota Surabaya yang menjabat dari tahun 2010 hingga 2020. Selama menjabat beliau aktif dalam mengembangkan penataan kota dan perwujudan kota hijau termasuk melalui implementasi program P2KH, sehingga pada tahun 2017 Kota Surabaya mendapatkan penghargaan Global Green City 2017 dari Global Forum on Human Settlements (GFHS) yang didukung PBB (Dinas

Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu Kota Surabaya, 2017).

Seiring perkembangan Kota Surabaya yang pesat, evaluasi terhadap dinamika RTH menjadi penting untuk memahami perubahan kualitas ekologis lanskap perkotaan. RTH yang disediakan dalam konteks agenda kota hijau diharapkan tidak hanya memenuhi target luasan 30%, tetapi juga memiliki struktur spasial yang mendukung fungsi ekologis dan sosial kota. Selain itu, pemahaman mengenai heterogenitas pola lanskap dan perubahannya dari waktu ke waktu penting untuk menjelaskan potensi perubahan habitat, konektivitas, dan keanekaragaman hayati (Lausch *et al.*, 2015). Berdasarkan hal tersebut, tujuan penelitian ini adalah: (1) menganalisis perubahan tutupan/penggunaan lahan Kota Surabaya menggunakan data citra tahun 2001, 2011, dan 2021; dan (2) menganalisis dinamika struktur RTH Kota Surabaya pada tahun 2011 hingga 2021 untuk mengidentifikasi kecenderungan fragmentasi atau agregasi.

METODOLOGI

Lokasi penelitian ini terletak di Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur. Kota Surabaya memiliki luas wilayah ± 326.81 km², terbagi sebanyak 31 kecamatan dan 154 kelurahan (Badan Pusat Statistik Kota Surabaya, 2021). Perangkat yang digunakan dalam penelitian berupa *ArcMap 10.6.1*, *ENVI Classic 5.3*, *FRAGSTATS*, *Adobe Photoshop CC*, dan *Microsoft Word 2019*.

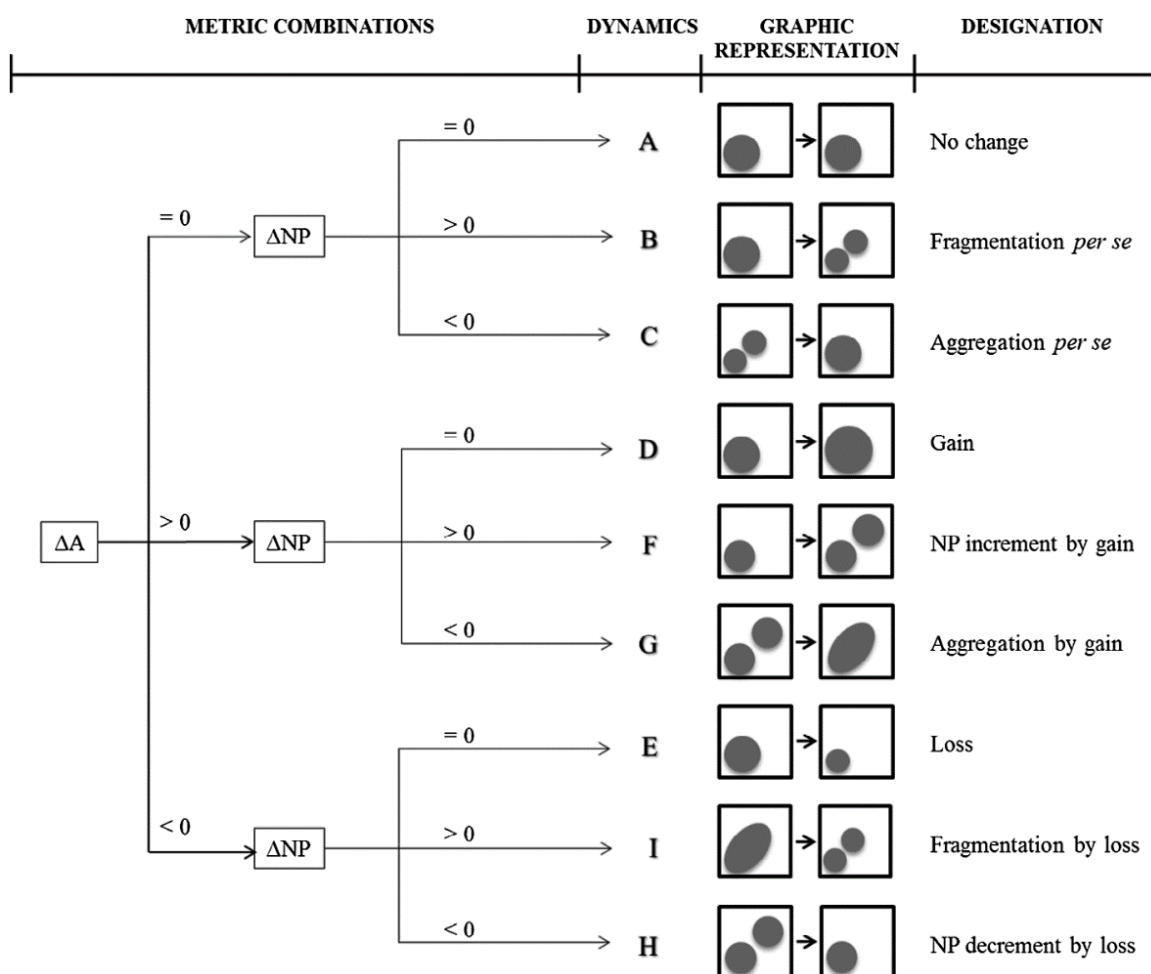
Analisis yang dilakukan terdiri atas dua bagian. Pertama, analisis Land Use-Cover Changes (LUCC) menggunakan data citra tahun 2001, 2011, dan 2021 untuk menggambarkan perubahan luas tutupan/penggunaan lahan, khususnya ruang terbuka hijau, ruang terbuka biru, dan ruang terbangun di Kota Surabaya. Analisis ini digunakan untuk membandingkan dinamika perubahan antar periode, yaitu 2001-2011 dan 2011-2021. Data yang dibutuhkan berupa citra Landsat 7. Metode klasifikasi yang digunakan adalah klasifikasi terbimbing

(supervised classification) dengan Maximum Likelihood Classification (MLC).

Kedua, analisis struktur RTH dilakukan menggunakan aplikasi FRAGSTATS dan diagnostik Landscape Dynamics Typology (LDT) melalui aplikasi ArcGIS. FRAGSTATS digunakan untuk mengukur metrik lanskap, seperti persentase lanskap (%LAND), jumlah patch (NP), patch density (PD), dan total area (TA), sedangkan LDT digunakan untuk mengidentifikasi tipe perubahan spasial seperti fragmentasi, agregasi, gains, dan losses

(Machado *et al.*, 2018; McGarigal & Marks, 1995; Singh *et al.*, 2014). Analisis struktur menggunakan data citra tahun 2011 dan 2021. Dengan demikian, analisis ini berfokus pada deskripsi dinamika struktur RTH sebelum dan sesudah implementasi program P2KH dan implikasinya terhadap konektivitas ekologis serta penyediaan jasa ekosistem perkotaan.

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas RTH dalam memenuhi *ecosystem services* kota melalui strukturnya.



Gambar 1. Tipe *landscape dynamic*
Sumber: Machado *et al.* (2018)

Struktur RTH yang terfragmentasi menandakan konektivitas RTH yang buruk. Konektivitas lanskap dideskripsikan sebagai sejauh mana lanskap memfasilitasi atau menghambat pergerakan antara *patch* (Taylor *et al.*, 1993). RTH yang terfragmentasi disebabkan oleh peningkatan tutupan lahan yang tidak

sesuai sehingga menghambat konektivitas ekologis. RTH yang terkoneksi meningkatkan akses bagi pengguna, baik manusia maupun satwa.

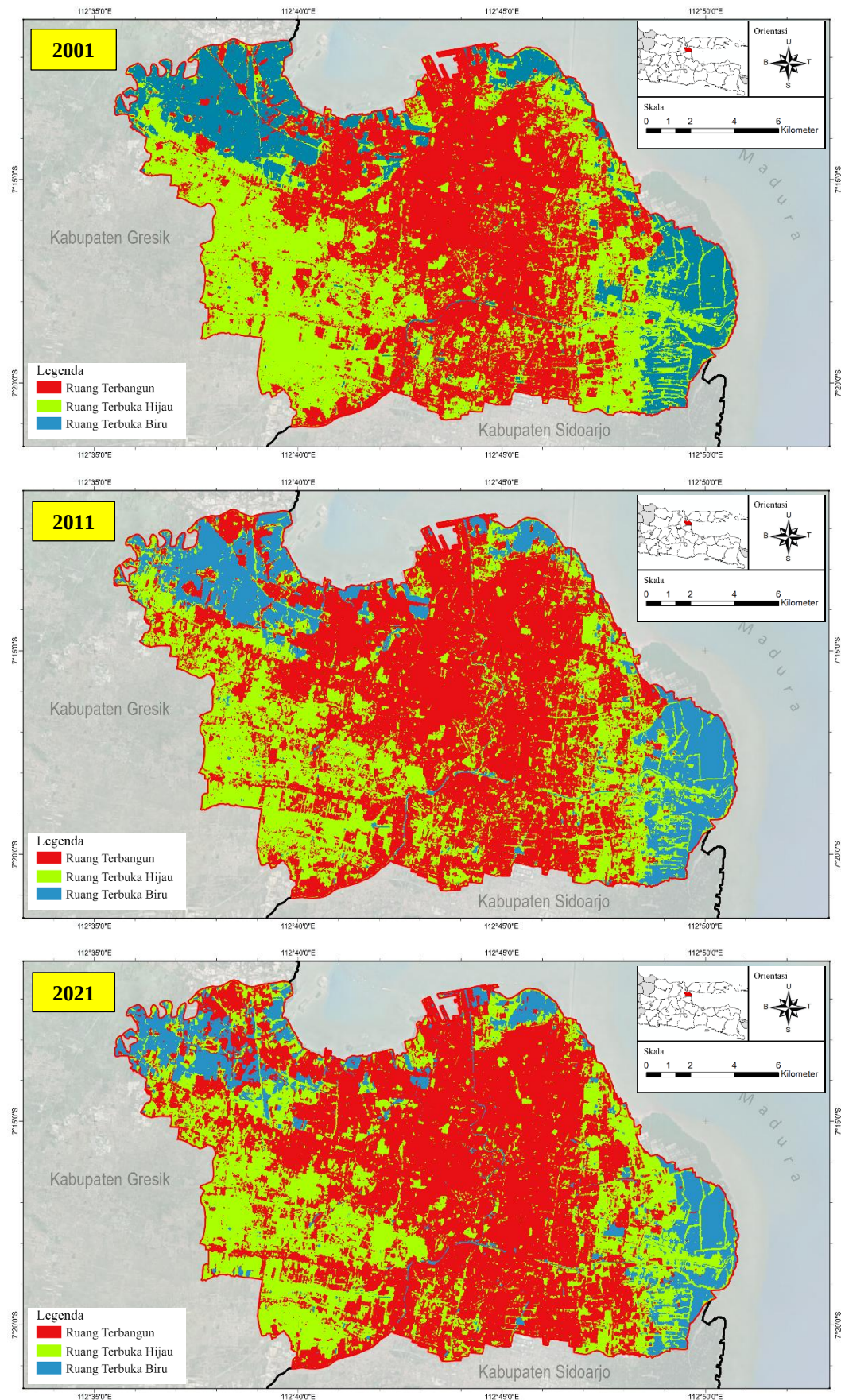
Identifikasi struktur RTH selanjutnya dilakukan menggunakan diagnostik *Landscape Dynamics Typology* (LDT) melalui aplikasi

ArcMap. Analisis struktur menggunakan data citra pada tahun 2011 dan 2021. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas RTH dalam memenuhi *ecosystem services* kota melalui strukturnya. Gambar 1 menunjukkan diagram diagnostik *Landscape Dynamics Typology* (Machado *et al.*, 2018).

Tabel 1. Jenis metrik lanskap yang digunakan pada penelitian

Tipe	Metrik/Indeks	Nama	Level	Unit	Rentang	Fungsi dan rasional
Area metrics	%LAND	<i>Percentage of Landscape</i>	C	% dari total area	0-100	%LAND mendekati 0 saat jenis <i>patch</i> (kelas) yang sesuai menjadi semakin langka di lanskap. %LAND = 100 ketika seluruh lanskap menempati satu jenis <i>patch</i> .
	TA	<i>Total Landscape Area</i>	C/L	Hektar	0-tak terhingga	TA sama dengan luas (m ²) lanskap, dibagi 10.000 (untuk dikonversi ke hektar). TA mengecualikan area <i>background</i> apa pun dalam lanskap.
Patch density, patch size, and variability metrics	NP	<i>Number of patches</i>	C/L	Tidak ada	1-tak terhingga	NP = 1 bila lanskap hanya berisi 1 <i>patch</i> . NP sama dengan jumlah <i>patch</i> dalam lanskap. NP tidak menyertakan <i>background patch</i> apa pun di dalam lanskap atau tambalan di <i>landscape border</i> .
	PD	<i>Patch density</i>	C/L	/100 Ha	0-tak terhingga	Nilai yang mendekati satu berarti bahwa <i>patch</i> terisolasi atau terdistribusi secara merata, sedangkan nilai yang mendekati nol menunjukkan peningkatan penggumpalan.

Keterangan: C=Class; L=Landscape



Gambar 2. Peta tutupan lahan Kota Surabaya tahun 2001, 2011, dan 2021
Sumber: Analisis, 2023

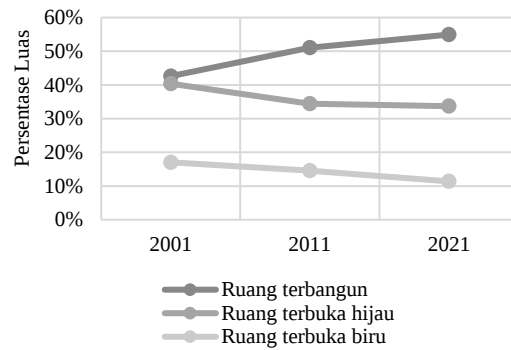
Diagram tersebut menggambarkan dua proses analisis. Pertama, memeriksa apakah luas tutupan lahan tetap sama ($\Delta A = 0$), meningkat ($\Delta A > 0$) atau menurun ($\Delta A < 0$). Kedua, memverifikasi apakah NP tetap sama ($\Delta NP = 0$), meningkat ($\Delta NP > 0$) atau menurun ($\Delta NP < 0$). Jika tidak ada perubahan pada suatu area atau pada jumlah *patch* (NP), maka diasumsikan lanskap tidak berubah (A); Jika luasnya tetap sama tetapi NP bertambah, maka terjadi fragmentasi (B); Jika luasnya tetap tetapi NP berkurang, maka terjadi agregasi (C); Jika luas bertambah dan NP sama, hal ini menunjukkan pertambahan luas (D); Jika luas berkurang dan NP tidak berubah, maka ada kehilangan luas (E); Jika area dan NP meningkat, hal ini menyebabkan pembuatan *patch* baru (F); Jika luas bertambah dan NP berkurang, terjadi agregasi karena penambahan luas (G); Jika luas area dan NP menurun, terjadi penurunan *patch* karena kehilangan luas (H); Jika luas berkurang dan NP bertambah, berarti terjadi fragmentasi karena kehilangan luas (I).

Metrik lanskap dapat digunakan untuk mengukur hilangnya habitat, fragmentasi, dan perubahan konektivitas struktural, yaitu sejauh mana mosaik lanskap memfasilitasi atau tidak memfasilitasi pergerakan suatu spesies di antara *patches* (Babí Almenar *et al.*, 2019; Taylor *et al.*, 1993). Metrik yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1 dengan deskripsi berdasarkan McGarigal & Marks (1995).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis LUCC (*Land Use-Cover Changes*)

Tutupan lahan di Kota Surabaya pada penelitian ini dibagi menjadi ruang terbuka hijau, ruang terbuka biru, dan ruang terbangun. Peta tutupan dan penggunaan lahan pada penelitian ini dibuat dengan metode *Maximum Likelihood Classification* (MLC) melalui aplikasi *ENVI Classic 5.3* dan *ArcMap 10.6.1*. Peta tutupan lahan Kota Surabaya pada Tahun 2001, 2011, dan 2021 ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 3. Grafik perubahan tutupan lahan Kota Surabaya pada Tahun 2001, 2011, dan 2021
Sumber: Analisis, 2023

Gambar 3 menunjukkan bahwa luasan ruang terbangun terus bertambah selama 20 tahun pengamatan, tetapi laju perubahannya lebih rendah pada periode 2011-2021 dibandingkan periode 2001-2011. Pada tahun 2001-2011, ruang terbangun meningkat sebesar 8.47%, sedangkan pada tahun 2011-2021 peningkatannya sebesar 3.85%. Temuan ini menunjukkan adanya perbedaan intensitas perubahan antar periode, tetapi tidak secara langsung membuktikan bahwa perbedaan tersebut disebabkan oleh P2KH karena variabel program tidak diuji secara khusus dalam penelitian ini.

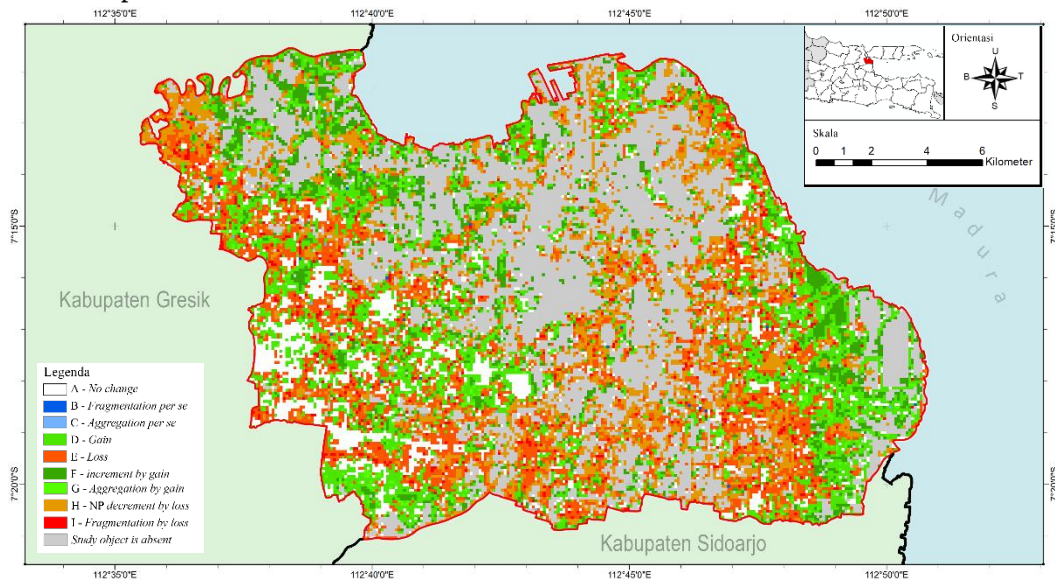
Jenis tutupan lahan ruang terbuka hijau mengalami penurunan luas selama 20 tahun, dengan laju penurunan yang lebih rendah pada periode 2011-2021. Ruang terbuka hijau berkurang sebesar 5.97% pada tahun 2001-2011 dan berkurang sebesar 0.69% pada tahun 2011-2021. Hingga tahun 2021, luas ruang terbuka hijau Kota Surabaya menunjukkan bahwa proporsinya telah memenuhi target minimum 30% sebagaimana diamanatkan dalam regulasi penataan ruang. Secara deskriptif, hasil ini menunjukkan bahwa perubahan RTH tetap terjadi, meskipun dengan intensitas yang berbeda antar periode.

Ruang terbuka biru juga mengalami penurunan luasan secara signifikan selama 20 tahun, yang dapat disebabkan oleh sedimentasi. Sehingga pada analisis spasial, area tersebut dapat dikategorikan sebagai lahan kosong. Tambak juga termasuk ruang terbuka biru, dan tidak selalu tergenang air sepanjang tahun,

sehingga terdapat kemungkinan adanya ruang terbuka biru yang tidak terbaca di wilayah studi.

Hasil ini menunjukkan bahwa penurunan luasan ruang terbuka hijau dan ruang terbuka biru berlangsung bersamaan dengan meningkatnya ruang terbangun. Pola tersebut sejalan dengan penelitian Arifin *et al.* (2023) yang menunjukkan bahwa dinamika lahan terbangun berbanding lurus dengan pertumbuhan penduduk, kebutuhan ekonomi,

dan pendapatan daerah, namun berbanding terbalik dengan ruang terbuka yang semakin berkurang di wilayah perkotaan. Penelitian Handayani *et al.* (2018) juga menunjukkan bahwa rasio volume ruang terbuka hijau terhadap volume ruang terbangun di Kota Surabaya hanya 8.52%, yang menegaskan besarnya kesenjangan antara volume terbangun dan volume hijau.



Gambar 4. Peta dinamika lanskap RTH Kota Surabaya Tahun 2011-2021
Sumber: Analisis, 2023

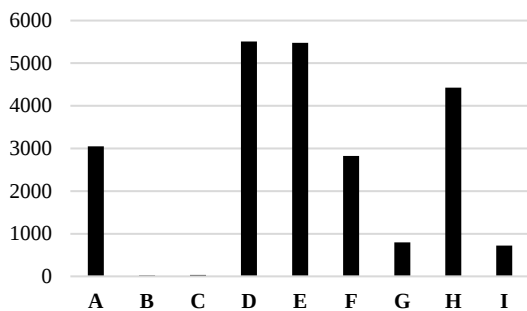
Analisis Struktur Lanskap

Peta hasil analisis *Landscape Dynamic Typology* (LDT) ditunjukkan pada Gambar 4. Sedangkan jumlah kotak (*pixel*) dari masing-masing tipe dinamika ditunjukkan secara grafik pada Gambar 4. Setiap *pixel* mewakili luasan maksimal 10,000 m² atau 1 hektar. Grafik tersebut menunjukkan jumlah kotak tertinggi pada tipe dinamika D (*Gain*) dan E (*Loss*). Hal ini menunjukkan tingginya lanskap yang mengalami penambahan luas (D), namun juga banyak terjadi kehilangan luas (E) pada RTH Kota Surabaya. Selain itu, terjadi beberapa penurunan *patch* yang dikarenakan kehilangan luas (H), dan juga terdapat lanskap dengan tanpa perubahan *patch* dan luas (A).

Peta pada Gambar 4 menunjukkan sebagian besar lanskap yang mengalami penambahan luas dan agregasi pada kawasan

lahan basah (tambak/empang/rawa) yang terletak di barat laut dari wilayah studi, yaitu perbatasan antara Kota Surabaya dan Kabupaten Gresik, serta kawasan mangrove yang terletak di tenggara, yaitu perbatasan antara Kota Surabaya dan Selat Madura.

Lanskap yang mengalami kehilangan luas hingga fragmentasi cenderung tersebar di sekitar kawasan ruang terbangun, yaitu di bagian tengah hingga perbatasan Kota Surabaya yang dilalui jalan penghubung antar wilayah. Pola spasial ini mengindikasikan bahwa perkembangan fasilitas sirkulasi dan kawasan terbangun di sekitarnya berkaitan dengan perubahan tutupan dan penggunaan lahan dari waktu ke waktu.



Gambar 5. Jumlah kotak yang ditetapkan untuk setiap tipe dinamika (*Types of Dynamic/ToD*)
Sumber: Analisis, 2023

Tabel 2 menunjukkan bahwa luas ruang terbangun meningkat, tetapi nilai NP menurun, yang mengindikasikan terjadinya agregasi seiring bertambahnya luasan ruang terbangun. Pada ruang terbuka hijau, Tabel 2 dan 3 menunjukkan penurunan luas dan penurunan NP, sehingga secara keseluruhan RTH Kota Surabaya mengalami penurunan jumlah patch yang berkaitan dengan kehilangan luas. Ruang terbuka biru juga mengalami penurunan luas dan peningkatan NP, yang menunjukkan fragmentasi bersamaan dengan kehilangan luas.

Temuan ini mengindikasikan bahwa penggumpalan patch ruang terbangun berasosiasi dengan berkurangnya patch RTH. Sementara itu, fragmentasi ruang terbuka biru diduga berkaitan dengan sedimentasi yang umum terjadi di kawasan hilir DAS.

Patch density (PD) atau kepadatan *patch* pada ruang terbangun dan ruang terbuka hijau mengalami penurunan, yang menunjukkan peningkatan penggumpalan *patch* pada ruang terbangun dan ruang terbuka hijau. Ruang terbuka biru mengalami peningkatan PD yang berarti *patch* semakin terdistribusi secara merata. Penggumpalan *patch* yang terjadi menunjukkan terfokusnya pembangunan ruang terbangun pada satu kawasan sehingga *patch* ruang terbuka hijau tidak terdistribusi secara merata pada kawasan tersebut. *Patch* ruang terbuka biru yang terdistribusi secara merata menunjukkan bahwa pembangunan ruang terbangun dan pengembangan ruang terbuka hijau tidak mengganggu adanya alur ruang terbuka biru (sungai, danau, dan lahan basah).

Tabel 2. Analisis *Fragstats* struktur RTH Kota Surabaya pada tingkat kelas (*class*)

ID	TIPE	%LAND		NP		PD	
		2011	2021	2011	2021	2011	2021
1	Ruang terbangun	51,0751	55,0188	1849,0000	1182,0000	5,6313	3,5996
2	Ruang terbuka hijau	34,3800	33,6435	2620,0000	2314,0000	7,9795	7,0470
3	Ruang terbuka biru	14,5449	11,3378	703,0000	959,0000	2,1411	2,9205

Tabel 3. Analisis *Fragstats* struktur RTH Kota Surabaya pada tingkat lanskap (*landscape*)

ID	TIPE	TA	NP	PD
1	2011	11660.1600	2621.0000	22.4783
2	2021	11035.9600	2283.0000	20.6869
	(2021-2011)	-624.2000	-338.0000	-1.7914

KESIMPULAN

Laju peningkatan ruang terbangun di Kota Surabaya lebih rendah pada periode 2011-2021 dibandingkan periode 2001-2011, yaitu dari 8.47% menjadi 3.85%. Laju penurunan ruang terbuka hijau juga lebih rendah pada periode 2011-2021 dibandingkan periode 2001-2011, yaitu dari 5.97% menjadi 0.69%. Temuan tersebut menunjukkan adanya perbedaan

dinamika perubahan tutupan/penggunaan lahan antar periode pengamatan. Namun, karena penelitian ini tidak menguji variabel atau instrumen spesifik dalam program P2KH, hasil tersebut tidak dapat ditafsirkan sebagai bukti kausal bahwa P2KH menyebabkan perlambatan perubahan tersebut.

Hasil analisis struktur lanskap dengan Landscape Dynamic Typology (LDT) menunjukkan bahwa RTH Kota Surabaya secara

bersamaan mengalami penambahan luas dan kehilangan luas. Sebagian besar lanskap yang mengalami penambahan luas dan agregasi berada pada kawasan lahan basah dan mangrove di perbatasan Kota Surabaya. Sebaliknya, lanskap yang mengalami kehilangan luas hingga fragmentasi cenderung tersebar di sekitar kawasan ruang terbangun dan perbatasan wilayah yang dilalui jalan penghubung antar daerah. Secara spasial, perubahan tutupan lahan dari ruang terbuka hijau menuju ruang terbangun berkaitan dengan kecenderungan kehilangan luas dan fragmentasi pada banyak lokasi.

Analisis struktur lanskap dengan FRAGSTATS menunjukkan bahwa agregasi patch ruang terbangun berkaitan dengan berkurangnya patch ruang terbuka hijau. Fragmentasi ruang terbuka biru diduga dipengaruhi oleh sedimentasi yang umum terjadi di kawasan hilir DAS. Penggumpalan patch yang terjadi menunjukkan bahwa pembangunan ruang terbangun cenderung terfokus pada kawasan tertentu sehingga patch ruang terbuka hijau tidak terdistribusi secara merata. Di sisi lain, patch ruang terbuka biru yang relatif lebih tersebar menunjukkan bahwa alur sungai, danau, dan lahan basah masih membentuk pola ruang terbuka biru yang memanjang di dalam lanskap.

Hasil studi LUCC (Land Use-Cover Changes) dapat dilanjutkan menggunakan data satelit beresolusi lebih tinggi, seperti QuickBird atau Sentinel, agar detail perubahan tutupan lahan dapat diamati dengan lebih baik. Selain itu, penelitian lanjutan dapat memasukkan variabel kebijakan, kelembagaan, atau program pengelolaan kota hijau secara lebih spesifik apabila ingin menguji pengaruh P2KH atau instrumen sejenis terhadap perubahan RTH di Kota Surabaya. Analisis struktur lanskap juga dapat dikembangkan dengan tipe tutupan/penggunaan lahan yang lebih beragam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini merupakan bagian dari tesis master penulis pertama, yang diserahkan untuk

pre-review ke Departemen Arsitektur Lanskap, Institut Pertanian Bogor, Indonesia. Terima kasih penulis ucapkan kepada reviewer yang telah membantu kami dalam melakukan perbaikan penulisan paper ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguilar, R., Cristóbal-Pérez, E. J., Balvino-Olvera, F. J., Aguilar-Aguilar, M., Aguirre-Acosta, N., Ashworth, L., ... Quesada, M. (2019). Habitat fragmentation reduces plant progeny quality: a global synthesis. *Ecology Letters*, 22(7), 1163–1173. <https://doi.org/10.1111/ele.13272>
- Arifin, T., Nur Amri, S., Rahmania, R., Yulius, Ramdhan, M., Chandra, H., ... Kurnia, R. (2023). Forecasting land-use changes due to coastal city development on the peri-urban area in Makassar City, Indonesia. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 26(1), 197–206. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2023.02.002>
- Babí Almenar, J., Bolowich, A., Elliot, T., Geneletti, D., Sonnemann, G., & Rugani, B. (2019). Assessing habitat loss, fragmentation and ecological connectivity in Luxembourg to support spatial planning. *Landscape and Urban Planning*, 189(...), 335–351. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.05.004>
- Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. (2021). *Kota Surabaya Dalam Angka 2021*. Surabaya: Badan Pusat Statistika.
- Blau, M. L., Luz, F., & Panagopoulos, T. (2018). Urban river recovery inspired by nature-based solutions and biophilic design in Albufeira, Portugal. *Land*, 7(4). <https://doi.org/10.3390/land7040141>
- Carpio, A. J., Oteros, J., Tortosa, F. S., & Guerrero-Casado, J. (2016). Land use and biodiversity patterns of the herpetofauna: The role of olive groves. *Acta Oecologica*, 70, 103–111. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2015.12.007>
- Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu Kota Surabaya. (2017). Kota Surabaya Raih Penghargaan Global Green City 2017 Dari PBB. Retrieved February 2, 2022, from <http://dpm-ptsp.surabaya.go.id/v3/detailpost/kota-surabaya-raih-penghargaan-global-green-city-2017-dari-pbb>
- Handayani, H. H., Estoque, R. C., & Murayama, Y. (2018). Estimation of built-up and green volume using geospatial techniques: A case study of Surabaya, Indonesia. *Sustainable Cities and Society*, 37, 581–593. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.10.017>

- Joga, N., & Ismaun, I. (2011). *RTH 30%! Resolusi (Kota) Hijau*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Kabisch, N., & Haase, D. (2013). Green spaces of European cities revisited for 1990-2006. *Landscape and Urban Planning*, 110(1), 113–122.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.10.017>
- Karanikola, P., Panagopoulos, T., Tampakis, S., Simoglou, G., & Tzelepi, A. (2023). Perceptions of urban green infrastructure in two contrasting municipalities of the metropolitan area of Athens, Greece. *Nature-Based Solutions*, 3(April), 100063.
<https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2023.100063>
- Keenan, R. J., Reams, G. A., Achard, F., de Freitas, J. V., Grainger, A., & Lindquist, E. (2015). Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. *Forest Ecology and Management*, 352, 9–20.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.014>
- Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional (ATR/BPN) Republik Indonesia. (2022). *Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang/Kepala Badan Pertanahan nasional Republik Indonesia nomor 14 Tahun 2022 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau*. Jakarta: Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional (ATR/BPN) Republik Indonesia.
- Kurniati, A. C., & Nitivattananon, V. (2016). Factors influencing urban heat island in Surabaya, Indonesia. *Sustainable Cities and Society*, 27, 99–105.
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.07.006>
- Kusuma, R. D., Purnomo, E. P., & Kasiwi, A. N. (2020). Analisis upaya Kota Surabaya untuk mewujudkan kota hijau (Green City). *Dinamika: Jurnal Ilmiah Ilmu Administrasi Negara*, 7(1), 13–27.
- Lausch, A., Blaschke, T., Haase, D., Herzog, F., Syrbe, R. U., Tischendorf, L., & Walz, U. (2015). Understanding and quantifying landscape structure - A review on relevant process characteristics, data models and landscape metrics. *Ecological Modelling*, 295, 31–41.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.08.018>
- Machado, R., Godinho, S., Pirnat, J., Neves, N., & Santos, P. (2018). Assessment of landscape composition and configuration via spatial metrics combination: conceptual framework proposal and method improvement. *Landscape Research*, 43(5), 652–664.
<https://doi.org/10.1080/01426397.2017.1336757>
- McGarigal, K., & Marks, B. J. (1995). FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. In *General Technical Report - US Department of Agriculture, Forest Service*.
- Singh, S. K., Pandey, A. C., & Singh, D. (2014). *Land Use Fragmentation Analysis Using Remote Sensing and Fragstats BT - Remote Sensing Applications in Environmental Research* (P. K. Srivastava, S. Mukherjee, M. Gupta, & T. Islam, Eds.). Cham: Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-05906-8_9
- Taylor, P. D., Fahrig, L., Henein, K., & Merriam, G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 68(3), 571.
<https://doi.org/10.2307/3544927>
- Teckentrup, L., Kramer-Schadt, S., & Jeltsch, F. (2019). The risk of ignoring fear: underestimating the effects of habitat loss and fragmentation on biodiversity. *Landscape Ecology*, 34(12), 2851–2868.
<https://doi.org/10.1007/s10980-019-00922-8>
- Xu, F., Wang, Y., Xiang, N., Tian, J., & Chen, L. (2020). Uncovering the willingness-to-pay for urban green space conservation: A survey of the capital area in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 162(June), 105053.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105053>
- Zheng, L., Wang, Y., & Li, J. (2023). Quantifying the spatial impact of landscape fragmentation on habitat quality: A multi-temporal dimensional comparison between the Yangtze River Economic Belt and Yellow River Basin of China. *Land Use Policy*, 125(388), 106463.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106463>
- Zheng, Z. W., & Chou, R. J. (2023). The impact and future of edible landscapes on sustainable urban development: A systematic review of the literature. *Urban Forestry and Urban Greening*, 84(August 2022), 127930.
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127930>