

**ANALISIS MULTIDIMENSI KEBERLANJUTAN RUANG HIJAU
DALAM RANGKA MITIGASI PERUBAHAN IKLIM GLOBAL:
EVIDENCE DI PROVINSI LAMPUNG**

(Tesis)

Oleh

**ERRICA SETIAWATI MILLENIUM
NPM 2320011011**



**PROGRAM STARATA 2
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

ANALISIS MULTIDIMENSI KEBERLANJUTAN RUANG HIJAU DALAM RANGKA MITIGASI PERUBAHAN IKLIM GLOBAL: *EVIDENCE* DI PROVINSI LAMPUNG

Oleh

ERRICA SETIAWATI MILLENIUM

Pengendalian perubahan iklim merupakan salah satu agenda dalam *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang ditetapkan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa. Namun, implementasinya di Indonesia masih menghadapi tantangan besar yang ditandai oleh tingginya emisi gas rumah kaca (GRK), terutama dari sektor energi. Peningkatan konsumsi energi berkontribusi terhadap kenaikan emisi CO₂ sehingga diperlukan mitigasi yang efektif dan berkelanjutan. Salah satu strategi mitigasi yang dapat dilakukan adalah melalui ketersediaan ruang hijau karena kemampuannya dalam menyerap CO₂. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi status keberlanjutan ruang hijau di Provinsi Lampung dalam mendukung mitigasi perubahan iklim berdasarkan dimensi ekologi, ekonomi, sosial, teknologi, dan kelembagaan, serta merumuskan strategi peningkatannya sekaligus menganalisis kontribusi ruang hijau terhadap mitigasi perubahan iklim melalui estimasi kapasitas penyerapan CO₂. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif dengan data sekunder yang dianalisis menggunakan metode *Multidimensional Scaling* (MDS) melalui perangkat lunak RAPPFISH (*Rapid Appraisal for Fisheries*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberlanjutan ruang hijau berada pada kategori cukup berkelanjutan dengan nilai indeks rata-rata sebesar 58,68. Dimensi ekologi memiliki nilai tertinggi (85,64), sedangkan dimensi kelembagaan menjadi yang terlemah (32,12). Dimensi ekonomi, sosial, dan teknologi berada pada kategori cukup berkelanjutan. Analisis sensitivitas mengidentifikasi atribut kunci pada setiap dimensi yang menjadi dasar perumusan strategi peningkatan keberlanjutan ruang hijau, dengan fokus utama pada penguatan aspek kelembagaan guna mendukung mitigasi perubahan iklim secara berkelanjutan. Selain itu, hasil estimasi menunjukkan bahwa ruang hijau Provinsi Lampung memiliki kapasitas serapan sebesar 74.695,60 Gg CO₂e per tahun atau mampu mengimbangi sekitar 6,55% dari total emisi GRK nasional, yang menegaskan peran ruang hijau sebagai penyerap karbon alami dalam mitigasi perubahan iklim.

Kata kunci: gas rumah kaca; mitigasi perubahan iklim; RAPPFISH

ABSTRACT

A MULTIDIMENSIONAL ANALYSIS OF GREEN SPACE SUSTAINABILITY IN THE CONTEXT OF GLOBAL CLIMATE CHANGE MITIGATION: EVIDENCE FROM LAMPUNG PROVINCE

By

ERRICA SETIAWATI MILLENIUM

Climate change control is one of the key agendas within the Sustainable Development Goals (SDGs) established by the United Nations. However, its implementation in Indonesia continues to face significant challenges, as reflected by the high levels of greenhouse gas (GHG) emissions, particularly from the energy sector. Increasing energy consumption contributes substantially to rising CO₂ emissions, thereby requiring effective and sustainable mitigation measures. One potential mitigation strategy is the provision and management of green spaces due to their ecological function as natural carbon sinks capable of absorbing atmospheric CO₂. This study aims to evaluate the sustainability status of green spaces in Lampung Province in supporting climate change mitigation based on ecological, economic, social, technological, and institutional dimensions. It also seeks to formulate strategies for improving sustainability while analyzing the contribution of green spaces through the estimation of CO₂ sequestration capacity. The research applied both quantitative and qualitative approaches using secondary data analyzed through the Multidimensional Scaling (MDS) method implemented in RAPFISH (Rapid Appraisal for Fisheries) software. The results indicate that the sustainability status of green spaces is categorized as moderately sustainable, with an average index value of 58.68. The ecological dimension achieved the highest score (85.64), while the institutional dimension was identified as the weakest (32.12). The economic, social, and technological dimensions were classified as moderately sustainable. Sensitivity analysis identified key attributes within each dimension that form the basis for developing improvement strategies, with priority placed on strengthening institutional capacity to support long-term climate mitigation efforts. Furthermore, the estimated carbon sequestration capacity of green spaces in Lampung Province reaches 74,695.60 Gg CO₂e per year, equivalent to offsetting approximately 6.55% of Indonesia's total national GHG emissions.

Keywords: greenhouse gases; climate change mitigation; RAPFISH

**ANALISIS MULTIDIMENSI KEBERLANJUTAN RUANG HIJAU
DALAM RANGKA MITIGASI PERUBAHAN IKLIM GLOBAL:
EVIDENCE DI PROVINSI LAMPUNG**

Oleh

ERRICA SETIAWATI MILLENIUM

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER LINGKUNGAN**

Pada

**Program Studi Magister Ilmu Lingkungan
Pascasarjana Multidisiplin Universitas Lampung**



**PROGRAM STARATA 2
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

Judul Tesis : Analisis Multidimensi Keberlanjutan Ruang Hijau dalam Rangka Mitigasi Perubahan Iklim Global: *Evidence* di Provinsi Lampung

Nama Mahasiswa : Errica Setiawati Millenium

Nomor Pokok Mahasiswa : 2320011011

Program Studi : Magister Ilmu Lingkungan

Fakultas : Program Pascasarjana Multidisiplin



Hari Kaskoyo, S.Hut., M.P., Ph.D.
NIP 196906011998021002

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'H.K.', written over a horizontal line.

Dr. Dedy Miswar, M.Pd.
NIP 197411082005011003

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Dedy', written over a horizontal line.

Dr. A. Hadian Pratama Hamzah, S.IP., M.I.L.
NIP 198802262023211015

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'A. Hamzah', written over a horizontal line.

2. Koordinator Program Studi Magister Ilmu Lingkungan
Universitas Lampung

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'H.K.', written over a horizontal line.

Hari Kaskoyo, S.Hut., M.P., Ph.D.
NIP. 196906011998021002

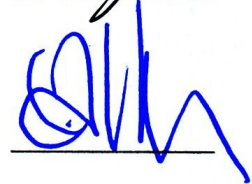
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

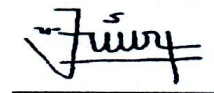
Ketua : Hari Kaskoyo, S.Hut., M.P., Ph.D.




Sekretaris : Dr. Dedy Miswar, M.Pd.



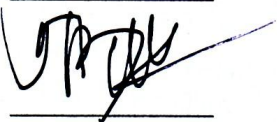
Anggota : Dr. A. Hadian Pratama Hamzah, S.IP., M.I.L.



**Penguji
Bukan Pembimbing** : Dr. Ir. Nurhasanah, M.Si.



Anggota : Prof. Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si.



2. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung

Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP.196403261989021001

Tanggal Lulus Ujian Tesis : 14 April 2026



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahawa:

1. Tesis dengan judul: **“ANALISIS MULTIDIMENSI KEBERLANJUTAN RUANG HIJAU DALAM RANGKA MITIGASI PERUBAHAN IKLIM GLOBAL: EVIDENCE DI PROVINSI LAMPUNG”** adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya, saya bersedia dan sanggup dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 14 April 2026

menyatakan,



Errica Setiawati Millenium

NPM 2320011011

RIWAYAT HIDUP

Penulis Errica Setiawati Millenium di lahirkan pada tanggal 14 Juni 2000 di Bandar Lampung. Penulis merupakan anak terakhir dari empat bersaudara, putri dari pasangan suami istri yaitu Bapak Yantoni Hidayat (Alm) dan Ibu Fauziah. Penulis menempuh Pendidikan Sekolah Dasar di SDN 2 Rajabasa. Pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 22 Bandar Lampung. Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Natar. Selanjutnya penulis menempuh Pendidikan Strata-1 di Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan di Universitas Lampung.

Pada tahun 2023 Penulis melanjutkan pendidikan Strata-2 pada Program Studi Magister Ilmu Lingkungan di Universitas Lampung. Selanjutnya penulis melakukan penelitian dengan judul “Analisis Multidimensi Keberlanjutan Ruang Hijau dalam Rangka Mitigasi Perubahan Iklim Global: *Evidence* di Provinsi Lampung”.

MOTTO

“Janganlah kamu bersikap lemah dan janganlah pula kamu bersedih hati, padahal kamulah orang-orang yang paling tinggi derajatnya jika kamu beriman”

(Surat Ali Imran Ayat 139)

“Banyak yang bisa kita capai jika kita lebih ikhlas bertindak. Memang tidak mudah, tapi telah banyak jiwa sederhana yang ikhlas memberanikan diri mencapai yang diragukan oleh orang lain”

(Mario Teguh)

“Menjaga alam bukan kewajiban, tetapi cerminan siapa diri kita”

(Errica)

PERSEMBAHAN

Dengan mengucap rasa syukur kepada Allah SWT yang maha pengasih lagi maha penyayang, kupersembahkan karya ini kepada:

**Kedua orang tuaku tercinta
Bapak Yantoni Hidayat (Alm) dan Ibu Fauziah**

Terima kasih atas segala pengorbanan materi dan doa yang tak pernah putus untuk mewujudkan masa depanku.

Ketiga kakakku tersayang Endah, Edo, dan Edwin

Terima kasih karena selalu memberi semangat kepadaku.

Teman-teman Magister Ilmu Lingkungan 2023

Terima kasih selalu membantu dan memberi semangat kepadaku.

Para bapak dan ibu dosen yang saya hormati.

dan,

Almamaterku tercinta

UNIVERSITAS LAMPUNG

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Analisis Multidimensi Keberlanjutan Ruang Hijau dalam Rangka Mitigasi Perubahan Iklim Global: *Evidence* di Provinsi Lampung” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Ilmu Lingkungan di Universitas Lampung. Dalam menyelesaikan tesis ini, penulis banyak mendapat bantuan, dukungan, bimbingan, kritik dan saran dari berbagai pihak. Maka, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung;
3. Dr. Candra Perbawati, S.H., M.H., selaku wakil Direktur Pascasarjana Bidang Akademik, Kemahasiswaan dan Alumni Universitas Lampung;
4. Dr. Fitra Dharma, S.E., M.Si., selaku Wakil Direktur Bidang Umum Universitas Lampung;
5. Bapak Hari Kaskoyo, S.Hut., M.P., Ph.D selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Pascasarjana Multidisiplin Universitas Lampung, sekaligus pembimbing utama yang telah bersedia membimbing, memberikan saran, waktu, dukungan, dan kritik dalam penyempurnaan penulisan tesis ini;
6. Bapak Dr. Dedy Miswar, M.Pd. selaku pembimbing kedua yang telah bersedia membimbing, memberikan saran, waktu, dukungan, dan kritik dalam penyusunan tesis ini;

1. Bapak Dr. A. Hadian Pratama Hamzah, S.IP., M.I.L. selaku pembimbing ketiga yang telah bersedia membimbing, memberikan saran, waktu, dan kritik dalam penyusunan tesis ini;
2. Ibu Dr. Ir. Nurhasanah, M.Si. selaku penguji utama yang telah bersedia membimbing, memberikan saran, waktu, dan kritik dalam penyempurnaan penulisan tesis ini;
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si. selaku penguji kedua yang telah bersedia membimbing, memberikan saran, waktu, dukungan, dan kritik dalam penyempurnaan penulisan tesis ini;
4. Bapak Prof. Dr. dr. Asep Sukohar, S.Ked., M.Kes. selaku pembimbing akademik;
5. Seluruh Dosen Magister Ilmu Lingkungan Universitas Lampung atas segala ilmu yang diberikan baik dalam perkuliahan, dukungan, dan bantuan kepada penulis selama ini;
6. Tim administrasi Magister Ilmu Lingkungan, atas arahan, bantuan, dan segala macam keperluan penulis selama menjalani perkuliahan hingga wisuda penulis;
7. Kedua orang tua dan ketiga kakak tercinta yang tidak henti-hentinya memberikan doa, dukungan, semangat, dan nasihat selama menjalani perkuliahan sampai dengan selesai;
8. Teman semester akhir yaitu Diah, Widia, dan Yansha yang telah menemani penulis di masa-masa sulit.
9. Keluarga Magister Ilmu Lingkungan 2023 yang senantiasa memberikan dukungan, bantuan, dan semangat;
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam penulisan tesis ini.

Penulis menyadari tesis ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga tesis ini dapat memberikan manfaat dan pengetahuan kepada setiap orang yang membacanya.

Bandar Lampung, 14 April 2026
Penulis

Errica Setiawati Millenium

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	<i>ii</i>
HALAMAN PERSETUJUAN.....	<i>v</i>
HALAMAN PENGESAHAN.....	<i>vi</i>
PERNYATAAN HASIL KARYA.....	<i>vii</i>
RIWAYAT HIDUP	<i>viii</i>
MOTTO	<i>ix</i>
PERSEMBAHAN.....	<i>x</i>
SANWACANA	<i>xi</i>
DAFTAR ISI.....	<i>xiii</i>
DAFTAR TABEL.....	<i>xvi</i>
DAFTAR GAMBAR.....	<i>xvii</i>
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	6
1.3. Rumusan Masalah	7
1.4. Tujuan Penelitian.....	7
1.5. Manfaat Penelitian.....	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Kajian Teori.....	9
2.1.1. Konsep Ruang Hijau.....	9
2.1.2. Konsep Pengendalian Perubahan Iklim.....	10
2.1.3. Teori Keberlanjutan (<i>Sustainable Development</i>)	12
2.1.4. Faktor-Faktor Pendukung Keberlanjutan Ruang Hijau.....	15

2.2.	Penelitian Relevan.....	24
2.3.	Kerangka Pikir Penelitian.....	26
III. METODE		
3.1.	Metode Penelitian.....	28
3.2.	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	28
3.3.	Alat dan Bahan Penelitian	28
3.4.	Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Variabel (DOV).....	29
3.5.	Sumber dan Jenis Data Penelitian	33
3.6.	Teknik Pengumpulan Data	34
3.7.	Instrumen Penelitian.....	36
3.8.	Teknik Analisis Data	38
3.8.1.	Analisis Spasial	38
3.8.2.	Analisis Multidimensi	42
3.8.3.	Analisis Ketahanan Sistem.....	45
3.8.4.	Analisis Estimasi Emisi Karbon.....	46
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1.	Gambaran Umum Wilayah Penelitian.....	47
4.1.1.	Letak dan Luas Provinsi Lampung.....	47
4.1.2.	Kondisi Demografis Provinsi Lampung.....	49
4.2.	Status Keberlanjutan Ruang Hijau Provinsi Lampung	50
4.2.1.	Status Keberlanjutan Multidimensi	50
4.2.2.	Status Keberlanjutan Dimensi Ekologi	55
4.2.3.	Status Keberlanjutan Dimensi Ekonomi	66
4.2.4.	Status Keberlanjutan Dimensi Sosial	74
4.2.5.	Status Keberlanjutan Dimensi Teknologi.....	81
4.2.6.	Status Keberlanjutan Dimensi Kelembagaan.....	88
4.3.	Strategi Keberlanjutan Ruang Hijau Provinsi Lampung.....	94
4.3.1.	Strategi Keberlanjutan Dimensi Ekologi.....	94
4.3.2.	Strategi Keberlanjutan Dimensi Ekonomi.....	97
4.3.3.	Strategi Keberlanjutan Dimensi Sosial.....	105
4.3.4.	Strategi Keberlanjutan Dimensi Teknologi.....	108

4.3.5. Strategi Keberlanjutan Dimensi Kelembagaan	109
4.4. Kontribusi Ruang Hijau terhadap Mitigasi Perubahan Iklim.....	112
V. PENUTUP	
5.1. Temuan Penelitian.....	117
5.2. Kesimpulan.....	118
5.3. Saran.....	119
DAFTAR PUSTAKA	120
LAMPIRAN	131

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca Menurut Sektor Tahun 2021	2
2. Penelitian Relevan	25
3. Definisi Operasional Variabel (DOV)	30
4. Jenis dan Sumber Data Penelitian.....	33
5. Teknik Pengumpulan Data.....	35
6. Penskoran Berdasarkan Variabel Menggunakan Skala Likert.....	36
7. Klasifikasi Nilai <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI).....	40
8. Klasifikasi Kemiringan Lereng.....	41
9. Klasifikasi Nilai Indeks Keberlanjutan	44
10. Klasifikasi Strategi Berdasarkan Kondisi Sistem	45
11. Jumlah, Kepadatan, Laju Penduduk per km ² Tahun 2025.....	49
12. Selisih MDS- <i>Monte Carlo</i> , Nilai <i>Stess</i> , dan Koefisien Determinasi	52
13. Nilai NDVI, Luas, dan Persentase Vegetasi	56
14. Gini Ratio Provinsi Lampung	67
15. Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) Provinsi Lampung	69
16. Pasaran Harga Lahan di Provinsi-Provinsi Pulau Sumatera.....	70
17. Pendapatan dan Belanja Daerah Provinsi Lampung 2025.....	71
18. Produk Domestik Regional Bruto per Kapita Atas Dasar Harga Berlaku Menurut Provinsi	73
19. Persentase Penduduk Usia 25 Tahun ke Atas dengan Pendidikan SMA.....	76
20. Umur Harapan Hidup Saat Lahir (UHH).....	77
21. Jumlah Penduduk Usia Produktif Menurut Kelompok Umur.....	78
22. Kepadatan Penduduk per km ² Tahun 2025.....	80
23. Strategi Berdasarkan Kategori Jenis Tanah di Provinsi Lampung	95

24. Strategi Berdasarkan Kategori Tingkat Pengangguran di Lampung	98
25. Strategi Berdasarkan Kategori Kepadatan Penduduk Provinsi Lampung ...	101
26. Strategi Berdasarkan Kategori Usia Produktif di Provinsi Lampung	103
27. Luas Wilayah Tiap Kelas Kerapatan Vegetasi	113
28. Faktor Serapan CO ₂ Berdasarkan Kelas Kerapatan Vegetasi	114
29. Hasil Serapan CO ₂ berdasarkan Luas dan Faktor Serapan Vegetasi.....	115

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tingkat Emisi GRK Sektor Energi Tahun 2021	3
2. Prisma Keberlanjutan.....	13
3. Kerangka Pikir Penelitian	27
4. Tahapan Analisis NDVI.....	39
5. Tahapan Analisis Peta.....	41
6. Tahapan Analisis Multidimensi	42
7. Peta Administrasi Provinsi Lampung	48
8. Diagram Layang-Layang (<i>Kite Diagram</i>).....	50
9. Grafik <i>Monte Carlo</i>	54
10. Indeks Keberlanjutan Dimensi Ekologi	55
11. Peta Kerapatan Vegetasi	58
12. Peta Penggunaan Lahan	59
13. Peta Jenis Tanah.....	63
14. Peta Kemiringan Lereng	65
15. Indeks Keberlanjutan Dimensi Ekonomi	66
16. Indeks Keberlanjutan Dimensi Sosial	75
17. Indeks Keberlanjutan Dimensi Teknologi	82
18. Geoportal Lampung	83
19. Lampung-In.....	85
20. Indeks Keberlanjutan Dimensi Kelembagaan.....	89
21. Grafik <i>Leverage</i> Dimensi Ekologi	94
22. Grafik <i>Leverage</i> Dimensi Ekonomi	97
23. Grafik <i>Leverage</i> Dimensi Sosial	100
24. Grafik <i>Leverage</i> Dimensi Teknologi	106
25. Grafik <i>Leverage</i> Dimensi Kelembagaan.....	109

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengendalian perubahan iklim merupakan salah satu tujuan dalam agenda *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang ditetapkan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB). Isu ini secara khusus menjadi fokus tujuan SDGs ke-13, yaitu “*mengambil tindakan segera untuk memerangi perubahan iklim dan dampaknya*” (United Nations, 2015). *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) mendefinisikan perubahan iklim sebagai perubahan pola iklim jangka panjang yang terjadi selama beberapa dekade atau lebih, baik akibat aktivitas manusia maupun proses alam (IPCC, 2021). Perubahan iklim tidak hanya berimplikasi pada aspek lingkungan, tetapi juga berimplikasi luas terhadap tujuan pembangunan lainnya, seperti ketahanan pangan, pengentasan kemiskinan, kesehatan masyarakat, serta keberlanjutan ekosistem. Oleh karena itu, pengendalian perubahan iklim merupakan kondisi ideal yang harus dicapai dalam rangka mewujudkan pembangunan berkelanjutan secara menyeluruh.

Perubahan iklim disebabkan oleh aktivitas manusia dan faktor-faktor alamiah. Aktivitas manusia yang menyebabkan perubahan iklim seperti pembakaran bahan bakar fosil, kegiatan pertanian, dan peternakan (Rembulan et al., 2024). Kemudian, faktor-faktor alamiah penyebab perubahan iklim seperti variasi matahari, aktivitas vulkanik, dan arus laut (Sugiharto et al., 2025). Penyebab utama perubahan iklim yaitu berasal dari aktivitas manusia yang meningkatkan konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer secara berlebihan (Irma & Gusmira, 2024; Rembulan et al., 2024). GRK adalah gas-gas yang terdapat di atmosfer yang berfungsi menahan sebagian panas matahari yang dipantulkan kembali dari permukaan bumi. GRK memiliki peranan penting dalam mempertahankan suhu bumi agar tetap hangat.

Namun, GRK yang berlebihan dapat meningkatkan pemanasan global (Irma & Gusmira, 2024). Berikut ini merupakan hasil inventarisasi GRK nasional berdasarkan sektor dan aktivitas manusia yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca Nasional Menurut Sektor Tahun 2021 (Gg CO₂e)

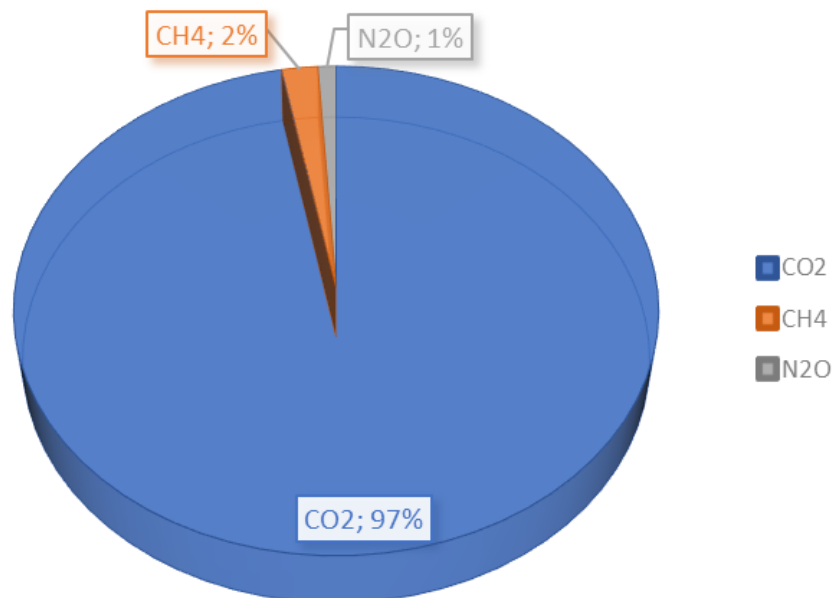
No.	Sektor	Aktivitas	Emisi GRK	Jenis Emisi GRK
1.	Energi	Pembakaran Bahan Bakar	576.687	CO ₂ , CH ₄ , dan N ₂ O
		Emisi Fugitif (minyak, gas, dan batu bara)	19.176	
		Jumlah	595.863	
2.	Industri	Industri Mineral	32.175	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CF ₄ , dan C ₂ F ₆
		Industri Kimia	13.674	
		Industri Logam	9.065	
		Penggunaan Produk Non-Energi dan Pelarut	4.319	
		Industri Lainnya	146	
		Jumlah	59.378,54	
3.	Pertanian	aktivitas peternakan	29.314,60	CH ₄ , N ₂ O, dan CO ₂
		Pertanian dan Perlakuan Tanah	76.562,05	
		Jumlah	105.876,65	
4.	Kehutanan dan Penggunaan Lahan	Perubahan stok karbon di atas permukaan tanah	-237.684	CO ₂ , CH ₄ , dan N ₂ O
		Kebakaran Gambut	23.917	
		Dekomposisi Gambut	463.480	
		Jumlah	249.713	
5.	Limbah	Limbah padat industri	85	CH ₄ , N ₂ O, dan CO ₂
		Limbah cair industri	60.848	
		Limbah padat domestik	44.269	
		Limbah cair domestik	24.635	
		Jumlah	129.837	
TOTAL			1.140.668,19	

Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2023

Berdasarkan Tabel 1, hasil inventarisasi GRK nasional menunjukkan bahwa total emisi GRK Indonesia pada tahun 2021 mencapai 1.140.668,19 Gg CO₂e atau setara dengan 1,14 Gt CO₂e (KLHK, 2023). Besaran emisi tersebut tergolong tinggi karena telah berada pada skala gigaton, yang secara ilmiah menunjukkan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan konsentrasi GRK di atmosfer dan pemanasan global. Kondisi ini menunjukkan bahwa upaya pengendalian perubahan iklim di

Indonesia masih menghadapi tantangan besar, tercermin dari tingkat emisi GRK yang tinggi. Dengan demikian, terdapat kesenjangan yang nyata antara tujuan global pengendalian perubahan iklim dengan kondisi aktual emisi GRK di tingkat nasional.

Selain itu, pada Tabel 1 juga memperlihatkan bahwa sektor energi menjadi kontributor terbesar emisi GRK nasional. Sektor ini menghasilkan emisi sebesar 595.863 Gg CO_{2e}, atau sekitar 52,24% dari total emisi nasional (KLHK, 2023). Emisi tersebut disebabkan oleh aktivitas pembakaran bahan bakar dan emisi fugitif oleh minyak, gas, dan batu bara yang kemudian menghasilkan gas-gas seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan dinitrogen monoksida (N₂O). Berikut ini merupakan tingkat emisi GRK pada sektor energi tahun 2021 berdasarkan jenis gasnya yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tingkat Emisi GRK Sektor Energi Tahun 2021 Berdasarkan Jenis Gas

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa emisi dari gas CO₂ mendominasi sebesar 97%, diikuti oleh gas CH₄ sebesar 2% dan gas N₂O sebesar 1% (KLHK, 2023). Hal ini menunjukkan bahwa emisi CO₂ merupakan salah satu GRK utama yang berkontribusi signifikan terhadap pemanasan global dan perubahan iklim. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan mitigasi perubahan iklim yang efektif dan berkelanjutan untuk menekan akumulasi CO₂ di atmosfer. Salah satu pendekatan

yang dinilai strategis adalah mempertahankan keberadaan ruang hijau di setiap wilayah dalam jangka panjang. Keberadaan ruang hijau menjadi penting karena memiliki fungsi ekologis yang langsung berkaitan dengan pengendalian emisi CO₂. Vegetasi berupa pohon dan tumbuhan di ruang hijau mampu menyerap CO₂ dari atmosfer melalui proses fotosintesis dan menyimpannya dalam bentuk biomassa pada batang, daun, serta akar, sehingga berperan sebagai penyerap karbon alami yang efektif (Pakaya et al., 2024). Proses fotosintesis terjadi di daun, tepatnya di dalam kloroplas, dan berlangsung melalui dua tahap utama. Pada tahap pertama (reaksi terang), energi cahaya matahari digunakan untuk memecah air (H₂O), sehingga menghasilkan oksigen (O₂) yang kemudian dilepaskan ke udara serta energi yang dibutuhkan untuk tahap berikutnya. Selanjutnya, pada tahap kedua (siklus Calvin), karbon dioksida (CO₂) yang diserap melalui stomata diolah menjadi glukosa sebagai sumber makanan bagi tumbuhan. Glukosa ini digunakan untuk pertumbuhan dan disimpan sebagai jaringan tanaman seperti batang, daun, dan akar. Melalui proses inilah karbon tersimpan dalam tubuh tumbuhan, sehingga ruang hijau berperan penting dalam mengurangi kadar CO₂ di atmosfer sekaligus menghasilkan oksigen bagi makhluk hidup (Miharja et al., 2018; Stirbet et al., 2020).

Keberlanjutan ruang hijau tidak hanya ditentukan oleh keberadaan vegetasi semata, tetapi juga dipengaruhi oleh berbagai faktor pendukung yang menyebabkan ruang hijau tetap dipertahankan. Berdasarkan teori pembangunan berkelanjutan, terdapat lima dimensi utama yang dapat digunakan, yaitu ekologi, ekonomi, sosial, teknologi, dan kelembagaan (Spangenberg & Bonniot, 1998; Tzoulas et al., 2007). Dimensi ekologi berpengaruh karena ruang hijau dan lingkungan membentuk satu kesatuan ekosistem yang saling berinteraksi, sehingga perubahan kondisi ekologi akan secara langsung berdampak pada ruang hijau yang ada (Gulo & Lase, 2025; Spangenberg & Bonniot, 1998). Dimensi ekonomi turut menentukan melalui ketersediaan modal dan alokasi anggaran, di mana keterbatasan sumber daya finansial atau orientasi pembangunan yang lebih menekankan pertumbuhan ekonomi dapat mengurangi perhatian terhadap penyediaan dan pemeliharaan ruang hijau. Dimensi sosial berperan melalui karakteristik dan tingkat kepedulian

masyarakat terhadap lingkungan, karena masyarakat yang aktif dan peduli cenderung mendorong pengelolaan serta keberlanjutan ruang hijau yang lebih baik (Prabowoningsih et al., 2018; Spangenberg & Bonniot, 1998). Selanjutnya, dimensi teknologi mendukung pengelolaan ruang hijau secara lebih efisien melalui pemanfaatan alat dan inovasi untuk memetakan, memantau, dan mengevaluasi kondisi ruang hijau (Agustiyara et al., 2025; Tzoulas et al., 2007). Sementara itu, dimensi kelembagaan menjadi faktor kunci karena mencakup kebijakan, regulasi, perencanaan tata ruang, serta kapasitas pemerintahan yang secara langsung menentukan perlindungan, pendanaan, dan pengelolaan ruang hijau secara efektif (Biernacka & Kronenberg, 2018; Spangenberg & Bonniot, 1998). Oleh karena itu, evaluasi terhadap faktor-faktor pendukung keberlanjutan ruang hijau menjadi penting untuk mengidentifikasi dimensi dan atribut yang perlu diperkuat agar peran ruang hijau dalam mitigasi perubahan iklim dapat berlangsung secara maksimal dan berkelanjutan.

Evaluasi faktor-faktor pendukung keberlanjutan ruang hijau dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode *Multidimensional Scaling* (MDS) melalui perangkat lunak RAPFISH (*Rapid Appraisal for Fisheries*). Meskipun awalnya dikembangkan untuk menilai keberlanjutan sektor perikanan, metode RAPFISH telah banyak diaplikasikan dalam berbagai kajian sumber daya alam karena kemampuannya dalam memberikan penilaian cepat dan komprehensif secara multidimensi. Metode ini menghasilkan visualisasi berupa diagram layang yang memudahkan interpretasi status keberlanjutan pada masing-masing dimensi yang dianalisis (Pitcher & Preikshot, 2001). Selanjutnya, untuk merumuskan strategi perbaikan, analisis *leverage* yang dihasilkan oleh MDS digunakan untuk mengidentifikasi atribut yang paling sensitif dan berpengaruh terhadap keberlanjutan ruang hijau berdasarkan lima dimensi yang dikaji. Selain menilai status dan strategi keberlanjutan, penelitian ini juga menganalisis kontribusi ruang hijau Provinsi Lampung terhadap mitigasi perubahan iklim melalui estimasi kapasitas penyerapan karbon dioksida (CO₂). Analisis tersebut dilakukan untuk menunjukkan bahwa keberlanjutan ruang hijau memiliki peran strategis sebagai

penyerap karbon alami (*carbon sink*) yang berkontribusi dalam menekan emisi GRK di tingkat regional.

Provinsi Lampung memiliki potensi yang cukup besar dalam mendukung pengendalian perubahan iklim melalui keberadaan ruang hijau, baik berupa kawasan hutan, ruang hijau perkotaan, ruang hijau berbasis pertanian, maupun kawasan lindung. Namun, pemanfaatan dan pengelolaan ruang hijau di Provinsi Lampung masih menghadapi berbagai tantangan yang berkaitan dengan faktor ekologi, ekonomi, sosial, teknologi, dan kelembagaan. Hingga saat ini, kajian mengenai keberlanjutan ruang hijau dengan pendekatan multidimensi di Provinsi Lampung masih sangat terbatas. Penelitian ini menawarkan kebaruan dengan mengintegrasikan lima dimensi keberlanjutan secara simultan, serta tidak hanya menilai status keberlanjutan ruang hijau, tetapi juga merumuskan rekomendasi strategi berbasis hasil analisis *leverage* dan kontribusi ruang hijau terhadap mitigasi perubahan iklim. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan ilmiah bagi pemerintah daerah, perencanaan wilayah, dan pemangku kebijakan dalam menyusun strategi peningkatan keberlanjutan ruang hijau di Provinsi Lampung secara lebih terarah, efektif, dan berkelanjutan dalam mendukung mitigasi perubahan iklim global.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tingginya emisi gas rumah kaca (GRK), khususnya emisi CO₂, yang masih didominasi oleh sektor energi, menunjukkan bahwa upaya mitigasi perubahan iklim di Indonesia belum berjalan optimal.
2. Peran ruang hijau sebagai penyerap karbon dan infrastruktur hijau belum dimanfaatkan secara maksimal dalam mendukung mitigasi perubahan iklim, sehingga kontribusinya terhadap pengendalian emisi CO₂ masih belum optimal.

3. Keberlanjutan ruang hijau dipengaruhi oleh berbagai faktor multidimensi, meliputi aspek ekologi, ekonomi, sosial, teknologi, dan kelembagaan, yang hingga saat ini belum dievaluasi secara komprehensif dan terintegrasi.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana status keberlanjutan ruang hijau di Provinsi Lampung dalam mendukung mitigasi perubahan iklim global berdasarkan evaluasi faktor-faktor pendukung secara multidimensi, yang meliputi dimensi ekologi, ekonomi, sosial, teknologi, dan kelembagaan?
2. Strategi apa yang perlu dirumuskan untuk meningkatkan keberlanjutan ruang hijau di Provinsi Lampung dalam mendukung mitigasi perubahan iklim global berdasarkan hasil evaluasi faktor-faktor pendukung keberlanjutan ruang hijau?
3. Bagaimana kontribusi ruang hijau terhadap mitigasi perubahan iklim melalui estimasi kapasitas penyerapan karbon dioksida berdasarkan tingkat kerapatan vegetasi?

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengevaluasi status keberlanjutan ruang hijau di Provinsi Lampung dalam mendukung mitigasi perubahan iklim global berdasarkan faktor-faktor pendukung secara multidimensi, yang meliputi dimensi ekologi, ekonomi, sosial, teknologi, dan kelembagaan.
2. Merekomendasi strategi peningkatan keberlanjutan ruang hijau di Provinsi Lampung dalam mendukung mitigasi perubahan iklim global berdasarkan hasil evaluasi faktor-faktor pendukung keberlanjutan ruang hijau.

3. Mengestimasi kontribusi ruang hijau terhadap mitigasi perubahan iklim melalui kapasitas penyerapan karbon dioksida berdasarkan tingkat kerapatan vegetasi.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Peneliti: menambah pengetahuan dan pengalaman ilmiah dalam menganalisis keberlanjutan ruang hijau menggunakan pendekatan *multidimensi* dan metode MDS–RAPFISH.
2. Bagi Masyarakat: memberikan pemahaman mengenai pentingnya ruang hijau sebagai upaya mitigasi perubahan iklim sehingga mendorong meningkatnya kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam pelestarian lingkungan.
3. Bagi Pemangku Kebijakan/Pemerintah: menyediakan dasar ilmiah untuk penyusunan strategi dan kebijakan pengelolaan ruang hijau yang lebih efektif dan berkelanjutan dalam menghadapi perubahan iklim global.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Teori

2.1.1. Konsep Ruang Hijau

Ruang hijau pada dasarnya dipahami sebagai area yang mengandung elemen alami. Elemen alami tersebut meliputi vegetasi, permukaan berumput, dan pepohonan, termasuk juga jalur hijau di sepanjang jalan atau area publik lain yang memiliki karakter lingkungan alami (WHO, 2016). Pemahaman ini menekankan bahwa ruang hijau merupakan bagian dari lingkungan yang menyediakan keberadaan vegetasi secara nyata dan memiliki kontribusi ekologis yang penting.

Dalam lingkungan permukiman, ruang hijau dapat hadir dalam berbagai bentuk yang mencerminkan kegunaan dan karakter ekologis yang berbeda. Taman umum, ruang berhutan, jalur pedestrian di tepi sungai, kebun pribadi, area bermain, pertanian skala kecil, serta kawasan pesisir merupakan contoh ruang hijau yang umum dimanfaatkan masyarakat untuk rekreasi maupun aktivitas fisik (Gascon et al., 2016; Grellier et al., 2017; Voigt et al., 2014). Keragaman ini menunjukkan bahwa ruang hijau tidak hanya berfungsi sebagai ruang estetika, tetapi juga sebagai wadah interaksi sosial dan tempat untuk memperoleh manfaat kesehatan.

Selain perannya dalam layanan rekreasi, ruang hijau juga merupakan bagian dari infrastruktur hijau yang memiliki nilai strategis dalam mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim. Vegetasi di dalamnya membantu mereduksi suhu lingkungan melalui proses pendinginan alami, menyerap emisi karbon, dan memperkuat fungsi ekosistem lainnya yang relevan untuk ketahanan lingkungan (Almalla & Marino, 2025). Melalui fungsi tersebut, ruang hijau menjadi komponen

penting dalam mendukung keberlanjutan dan meningkatkan kualitas lingkungan hidup.

2.1.2. Konsep Pengendalian Perubahan Iklim

a. Definisi Perubahan Iklim Global

Menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), perubahan iklim global merupakan perubahan signifikan pada pola iklim di bumi yang terjadi dalam jangka waktu panjang, biasanya berlangsung selama beberapa dekade hingga abad. Perubahan ini dapat disebabkan oleh faktor alamiah seperti variasi aktivitas matahari dan letusan gunung berapi, maupun oleh aktivitas manusia yang meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer. Secara umum, perubahan iklim mencakup perubahan suhu rata-rata global, pola curah hujan, serta frekuensi dan intensitas fenomena cuaca ekstrem (IPCC, 2021).

b. Penyebab Perubahan Iklim Global

Perubahan iklim global disebabkan oleh aktivitas manusia dan faktor-faktor alamiah. Faktor utama penyebab perubahan iklim berasal dari aktivitas manusia yang meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer. Pembakaran bahan bakar fosil untuk transportasi dan industri, deforestasi, serta kegiatan pertanian dan peternakan menghasilkan emisi karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan dinitrogen oksida (N₂O). Gas-gas tersebut memerangkap panas di atmosfer melalui efek rumah kaca sehingga menyebabkan peningkatan suhu rata-rata bumi atau *global warming*. Selain itu, perubahan tata guna lahan dan degradasi hutan turut memperburuk kondisi ini karena berkurangnya kemampuan vegetasi dalam menyerap karbon dioksida dari udara (Rembulan et al., 2024).

Selain disebabkan oleh aktivitas manusia, perubahan iklim juga dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor alamiah yang terjadi secara alami tanpa campur tangan manusia. Faktor-faktor berikut ini berperan dalam variabilitas iklim di masa lalu dalam skala waktu puluhan hingga jutaan tahun.

1) Siklus Orbit Bumi (Siklus Milankovitch)

Siklus Milankovitch adalah perubahan pada orbit Bumi dan kemiringan sumbu rotasinya yang berlangsung dalam ratusan ribu hingga jutaan tahun. Ini memengaruhi jumlah radiasi Matahari yang diterima Bumi dan menjadi penyebab peningkatan atau penurunan suhu global dalam jangka panjang, seperti perubahan dari zaman es ke interglasial (Susilawaty et al., 2025).

2) Variasi Aktivitas Matahari

Radiasi Matahari yang mencapai Bumi berubah dari waktu ke waktu (misalnya melalui bintik matahari), dan perubahan ini ikut memengaruhi suhu global. Perubahan intensitas sinar Matahari memengaruhi jumlah energi yang diterima atmosfera Bumi (Susilawaty et al., 2025).

3) Letusan Gunung Api Besar

Letusan vulkanik besar dapat melepaskan aerosol (misalnya sulfur dioksida) ke stratosfer, yang memantulkan sinar Matahari kembali ke luar angkasa, menyebabkan pendinginan sementara. Sebaliknya, emisi CO₂ dari aktivitas vulkanik dalam jangka waktu geologis juga dapat memengaruhi tren jangka panjang (Sottili & Palladino, 2025).

4) Siklus Laut-Atmosfer

Fenomena alam seperti *El Niño–Southern Oscillation* (ENSO), *Pacific Decadal Oscillation* (PDO), dan *Atlantic Multidecadal Oscillation* (AMO) adalah contoh interaksi alamiah antara atmosfer dan lautan yang mengubah pola suhu, curah hujan, dan sistem iklim di seluruh dunia dalam skala waktu tahunan hingga dekadal (Susilawaty et al., 2025). Selain itu, Gerakan lempeng tektonik dan perubahan dalam susunan benua secara perlahan juga dapat mengubah pola sirkulasi laut dan udara serta memengaruhi iklim dalam jangka waktu sangat panjang (Ramesh, 2025).

c. Dampak Perubahan Iklim Global

Perubahan iklim global menimbulkan dampak yang luas dan kompleks, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Dalam jangka pendek, peningkatan suhu dan ketidakteraturan cuaca memicu meningkatnya frekuensi dan intensitas peristiwa cuaca ekstrem seperti badai, banjir, kekeringan, dan gelombang panas, yang dapat merusak infrastruktur, mengancam keselamatan, serta menurunkan kualitas hidup manusia (Santoso, 2015). Sementara itu, dampak jangka panjangnya meliputi kenaikan permukaan laut akibat mencairnya es di kutub dan pemuai air laut, yang dapat menyebabkan banjir rob di wilayah pesisir, mengancam permukiman penduduk, mengurangi lahan produktif, serta menimbulkan kerugian ekonomi secara signifikan (Masturi et al., 2021).

d. Upaya Global Mengatasi Perubahan Iklim

Upaya global dalam mengatasi perubahan iklim diwujudkan melalui berbagai kebijakan dan perjanjian internasional, salah satunya melalui *Sustainable Development Goals* (SDGs) atau Tujuan Pembangunan Berkelanjutan yang ditetapkan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB). Secara khusus, Tujuan ke-13 SDGs, yaitu *Climate Action*, menekankan pentingnya tindakan segera untuk memerangi perubahan iklim dan dampaknya (United Nations, 2015). Implementasi tujuan ini meliputi upaya mitigasi, seperti pengurangan emisi gas rumah kaca, serta adaptasi terhadap perubahan iklim melalui peningkatan ketahanan sosial, ekonomi, dan lingkungan di berbagai negara.

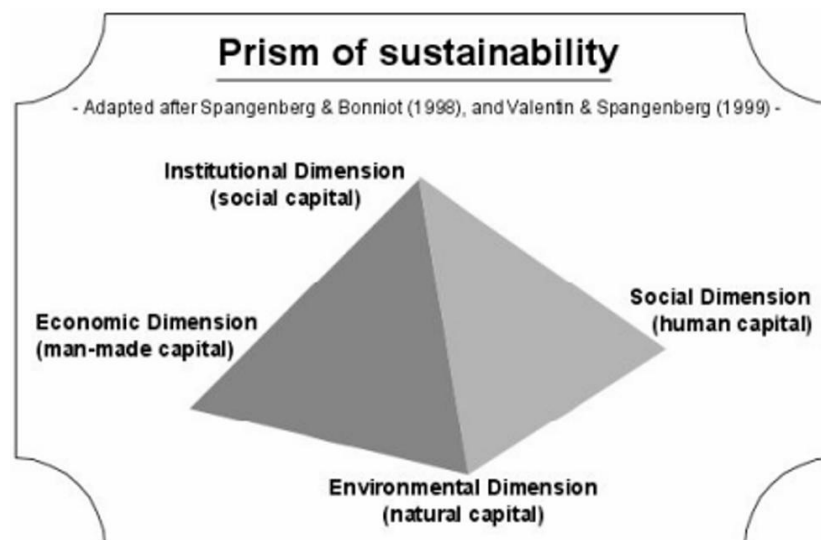
2.1.3. Teori Keberlanjutan (*Sustainability Theory*)

Teori keberlanjutan berakar pada konsep pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) yang menekankan pentingnya keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi, kesejahteraan sosial, dan pelestarian lingkungan. Konsep ini menegaskan bahwa pembangunan harus mampu memenuhi kebutuhan generasi masa kini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhinya sendiri. Gagasan tersebut pertama kali diperkenalkan secara global melalui Laporan Brundtland berjudul *Our Common Future* (1987), yang disusun oleh Komisi Dunia

untuk Lingkungan dan Pembangunan (*World Commission on Environment and Development*) di bawah pimpinan Gro Harlem Brundtland. Laporan ini menjadi dasar utama dalam pembentukan paradigma pembangunan berkelanjutan di tingkat internasional (Brundtland, 1987).

Menurut Spangenberg & Bonniot (1998), keberlanjutan mencakup empat dimensi utama yang saling berinteraksi dan tidak dapat dipisahkan satu sama lain, yaitu:

- a. Dimensi Ekonomi (*man-made capital*), yang mencakup modal buatan manusia seperti infrastruktur, aset ekonomi, serta efisiensi pemanfaatan sumber daya untuk meningkatkan kesejahteraan.
- b. Dimensi Lingkungan (*natural capital*), yang berfokus pada kelestarian sumber daya alam, keanekaragaman hayati, dan fungsi ekosistem yang mendukung kehidupan.
- c. Dimensi Sosial (*human capital*), yang berhubungan dengan pengembangan kualitas manusia melalui pendidikan, kesehatan, dan partisipasi masyarakat.
- d. Dimensi Kelembagaan (*social capital*), yang mencakup sistem hukum, kebijakan, norma, dan jaringan sosial yang memastikan tata kelola yang baik serta stabilitas sosial.



Gambar 2. Prisma Keberlanjutan (Keiner, 2005)

Berdasarkan Gambar 2, keempat dimensi pembangunan berkelanjutan divisualisasikan melalui Prisma Keberlanjutan (*Sustainability Prism*) yang

dikembangkan oleh Stenberg dalam Keiner (2005). Model ini menggambarkan hubungan timbal balik serta kompleksitas interaksi antara dimensi ekonomi (*man-made capital*), sosial (*human capital*), lingkungan (*natural capital*), dan kelembagaan (*social capital*) dalam mencapai pembangunan yang berkelanjutan. Prisma keberlanjutan menegaskan bahwa keberlanjutan tidak dapat dicapai hanya dengan menitikberatkan pada satu dimensi tertentu, melainkan memerlukan keseimbangan dan keterpaduan antar seluruh dimensi tersebut. Interaksi antardimensi bersifat dinamis dan saling memengaruhi, sehingga pengabaian salah satu dimensi berpotensi melemahkan keberlanjutan pembangunan secara keseluruhan (Keiner, 2005; Stenberg, 2001).

Seiring perkembangan zaman, muncul dimensi kelima yaitu dimensi teknologi, yang dianggap berperan penting dalam mendukung efisiensi dan inovasi untuk mencapai keberlanjutan. Dalam teori *Urban Green Infrastructure* (UGI), Tzoulas et al. (2007) menekankan bahwa teknologi merupakan instrumen penting dalam perencanaan, pengelolaan, dan pemantauan ruang hijau. Teknologi berbasis data dan sistem informasi geografis (GIS) memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih tepat, efisien, dan berorientasi pada pelestarian lingkungan perkotaan (Tzoulas et al., 2007).

Dengan demikian, teori keberlanjutan yang diterapkan dalam keberlanjutan ruang hijau mencakup lima dimensi yang saling terintegrasi, yaitu ekologi, ekonomi, sosial, kelembagaan, dan teknologi. Dimensi ekologi berkaitan dengan kelestarian sumber daya alam serta fungsi ekosistem yang mendukung keseimbangan lingkungan. Dimensi ekonomi mencakup modal buatan manusia untuk meningkatkan kesejahteraan. Dimensi sosial berhubungan dengan pengembangan kualitas manusia. Selanjutnya, dimensi teknologi mencakup pemanfaatan alat, sarana, dan inovasi yang mendukung pengelolaan ruang hijau secara lebih efisien dan berkelanjutan. Sementara itu, dimensi kelembagaan berkaitan dengan kebijakan, regulasi, serta tata kelola yang baik. Integrasi kelima dimensi ini menjamin ruang hijau dapat memberikan manfaat jangka panjang secara berkelanjutan tanpa mengorbankan fungsi ekologisnya.

2.1.4. Faktor-Faktor Pendukung Keberlanjutan Ruang Hijau

a. Dimensi Ekologi

1) Kerapatan Vegetasi

Kerapatan vegetasi merupakan salah satu komponen ekologis yang berperan besar dalam meningkatkan kualitas iklim mikro ruang hijau. Vegetasi yang rapat mampu mengurangi intensitas radiasi matahari secara signifikan dan menurunkan suhu udara di sekitarnya melalui proses pepadaman cahaya, evapotranspirasi, dan peneduhan alami. Efek ini menciptakan lingkungan yang lebih sejuk dan nyaman bagi pengguna, sekaligus mendukung fungsi ekologis ruang hijau sebagai regulator iklim mikro. Oleh karena itu, pengelolaan vegetasi dengan mempertimbangkan kerapatan tajuk menjadi aspek penting dalam perencanaan ruang hijau (Riyanti et al., 2021).

2) Luas Vegetasi

Luas vegetasi yang memadai merupakan faktor fundamental dalam menyediakan manfaat lingkungan yang optimal. Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan luasan ruang hijau mampu menurunkan konsentrasi polutan udara, karena vegetasi berfungsi sebagai penyaring alami yang menyerap gas pencemar, menangkap partikel debu, serta menghasilkan oksigen. Selain memperbaiki kualitas udara, cakupan vegetasi yang besar turut menjaga keseimbangan ekosistem, memperkuat biodiversitas, dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat perkotaan. Dengan demikian, luas vegetasi yang memadai tidak hanya memberikan manfaat ekologis, tetapi juga menjadi elemen kunci dalam pembentukan kota yang sehat dan berkelanjutan (Putro et al., 2021).

3) Sebaran Vegetasi Mengelompok

Sebaran vegetasi yang mengelompok atau membentuk klaster berpengaruh terhadap fungsi ruang hijau. Pola vegetasi yang tidak seragam, tetapi tersebar dalam kelompok-kelompok tertentu, dapat meningkatkan keragaman jenis tumbuhan dan memperkuat fungsi ekosistem. Susunan vegetasi yang berkelompok juga berperan dalam meningkatkan manfaat lingkungan, seperti menurunkan suhu udara, mengurangi erosi tanah, serta mendukung proses alami seperti penyebaran benih. Namun, efektivitas pola mengelompok ini tidak hanya ditentukan oleh keberadaan

klaster semata, melainkan juga oleh ukuran kelompok vegetasi, jarak antar kelompok, serta kondisi lingkungan dan iklim (Pringle et al., 2010; Xu et al., 2024).

4) Jenis Tanah Peka Erosi

Jenis tanah yang rentan mengalami erosi menjadi faktor penting yang memengaruhi kualitas dan keberlanjutan ruang hijau. Degradasi tanah, termasuk erosi permukaan, dapat mengakibatkan hilangnya lapisan tanah subur, menurunnya kapasitas infiltrasi, serta melemahkan struktur tanah yang mendukung pertumbuhan vegetasi. Kondisi ini pada akhirnya mengurangi kemampuan ruang hijau dalam menyediakan layanan ekosistem, seperti pengaturan air, stabilitas tanah, dan dukungan biodiversitas. Dengan demikian, identifikasi jenis tanah yang peka terhadap erosi serta penerapan teknik konservasi menjadi langkah penting dalam menjaga fungsi ekosistem ruang hijau (Murata & Kawai, 2018).

5) Kemiringan Lereng Curam

Kemiringan lereng menjadi faktor geomorfologi yang memengaruhi efektivitas fungsi ekologis ruang hijau, khususnya terkait kemampuan infiltrasi air ke dalam tanah. Lereng yang datar lebih memungkinkan terjadinya infiltrasi yang optimal apabila kondisi tanah dan vegetasi mendukung. Sebaliknya, lereng curam cenderung meningkatkan limpasan permukaan dan mengurangi potensi air meresap ke dalam tanah, terutama ketika permukaan tertutup oleh bahan kedap seperti beton dan aspal. Faktor ini berpengaruh pada ketersediaan air tanah, stabilitas lereng, serta risiko erosi. Oleh karena itu, karakteristik kemiringan lahan perlu diperhitungkan dalam perencanaan ruang hijau untuk memaksimalkan fungsi hidrologis dan ekologisnya (Suprayogo et al., 2020).

b. Dimensi Ekonomi

1) Ketimpangan Ekonomi

Ketimpangan ekonomi memiliki pengaruh yang signifikan dan struktural terhadap keberlanjutan ruang hijau, baik dari sisi ketersediaan, kualitas, maupun keberlanjutan pengelolaannya. Wilayah dengan tingkat pendapatan rendah umumnya mengalami keterbatasan investasi publik, sehingga ruang hijau yang tersedia cenderung berukuran lebih kecil, kurang terawat, dan memiliki fasilitas

yang tidak memadai. Kondisi ini mengurangi kemampuan ruang hijau dalam menjalankan fungsi ekologisnya secara optimal, seperti pengaturan iklim mikro, penyaringan polutan udara, dan penyediaan ruang sosial yang aman dan nyaman. Sebaliknya, kawasan berpendapatan tinggi lebih mampu mempertahankan ruang hijau berkualitas melalui dukungan anggaran, partisipasi masyarakat, dan tata kelola yang lebih baik. Ketimpangan ini memperlebar disparitas akses terhadap manfaat ekologis dan kesehatan, serta menyebabkan keberlanjutan ruang hijau menjadi tidak merata antarwilayah. Dengan demikian, ketimpangan ekonomi tidak hanya menciptakan ketidakadilan sosial, tetapi juga melemahkan keberlanjutan ruang hijau secara sistemik, sehingga memerlukan intervensi kebijakan yang berorientasi pada pemerataan dan keadilan lingkungan (Hoffmann et al., 2017).

2) Tingkat Pengangguran

Tingkat pengangguran memiliki hubungan erat dengan kemampuan fiskal daerah, terutama dalam penyediaan dan pemeliharaan ruang hijau. Tingginya angka pengangguran mencerminkan rendahnya ketersediaan lapangan kerja, yang kemudian berdampak pada melemahnya aktivitas ekonomi daerah. Kondisi ini pada akhirnya mengurangi pendapatan daerah dan membatasi ruang fiskal untuk mendanai pembangunan, pemeliharaan, maupun peningkatan infrastruktur ruang hijau. Dengan demikian, pengangguran tidak hanya menjadi isu ekonomi, tetapi juga berimplikasi pada kemampuan daerah untuk memastikan keberlanjutan dan kualitas ruang hijau (Marthalina, 2018).

3) Harga Lahan yang Tinggi

Tingginya nilai atau harga lahan menjadi salah satu hambatan besar dalam penyediaan ruang hijau, terutama di kawasan yang mengalami tekanan pembangunan. Ketika harga lahan meningkat, pemerintah menghadapi tantangan dalam menyediakan atau mempertahankan ruang hijau karena biaya akuisisi lahan menjadi semakin tinggi. Akibatnya, ruang hijau sulit diwujudkan di area dengan nilai ekonomi tinggi, sehingga distribusinya tidak merata. Temuan penelitian menegaskan bahwa harga lahan merupakan variabel kritis yang memengaruhi

peluang penyediaan ruang hijau dan perlu dikelola melalui instrumen kebijakan tata ruang yang tepat (Prabowoningsih et al., 2018).

4) Tingkat Pendapatan Asli Daerah (PAD)

Pendapatan Asli Daerah (PAD) berperan sebagai indikator kemampuan fiskal daerah dalam mendanai berbagai program pembangunan, termasuk penyediaan dan pemeliharaan ruang hijau. Penelitian menunjukkan bahwa PAD yang tinggi cenderung sejalan dengan tata kelola publik yang lebih baik serta meningkatnya kinerja pemerintah daerah. Dengan peningkatan PAD, daerah memiliki kemandirian fiskal yang lebih besar untuk mengalokasikan anggaran pada sektor-sektor strategis, termasuk ruang hijau. Hal ini menjadikan PAD sebagai faktor yang secara tidak langsung mendukung keberlanjutan ruang hijau melalui penguatan kapasitas fiskal pemerintah daerah (Puspitasari & Setyanta, 2020).

5) Pertumbuhan Ekonomi

Pertumbuhan ekonomi, yang salah satunya tercermin melalui peningkatan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) per kapita, berpengaruh positif terhadap kemampuan daerah dalam meningkatkan belanja pembangunan. Studi di Provinsi Jawa Timur menunjukkan bahwa semakin tinggi PDRB suatu daerah, semakin besar pula anggaran yang dapat dialokasikan oleh pemerintah, termasuk untuk belanja modal yang berkaitan dengan pembangunan dan pengelolaan ruang hijau. Dengan demikian, pertumbuhan ekonomi tidak hanya mencerminkan kesejahteraan masyarakat, tetapi juga memperkuat kapasitas pemerintah untuk menyediakan ruang hijau yang berkualitas dan berkelanjutan (Yuliana & Asmara, 2024).

c. Dimensi Sosial

1) Tingkat Pendidikan

Tingkat pendidikan merupakan salah satu faktor sosial yang berpengaruh kuat terhadap keberlanjutan ruang hijau. Masyarakat dengan pendidikan yang lebih tinggi cenderung memiliki pemahaman yang lebih baik mengenai fungsi ekologis, sosial, dan kesehatan yang dihasilkan oleh ruang hijau. Peningkatan literasi lingkungan ini mendorong partisipasi publik yang lebih besar, baik dalam menjaga

ruang hijau, mengikuti program penghijauan, maupun mendukung kebijakan perlindungan lingkungan yang ditetapkan pemerintah. Dengan demikian, kelompok berpendidikan berpotensi menjadi motor penggerak dalam upaya pelestarian dan pemanfaatan ruang hijau secara berkelanjutan (Anah & Rindawati, 2019).

2) Tingkat Kesehatan

Ruang hijau memiliki kontribusi penting dalam meningkatkan tingkat kesehatan masyarakat, terutama melalui dorongan terhadap aktivitas fisik. Kehadiran taman kota, jalur hijau, dan ruang terbuka lainnya membuat masyarakat lebih terdorong untuk berjalan kaki, berolahraga, atau sekadar beraktivitas di lingkungan yang lebih sehat. Aktivitas fisik yang meningkat ini berperan dalam menjaga kebugaran jasmani, menurunkan risiko penyakit tidak menular, dan meningkatkan kualitas hidup secara umum. Temuan penelitian menunjukkan bahwa ruang hijau menyediakan lingkungan yang mendukung gaya hidup aktif sekaligus memperbaiki kesejahteraan fisik dan mental masyarakat (Gianfredi et al., 2021).

3) Usia Produktif

Kelompok usia produktif memiliki peran strategis dalam mendukung keberlanjutan ruang hijau. Studi menunjukkan bahwa penduduk yang tinggal di sekitar kawasan hijau banyak didominasi oleh kelompok usia produktif, yang umumnya memiliki tingkat kepedulian dan kesadaran lingkungan yang lebih tinggi. Karakteristik mereka yang aktif dan produktif menjadikan kelompok ini lebih berpotensi terlibat dalam aktivitas pengelolaan, perlindungan, maupun pemanfaatan ruang hijau. Selain itu, kemampuan mereka untuk mengakses informasi dan berpartisipasi dalam kegiatan komunitas memperkuat kontribusinya terhadap pelestarian fungsi ekologis ruang hijau di wilayah tempat tinggalnya (Anah & Rindawati, 2019).

4) Kepadatan Penduduk

Kepadatan penduduk merupakan faktor struktural yang memengaruhi ketersediaan dan kualitas ruang hijau di suatu kawasan. Penelitian menunjukkan adanya korelasi negatif antara kepadatan penduduk dan luas ruang hijau, yaitu semakin padat suatu wilayah, semakin kecil ruang yang tersedia untuk fungsi ekologis. Tekanan

kebutuhan lahan untuk permukiman, infrastruktur, dan aktivitas ekonomi sering kali menyebabkan pengurangan lahan hijau. Sebaliknya, wilayah dengan kepadatan penduduk yang lebih rendah umumnya memiliki ruang yang lebih luas untuk dialokasikan sebagai ruang hijau. Temuan ini menegaskan pentingnya kebijakan penataan ruang yang mampu menjaga keseimbangan antara pembangunan dan kebutuhan ekologis masyarakat (Bille et al., 2023).

5) Tingkat Kriminalitas

Tingkat kriminalitas di sekitar taman atau ruang hijau dapat memengaruhi rasa aman masyarakat dan berdampak langsung pada intensitas pemanfaatan ruang tersebut untuk aktivitas rekreasi maupun interaksi sosial. Ruang hijau yang jarang digunakan akibat meningkatnya rasa tidak aman cenderung kehilangan fungsi sosialnya karena berkurangnya kehadiran pengguna yang berperan sebagai pengawasan sosial alami (*natural surveillance*). Kondisi ini menyebabkan ruang publik menjadi tidak terawasi dan berpotensi berubah menjadi *dead space*, yaitu area yang sepi dan rentan terhadap aktivitas ilegal. Ketika masyarakat berhenti mengunjungi ruang hijau, pengawasan informal semakin melemah sehingga peluang terjadinya kriminalitas meningkat dan membentuk siklus negatif antara rasa tidak aman, penurunan penggunaan ruang, dan meningkatnya kejahatan (Sypion, 2023).

d. Dimensi Teknologi

1) Sistem Informasi Geografis

Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) menjadi salah satu faktor penting dalam mendukung pengembangan dan pengelolaan ruang hijau. Pendekatan manajemen aset berbasis SIG memungkinkan pemerintah daerah untuk mengidentifikasi, memetakan, serta mengevaluasi kondisi ruang hijau secara akurat. Optimalisasi aset taman melalui inventarisasi, pemantauan, dan perencanaan spasial mampu meningkatkan kualitas ruang hijau sehingga manfaat ekologis, sosial, maupun estetika yang diterima masyarakat dapat dimaksimalkan. Dengan demikian, integrasi SIG dalam tata kelola ruang hijau menjadi instrumen

strategis untuk mewujudkan pengelolaan yang lebih efektif dan berkelanjutan (Angrini et al., 2024).

2) Teknologi Digital dan Partisipasi Publik

Teknologi digital berperan besar dalam memperkuat partisipasi masyarakat dalam pengelolaan ruang hijau, khususnya melalui pemanfaatan aplikasi *mobile*. Penelitian menunjukkan bahwa *platform* digital berbasis *crowdsourcing* dapat menjaring persepsi, pengalaman, dan preferensi pengguna ruang hijau secara lebih luas, cepat, dan detail dibandingkan metode survei tradisional. Data yang dikumpulkan melalui aplikasi menawarkan konteks spasial yang lebih kaya serta mampu menangkap variasi preferensi lanskap berdasarkan lokasi dan waktu penggunaan. Hal ini menjadikan teknologi digital sebagai alat yang efektif untuk memahami kebutuhan pengguna dan mendukung perencanaan ruang hijau yang lebih responsif (Schrammeijer et al., 2022).

3) Sistem Informasi Sumber Daya Air Terintegrasi

Sistem informasi sumber daya air berperan penting dalam mendukung keberlanjutan ruang hijau melalui penyediaan data berbasis pemantauan dan pemodelan siklus air yang memungkinkan perencanaan lingkungan secara adaptif dan berbasis bukti. Integrasi data hidrologi seperti curah hujan, limpasan permukaan, infiltrasi, dan dinamika air tanah membantu mengoptimalkan fungsi ruang hijau sebagai infrastruktur ekologis yang mampu mengatur distribusi air, meningkatkan resapan, serta mengurangi risiko banjir dan degradasi lingkungan perkotaan. Studi menunjukkan bahwa pengelolaan ruang hijau yang didukung analisis hidrologi dan teknologi informasi mampu meningkatkan efektivitas *green infrastructure* dalam menjaga keseimbangan hidrologi dan ketahanan kota terhadap perubahan iklim (Chen et al., 2023; Qiu et al., 2021). Selain itu, pendekatan sosio-hidrologi menegaskan bahwa integrasi sistem informasi air dengan perencanaan ruang hijau memungkinkan pengambilan keputusan lintas skala wilayah secara lebih berkelanjutan karena mempertimbangkan interaksi antara sistem ekologis dan aktivitas manusia (Zhang & Chui, 2025). Ruang hijau yang dirancang berdasarkan informasi hidrologi juga terbukti berkontribusi terhadap penyediaan jasa ekosistem

air, peningkatan kualitas lingkungan, serta penguatan solusi berbasis alam (*nature-based solutions*) dalam pengelolaan risiko hidrometeorologi perkotaan (Olivadese & Dindo, 2024; Zhou et al., 2024).

4) Energi Tak Terbarukan

Penggunaan energi tak terbarukan, khususnya energi fosil, berdampak langsung terhadap penurunan kualitas lingkungan dan kapasitas ekosistem ruang hijau. Emisi yang dihasilkan dari konsumsi energi fosil berkontribusi pada polusi udara dan peningkatan suhu kawasan, sehingga mengganggu fungsi ekologis ruang hijau seperti kemampuan menyerap karbon, menurunkan suhu, dan menjaga kualitas udara. Temuan penelitian menegaskan bahwa ketergantungan pada energi fosil menjadi salah satu faktor yang melemahkan keberlanjutan lingkungan dan mengurangi efektivitas ruang hijau dalam menyediakan jasa ekosistem (Tjiwidjaja & Salima, 2023).

5) Ketiadaan Sistem Pemantauan Lingkungan

Ketiadaan sistem pemantauan lingkungan yang memadai menjadi salah satu faktor yang memengaruhi efektivitas pengelolaan ruang hijau. Tanpa dukungan monitoring yang terstruktur dan berkelanjutan, pengelola ruang hijau mengalami keterbatasan dalam memperoleh data akurat terkait kondisi lingkungan, seperti kualitas air, tanah, dan udara. Penelitian menunjukkan bahwa sistem pemantauan lingkungan yang baik memungkinkan pemanfaatan data lingkungan secara lebih optimal untuk mendukung pengelolaan sumber daya alam yang efisien, menjaga kualitas komponen lingkungan, serta memperkuat upaya konservasi. Oleh karena itu, absennya sistem monitoring tidak hanya menghambat proses evaluasi kondisi ruang hijau, tetapi juga melemahkan dasar pengambilan keputusan berbasis data dalam pengelolaan lingkungan secara berkelanjutan (Tembusai & Armando, 2024).

e. Dimensi Kelembagaan

1) Kejelasan Regulasi pada Peraturan Daerah RTRW

Kejelasan regulasi dalam Peraturan Daerah mengenai Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) merupakan elemen kunci dalam menjamin keberlanjutan pengelolaan ruang hijau. Pemerintah provinsi maupun kabupaten/kota pada dasarnya wajib

menyelaraskan penyusunan RTRW daerah dengan regulasi yang berlaku secara nasional, seperti Undang-Undang Penataan Ruang, Undang-Undang Cipta Kerja, serta Undang-Undang Pemerintahan Daerah. Konsistensi antara regulasi nasional dan kebijakan daerah memastikan bahwa penataan ruang termasuk penetapan ruang hijau memiliki kepastian hukum, arah yang jelas, serta mekanisme pengendalian pemanfaatan ruang yang terintegrasi (Arnita, 2021).

2) Peraturan Turunan

Peraturan turunan, seperti Pergub, memiliki peran strategis dalam memperjelas dan memerinci instruksi pengelolaan ruang hijau yang belum tergambar secara detail dalam peraturan tingkat undang-undang atau Perda. Beberapa penelitian menegaskan bahwa keberadaan peraturan turunan dapat memberikan pedoman operasional terkait pengelolaan hutan kota, meliputi aspek pengawasan, pemeliharaan, konservasi, serta pengembangan kawasan hijau yang memberikan manfaat ekologis, sosial, dan ekonomi. Dengan demikian, Pergub dan regulasi teknis lainnya menjadi instrumen penting untuk memastikan praktik pengelolaan ruang hijau berjalan sesuai prinsip keberlanjutan (Sidqi & Aminudin, 2025).

3) Organisasi Lingkungan (LSM) Berperan Aktif

Organisasi lingkungan LSM, berperan sebagai aktor pendukung dalam menjaga keberlanjutan ruang hijau melalui aktivitas advokasi, fasilitasi, serta penguatan kapasitas masyarakat. Studi menunjukkan bahwa organisasi lingkungan tidak hanya mengangkat isu ekologi, tetapi juga menghubungkannya dengan isu sosial seperti kesetaraan akses ruang hijau. Mereka kerap melibatkan berbagai aktor kebijakan mulai dari politisi, pemuda, hingga komunitas lokal melalui kampanye, koalisi, riset advokatif, maupun program pemberdayaan. Peran kolaboratif ini menjadikan LSM sebagai mitra strategis pemerintah dalam memperluas dampak perlindungan dan pengelolaan ruang hijau (Rigolon et al., 2024).

4) Disparitas Ketersediaan Perda

Ketersediaan Perda yang tidak merata di berbagai wilayah menimbulkan disparitas dalam perlindungan dan pengelolaan ruang hijau. Sebagai instrumen hukum daerah,

Perda memiliki fungsi untuk mengakomodasi kebutuhan lokal dalam kerangka otonomi daerah. Namun, ketika suatu kabupaten/kota tidak memiliki Perda yang mengatur ruang hijau secara khusus, maka terjadi ketidaksinkronan kebijakan lintas wilayah. Kondisi ini dapat melemahkan efektivitas perlindungan kawasan hijau, menciptakan ketimpangan implementasi kebijakan, serta menghambat pencapaian target keberlanjutan ruang hijau di tingkat provinsi (Jumadi, 2018).

5) Impunitas pada Pelanggar

Impunitas terhadap pelanggaran lingkungan memiliki dampak serius terhadap keberlanjutan ruang hijau. Ketika pelaku alih fungsi lahan, perusakan vegetasi, atau pemanfaatan ruang hijau yang tidak sesuai peruntukan tidak ditindak secara tegas, maka ruang hijau menjadi semakin rentan terhadap degradasi dan konversi. Lemahnya penegakan hukum menciptakan efek jera yang rendah, sehingga pelanggaran cenderung berulang dan bersifat sistemik. Kondisi ini secara langsung menghambat upaya perlindungan ruang hijau, mempercepat penyusutan luasan, serta menurunkan kualitas ekologis kawasan hijau yang tersisa. Dari perspektif kriminologi dan tata kelola lingkungan, impunitas juga melemahkan prinsip *rule of law* dan menurunkan kepercayaan publik terhadap pemerintah, yang pada akhirnya mengurangi partisipasi masyarakat dalam menjaga dan melaporkan pelanggaran pada ruang hijau. Dengan demikian, impunitas tidak hanya merupakan persoalan hukum, tetapi menjadi faktor penghambat utama keberlanjutan ruang hijau secara jangka panjang (Sulistiono, 2025).

2.2. Penelitian Relevan

Penelitian relevan digunakan untuk memperkuat landasan teoritis serta menunjukkan posisi penelitian ini dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Kajian terhadap penelitian terdahulu juga berfungsi sebagai pembanding dalam pemilihan objek, cakupan lokasi dan variabel penelitian serta fokus kajian terkait keberlanjutan ruang hijau. Penelitian-penelitian yang memiliki keterkaitan dengan topik tersebut disajikan secara ringkas dalam tabel berikut.

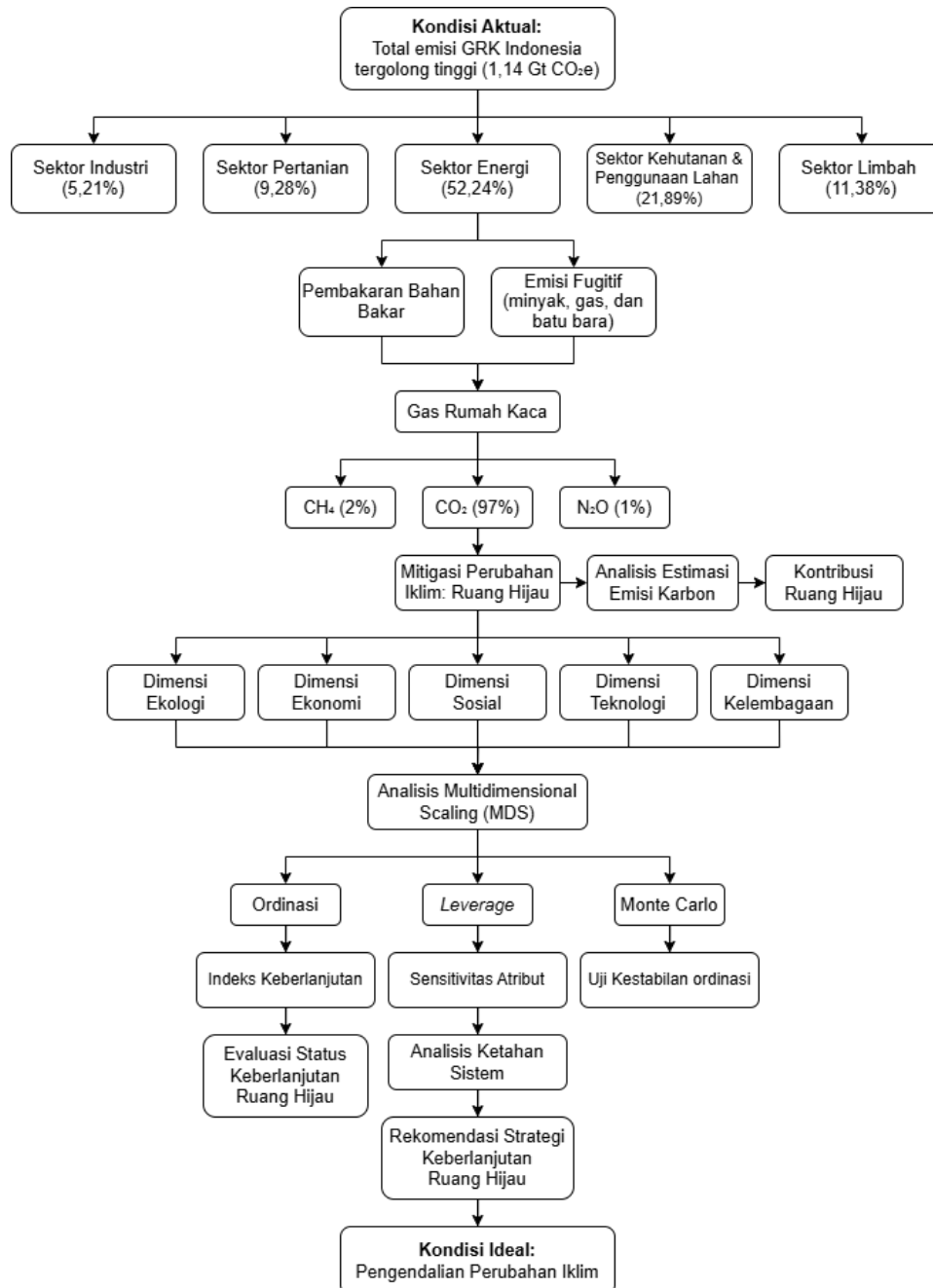
Tabel 2. Penelitian Relevan

No	Nama Penulis	Tahun	Judul	Perbedaan Penelitian
1.	Sri Wulandari, Rifardi, Aslim Rasyad, & Yusmarini	2018	Status keberlanjutan ruang terbuka hijau sebagai cadangan karbon di Kota Pekanbaru	Penelitian ini berfokus pada ruang terbuka hijau publik di Kota Pekanbaru dengan empat dimensi keberlanjutan (ekologi, ekonomi, sosial, dan kelembagaan) serta hanya bertujuan menilai status keberlanjutan.
2.	Samsul Bakri, Ferli Hartati, Hari Kaskoyo, Indra Gumay Febryano, & Bainah Sari Dewi	2023	<i>The fate of mangrove ecosystem sustainability on the shrimp cultivation area in Tulang Bawang District, Lampung, Indonesia</i>	Penelitian ini berfokus pada ekosistem mangrove di kawasan budidaya tambak udang di Kabupaten Tulang Bawang dengan empat dimensi keberlanjutan (ekologi, ekonomi, sosial, dan kelembagaan) serta bertujuan menilai status dan strategi keberlanjutan.
3.	Samsul Bakri, Henrie Buchari, Endang Linirin Widiastuti, Parjito Parjito, & Siti Herawati Sitorus	2023	<i>Measuring the sustainability of marine ecotourism in Kiluan Marine Tourism Park, Lampung Province, Indonesia</i>	Penelitian ini berfokus pada ekowisata bahari di Provinsi Lampung dengan lima dimensi keberlanjutan (ekologi, ekonomi, sosial, teknologi, dan kelembagaan) serta bertujuan menilai status dan strategi keberlanjutan.
4.	Putri Yolanda, Rinekso Soekmadi & Nandang Prihadi	2024	Status keberlanjutan Taman Wisata Alam Lembah Harau di Kabupaten Lima Puluh Kota	Penelitian ini berfokus pada kawasan taman wisata alam di Kabupaten Lima Puluh Kota dengan empat dimensi keberlanjutan (ekologi, ekonomi, sosial budaya, dan sarana prasarana) serta terbatas pada evaluasi status keberlanjutan kawasan spesifik.
5.	Sulis Tya Rani, Indra Gumay Yudha, Rachmad Caesario, dan SM. A. Hari Mahardika	2022	Status keberlanjutan pengelolaan ekosistem mangrove di Kabupaten Tangerang	Penelitian ini berfokus pada pengelolaan ekosistem mangrove di tingkat kabupaten dengan empat dimensi keberlanjutan (ekologi, ekonomi, sosial, dan kelembagaan) serta bertujuan menilai status dan strategi keberlanjutan.

Berdasarkan Tabel 2, penelitian ini memiliki beberapa kebaruan dibandingkan penelitian-penelitian sebelumnya. Pertama, penelitian ini mengkaji ruang hijau secara komprehensif pada skala provinsi, yaitu di Provinsi Lampung, sementara sebagian besar penelitian terdahulu masih terbatas pada skala kawasan spesifik seperti taman wisata, mangrove, atau ruang terbuka hijau publik perkotaan. Perbedaan antara ruang terbuka hijau dan ruang hijau menunjukkan bahwa ruang hijau memiliki cakupan yang lebih luas dan tidak terbatas pada kawasan yang ditetapkan secara formal dalam tata ruang. Kedua, penelitian ini mengintegrasikan analisis multidimensi keberlanjutan tidak hanya pada aspek ekologi, ekonomi, sosial, teknologi, dan kelembagaan, tetapi juga dikaitkan secara eksplisit dengan peran ruang hijau dalam mitigasi perubahan iklim global, yang masih jarang menjadi fokus utama dalam studi sebelumnya. Ketiga, penelitian ini tidak hanya mengevaluasi status dan merekomendasi strategi keberlanjutan, mengestimasi kontribusi ruang hijau terhadap mitigasi perubahan iklim. Dengan demikian, penelitian ini menawarkan pendekatan yang lebih holistik dalam menilai keberlanjutan ruang hijau sekaligus memperkuat perannya dalam konteks mitigasi perubahan iklim global.

2.3. Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka pikir penelitian ini disusun untuk menggambarkan alur pemikiran penelitian yang berangkat dari kesenjangan antara kondisi ideal pengendalian perubahan iklim dan kondisi aktual tingginya emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di Indonesia. Penelitian ini menempatkan ruang hijau sebagai salah satu bentuk mitigasi perubahan iklim melalui fungsinya sebagai penyerap karbon dioksida (CO₂). Keberlanjutan ruang hijau dipengaruhi oleh berbagai faktor lintas dimensi yang dianalisis secara terpadu. Kerangka pikir pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Kerangka Pikir Penelitian

Berdasarkan Gambar 3, kerangka pikir penelitian menunjukkan bahwa tingginya emisi GRK dari berbagai sektor mendorong perlunya upaya mitigasi perubahan iklim melalui penguatan peran ruang hijau. Keberlanjutan ruang hijau dianalisis melalui lima dimensi, yaitu ekologi, ekonomi, sosial, teknologi, dan kelembagaan. Kelima dimensi tersebut dievaluasi menggunakan metode *Multidimensional Scaling* (MDS) untuk menentukan status keberlanjutan serta merumuskan rekomendasi strategi peningkatan keberlanjutan ruang hijau.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menganalisis status keberlanjutan ruang hijau di Provinsi Lampung secara objektif dan terukur. Selain itu, pendekatan kuantitatif juga digunakan untuk menganalisis kontribusi ruang hijau Provinsi Lampung terhadap mitigasi perubahan iklim melalui estimasi kapasitas penyerapan karbon dioksida (CO₂) berdasarkan luas dan kerapatan vegetasi. Hasil analisis ini memberikan gambaran kuantitatif mengenai aspek mana yang sudah berkelanjutan dan mana yang memerlukan perbaikan, serta besarnya kontribusi ekologis ruang hijau dalam menurunkan emisi karbon. Kemudian, pendekatan kualitatif digunakan dalam merumuskan strategi perbaikan ruang hijau yang efektif dan berkelanjutan.

3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Provinsi Lampung tahun 2025 dengan tujuan untuk mengevaluasi secara komprehensif faktor-faktor pendukung keberlanjutan ruang hijau di wilayah yang dinamis ini. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi strategi yang relevan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas ruang hijau dalam jangka panjang. Penelitian ini juga mengkaji kontribusi ruang hijau terhadap mitigasi perubahan iklim melalui estimasi kapasitas penyerapan CO₂ sebagai fungsi ekologis ruang hijau dalam mengurangi emisi Gas Rumah Kaca.

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Perangkat keras (*hardware*): seperangkat komputer untuk mengolah data.
- b. Perangkat lunak (*software*): *software* ArcGIS 10.3 yang digunakan untuk melakukan analisis pada dimensi ekologi. Kemudian, *software* RAPFISH yang digunakan untuk melakukan analisis multidimensional.

3.3.2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Citra Satelit atau Foto Udara yang diperoleh dari satelit seperti Sentinel untuk melakukan analisis vegetasi pada dimensi ekologi.
- b. *Shapefile* (SHP) yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial untuk melakukan analisis pada dimensi ekologi.
- c. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini diperoleh melalui dokumentasi data sekunder untuk melakukan analisis pada dimensi ekonomi, sosial, dan kelembagaan.

3.4. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Variabel (DOV)

3.4.1. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan untuk mengukur keberlanjutan ruang hijau Provinsi Lampung dalam penelitian ini dibagi menjadi variabel independen dan dependen. Variabel independen (variabel bebas) adalah variabel yang diduga berpengaruh terhadap variabel tidak bebas dan pengaruhnya terhadap variabel tidak bebas diselidiki atau diuji. Sedangkan, variabel dependen (variabel tidak bebas) adalah variabel terpengaruh dalam hubungan antara dua variabel atau biasa juga disebut variabel akibat yang diperkirakan terjadi kemudian setelah terjadi variabel bebas atau variabel pengaruh (Djaali, 2020). Variabel independen dalam penelitian ini yaitu dimensi-dimensi yang mempengaruhi keberlanjutan ruang hijau berupa dimensi ekologi, ekonomi, sosial, teknologi, dan kelembagaan. Sedangkan, variabel dependen dalam penelitian ini yaitu keberlanjutan ruang hijau Provinsi Lampung.

3.4.2. Definisi Operasional Variabel (DOV)

Definisi operasional variabel disusun untuk menjelaskan faktor-faktor yang digunakan dalam menilai keberlanjutan ruang hijau secara terukur dan sistematis. Setiap dimensi keberlanjutan dijabarkan ke dalam variabel dan indikator yang dapat diukur secara kuantitatif maupun kualitatif guna memudahkan proses pengumpulan data dan analisis. Definisi operasional variabel yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 3. Definisi Operasional Variabel (DOV)

No.	Dimensi	Definisi Operasional	Variabel	Indikator	Metode Analisis Data
1.	Ekologi	Dimensi ekologi berkaitan dengan sumber daya alam dan ekosistem yang mendukung kehidupan (Spangenberg & Bonniot, 1998)	Kerapatan Vegetasi (<i>good</i>)	<i>Kerapatan vegetasi (vegetation density)</i>	Analisis <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI) menggunakan <i>software</i> ArcGIS
			Luas Vegetasi (<i>good</i>)	Luas area vegetasi (<i>vegetation cover area</i>)	Analisis <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI) menggunakan <i>software</i> ArcGIS
			Pola Sebaran Vegetasi Mengelompok (<i>good</i>)	Distribusi Spasial Vegetasi	Analisis <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI) menggunakan <i>software</i> ArcGIS
			Jenis Tanah Peka Erosi (<i>bad</i>)	Jenis Tanah (<i>Soil Type</i>)	Interpretasi peta tanah (<i>soil map</i>) menggunakan <i>software</i> ArcGIS
			Kemiringan Lereng Curam (<i>bad</i>)	Kemiringan lereng (<i>slope gradient</i>)	Interpretasi kemiringan lereng (<i>slope</i>) menggunakan <i>software</i> ArcGIS

No.	Dimensi	Definisi Operasional	Variabel	Indikator	Metode Analisis Data
2.	Ekonomi	Dimensi ekonomi berkaitan dengan modal buatan manusia untuk meningkatkan kesejahteraan (Spangenberg & Bonniot, 1998)	Ketimpangan Ekonomi (<i>bad</i>)	Indeks Gini Ratio	Analisis data sekunder berbasis survei Sakernas
			Tingkat Pengangguran (<i>bad</i>)	Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT)	Analisis data sekunder berbasis survei Sakernas
			Harga Lahan yang Tinggi (<i>bad</i>)	Tren harga pasar tanah per meter persegi (Rp/m ²)	Analisis data sekunder harga lahan dari agen property
			Tingkat Pendapatan Asli Daerah (PAD) (<i>good</i>)	Perda APBD	Analisis data sekunder berbasis survei Sakernas
			Pertumbuhan Ekonomi (<i>good</i>)	PDRB Perkapita ADHB	Analisis data sekunder berbasis survei Sakernas
3.	Sosial	Dimensi sosial berkaitan dengan sumber daya manusia yang mendukung keberlanjutan (Spangenberg & Bonniot, 1998)	Tingkat Pendidikan (<i>good</i>)	Persentase Penduduk Usia 25 Tahun Keatas dengan Pendidikan SMA ke Atas	Analisis data sekunder berbasis survei Sakernas
			Tingkat Kesehatan (<i>good</i>)	Umur Harapan Hidup Saat Lahir (UHH)	Analisis data sekunder berbasis survei Sakernas
			Penduduk Usia Produktif (<i>good</i>)	Penduduk Usia Produktif	Analisis data sekunder berbasis survei Sakernas
			Kepadatan Penduduk (<i>bad</i>)	Kepadatan Penduduk per km ²	Analisis data sekunder berbasis survei Sakernas
			Tingkat Kriminalitas (<i>bad</i>)	Jumlah Tindak Kejahatan	Analisis data sekunder berbasis survei Sakernas

No.	Dimensi	Definisi Operasional	Variabel	Indikator	Metode Analisis Data
4.	Teknologi	Dimensi teknologi berkaitan dengan alat penting untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan (Tzoulas et al., 2007)	Sistem Informasi Geografis (<i>good</i>)	Penerapan dan Ketersediaan Data Spasial	Analisis data sekunder berbasis dokumen resmi
			Teknologi Digital dan Partisipasi Publik (<i>good</i>)	Ketersediaan <i>platform digital</i>	Review aplikasi
			Sistem Informasi Sumber Daya Air Terintegrasi (<i>good</i>)	Penerapan Sistem Informasi Sumber Daya Air	Analisis data sekunder berbasis studi literatur
			Energi Tak Terbarukan (<i>bad</i>)	Ketergantungan Terhadap Fosil	Analisis data sekunder berbasis studi literatur
			Ketiadaan Sistem Pemantauan Lingkungan (<i>bad</i>)	Ketersediaan sistem monitoring lingkungan	Analisis data sekunder berbasis dokumen resmi
5.	Kelembagaan	Dimensi kelembagaan berkaitan dengan institusi, norma, dan jaringan sosial yang mempengaruhi interaksi manusia dalam masyarakat (Spangenberg & Bonniot, 1998)	Kejelasan Regulasi pada Perda RTRW (<i>good</i>)	Detail Aturan	Analisis isi (<i>content analysis</i>) terhadap dokumen Perda RTRW
			Peraturan Turunan (<i>good</i>)	Ketersediaan dan Kelengkapan Peraturan Turunan	Inventarisasi dokumen regulasi (<i>document review</i>)
			Organisasi Lingkungan (LSM) Berperan Aktif (<i>good</i>)	Ketersediaan dan Keterlibatan LSM	Review berita/laporan publik
			Disparitas Ketersediaan Perda (<i>bad</i>)	Perbedaan Jumlah Perda Terkait Ruang Hijau Antarwilayah	Analisis perbandingan regulasi antar kabupaten/kota
			Impunitas pada Pelanggar (<i>bad</i>)	Penegakan Sanksi Terhadap Pelanggar	Review berita/laporan publik

Berdasarkan Tabel 3, keberlanjutan ruang hijau dianalisis melalui lima dimensi utama, yaitu dimensi ekologi, ekonomi, sosial, teknologi, dan kelembagaan. Masing-masing dimensi terdiri atas variabel dengan kategori *good* dan *bad* yang mencerminkan kondisi pendukung dan penghambat keberlanjutan. Teknik pengukuran yang digunakan disesuaikan dengan karakteristik setiap variabel, baik melalui analisis spasial, data sekunder, maupun kajian dokumen, sehingga memberikan dasar yang komprehensif dalam penilaian keberlanjutan ruang hijau.

3.5. Jenis dan Sumber Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis data primer dan sekunder yang diperoleh dari berbagai instansi dan sumber resmi untuk mendukung analisis multidimensi faktor-faktor pendukung keberlanjutan ruang hijau di Provinsi Lampung. Data yang digunakan mencakup berbagai variabel yang mewakili dimensi ekologi, ekonomi, sosial, teknologi, dan kelembagaan. Rincian jenis serta sumber data yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4. Jenis dan Sumber Data Penelitian

No.	Dimensi	Variabel	Jenis Data	Sumber Data
1.	Ekologi	Kerapatan Vegetasi	Primer	Copernicus Data Space Ecosystem
		Luas Vegetasi	Primer	Copernicus Data Space Ecosystem
		Sebaran Vegetasi Mengelompok	Primer	Copernicus Data Space Ecosystem
		Jenis Tanah Peka Erosi	Primer	Indonesia Geospasial
		Kemiringan Lereng Curam	Primer	Indonesia Geospasial
2.	Ekonomi	Ketimpangan Ekonomi	Sekunder	BPS
		Tingkat Pengangguran	Sekunder	BPS
		Harga Lahan yang Tinggi	Sekunder	99.co Indonesia
		Tingkat Pendapatan Asli Daerah	Sekunder	BPS
		Pertumbuhan Ekonomi	Sekunder	BPS
3.	Sosial	Tingkat Pendidikan	Sekunder	BPS
		Tingkat Kesehatan	Sekunder	BPS
		Penduduk Usia Produktif	Sekunder	BPS
		Kepadatan Penduduk	Sekunder	BPS
		Tingkat Kriminalitas	Sekunder	BPS

No.	Dimensi	Variabel		Sumber Data
4.	Teknologi	Sistem Informasi Geografis	Sekunder	Geoportal Lampung
		Teknologi Digital dan Partisipasi Publik	Sekunder	Lampung-In
		Sistem Informasi Sumber Daya Air Terintegrasi	Sekunder	SIH3 Provinsi Lampung
		Energi Tak Terbarukan	Sekunder	Jurnal Energi Baru & Terbarukan
		Ketiadaan Sistem Pemantauan Lingkungan	Sekunder	BMKG
5.	Kelembagaan	Kejelasan Regulasi pada Perda RTRW	Sekunder	Perda RTRW
		Peraturan Turunan	Sekunder	Pergub
		Organisasi Lingkungan (LSM) Berperan Aktif	Sekunder	Laporan Publik
		Disparitas Ketersediaan Perda	Sekunder	Perda Terkait Ruang Hijau
		Impunitas pada Pelanggar	Sekunder	Laporan Publik

Berdasarkan Tabel 4, sumber data penelitian berasal dari *platform* resmi yaitu *Copernicus Data Space Ecosystem*; Indonesia Geospasial; 99.co Indonesia; Geoportal Lampung; Lampung-In; dan BMKG, laporan resmi yaitu BPS, publikasi ilmiah yaitu jurnal, serta dokumen hukum yaitu Perda. Penggunaan data dari berbagai sumber tersebut memungkinkan analisis yang komprehensif dan mendukung evaluasi keberlanjutan ruang hijau secara multidimensi.

3.6. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data adalah cara, metode, atau prosedur sistematis yang digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan informasi atau data yang dibutuhkan dalam penelitian agar tujuan penelitian dapat tercapai dan data tersebut valid serta dapat dianalisis. Jenis teknik pengumpulan data berdasarkan metode pengumpulannya terdiri dari observasi, wawancara, kuesioner, dokumentasi, dan studi literatur (Iba & Wardhana, 2024). Adapun teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Teknik Pengumpulan Data

No.	Dimensi	Variabel	Teknik Pengumpulan Data
1.	Ekologi	Kerapatan Vegetasi	Survei Interpretasi
		Luas Vegetasi	Survei Interpretasi
		Pola Sebaran Vegetasi Mengelompok	Survei Interpretasi
		Jenis Tanah Peka Erosi	Survei Interpretasi
		Kemiringan Lereng Curam	Survei Interpretasi
2.	Ekonomi	Ketimpangan Ekonomi	Studi Dokumentasi
		Tingkat Pengangguran	Studi Dokumentasi
		Harga Lahan yang Tinggi	Studi Dokumentasi
		Tingkat Pendapatan Asli Daerah (PAD)	Studi Dokumentasi
		Pertumbuhan Ekonomi	Studi Dokumentasi
3.	Sosial	Tingkat Pendidikan	Studi Dokumentasi
		Tingkat Kesehatan	Studi Dokumentasi
		Penduduk Usia Produktif	Studi Dokumentasi
		Kepadatan Penduduk	Studi Dokumentasi
		Tingkat Kriminalitas	Studi Dokumentasi
4.	Teknologi	Sistem Informasi Geografis	Studi Dokumentasi
		Teknologi Digital dan Partisipasi Publik	Studi Dokumentasi
		Sistem Informasi Sumber Daya Air Terintegrasi	Studi Dokumentasi
		Energi Tak Terbarukan	Studi Literatur
		Ketiadaan Sistem Pemantauan Lingkungan	Studi Dokumentasi
5.	Kelembagaan	Kejelasan Regulasi pada Perda RTRW	Studi Literatur
		Peraturan Turunan	Studi Literatur
		Organisasi Lingkungan (LSM) Berperan Aktif	Studi Dokumentasi
		Disparitas Ketersediaan Perda	Studi Literatur
		Impunitas pada Pelanggar	Studi Dokumentasi

Berdasarkan Tabel 5, teknik pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan survei interpretasi, studi literatur, dan studi dokumentasi. Survei interpretasi adalah penggabungan teknik analisis citra (interpretasi) dengan verifikasi lapangan (survei) untuk menghasilkan data spasial yang akurat (Pahleviannur, 2019). Survei interpretasi dalam penelitian ini menggunakan data citra satelit dan data spasial. Studi literatur adalah suatu bahan bacaan atau sumber acuan yang dapat digunakan dalam berbagai macam aktivitas di dunia pendidikan ataupun aktivitas lainnya (Sundari et al., 2024). Studi literatur dalam penelitian ini menggunakan data jurnal

ilmiah, peraturan perundang-undangan, dan laporan publik. Sedangkan, studi dokumentasi merupakan teknik pengumpulan data yang digunakan untuk mendapatkan data yang dapat memberikan informasi terhadap objek penelitian terutama dokumen yang berkaitan dengan fokus masalah yang diteliti (Lasiyono & Alam, 2024). Studi dokumentasi dalam penelitian ini menggunakan data yang sudah tersedia meliputi data statistik atau survei yang telah dilakukan oleh pihak lain.

3.7. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat atau perangkat yang digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan dan mengukur data yang diperlukan agar tujuan penelitian dapat dicapai dan pertanyaan penelitian bisa dijawab secara sah dan sistematis. Instrumen ini membantu peneliti dalam memperoleh informasi yang relevan tentang variabel yang diteliti sehingga data yang dihasilkan valid dan dapat dianalisis lebih lanjut (Rinaldi & Albina, 2025). Instrumen pada penelitian ini menggunakan kuesioner dengan skala pengukuran yaitu skala Likert. Adapun penskoran berdasarkan variabel penelitian menggunakan skala Likert yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. Penskoran Berdasarkan Variabel Menggunakan Kuesioner Skala Likert

No.	Dimensi	Variabel	Skor	Kriteria Penilaian
1.	Ekologi	Kerapatan Vegetasi (<i>good</i>)	0,1,2	(0) Kehijauan Rendah (1) Kehijauan Sedang (2) Kehijauan Tinggi
		Luas Vegetasi (<i>good</i>)	0,1,2	(0) Sempit (1) Sedang (2) Luas
		Pola Sebaran Vegetasi Mengelompok (<i>good</i>)	0,1,2	(0) Acak (1) Seragam (2) Mengelompok
		Jenis Tanah Peka Erosi (<i>bad</i>)	0,1,2	(0) Kurang Peka Erosi (1) Cukup Peka Erosi (2) Sangat Peka Erosi
		Kemiringan Lereng Curam (<i>bad</i>)	0,1,2	(0) Tidak Curam (1) Cukup Curam (2) Sangat Curam

No.	Dimensi	Variabel	Skor	Kriteria Penilaian
2.	Ekonomi	Ketimpangan Ekonomi (<i>bad</i>)	0,1,2	(0) Rendah (1) Sedang (2) Tinggi
		Tingkat Pengangguran (<i>bad</i>)	0,1,2	(0) Rendah (1) Sedang (2) Tinggi
		Harga Lahan yang Tinggi (<i>bad</i>)	0,1,2	(0) Rendah (1) Sedang (2) Tinggi
		Tingkat Pendapatan Asli Daerah (PAD) (<i>good</i>)	0,1,2	(0) Rendah (1) Sedang (2) Tinggi
		Pertumbuhan Ekonomi (<i>good</i>)	0,1,2	(0) Rendah (1) Sedang (2) Tinggi
3.	Sosial	Tingkat Pendidikan (<i>good</i>)	0,1,2	(0) Rendah (1) Sedang (2) Tinggi
		Tingkat Kesehatan (<i>good</i>)	0,1,2	(0) Rendah (1) Sedang (2) Tinggi
		Penduduk Usia Produktif (<i>good</i>)	0,1,2	(0) Rendah (1) Sedang (2) Tinggi
		Kepadatan Penduduk (<i>bad</i>)	0,1,2	(0) Rendah (1) Sedang (2) Tinggi
		Tingkat Kriminalitas (<i>bad</i>)	0,1,2	(0) Rendah (1) Sedang (2) Tinggi
4.	Teknologi	Sistem Informasi Geografis (<i>good</i>)	0,1,2	(0) Tidak tersedia (1) Tersedia namun belum optimal (2) Tersedia & optimal
		Teknologi Digital dan Partisipasi Publik (<i>good</i>)	0,1,2	(0) Tidak tersedia (1) Tersedia namun belum terintegrasi (2) Tersedia dan terintegrasi
		Sistem Informasi Sumber Daya Air Terintegrasi (<i>good</i>)	0,1,2	(0) Tidak tersedia (1) Tersedia namun belum terintegrasi (2) Tersedia dan terintegrasi
		Energi Tak Terbarukan (<i>bad</i>)	0,1,2	(0) Rendah (1) Sedang (2) Tinggi
		Ketiadaan Sistem Pemantauan Lingkungan (<i>bad</i>)	0,1,2	(0) Tersedia & optimal (1) Tersedia namun belum optimal (2) Tidak tersedia

No.	Dimensi	Variabel	Skor	Kriteria Penilaian
5.	Kelembagaan	Kejelasan Regulasi pada Perda RTRW (<i>good</i>)	0,1,2	(0) Buruk (1) Cukup (2) Baik
		Peraturan Turunan (<i>good</i>)	0,1,2	(0) Buruk (1) Cukup (2) Baik
		Organisasi Lingkungan (LSM) Berperan Aktif (<i>good</i>)	0,1,2	(0) Tidak tersedia (1) Tersedia namun belum berperan (2) Tersedia dan berperan
		Disparitas Ketersediaan Perda (<i>bad</i>)	0,1,2	(0) Rendah (1) Sedang (2) Tinggi
		Impunitas pada Pelanggar (<i>bad</i>)	0,1,2	(0) Rendah (1) Sedang (2) Tinggi

Berdasarkan Tabel 6, skala Likert yang digunakan pada kuesioner ini menerapkan rentang skor 0–2 untuk merepresentasikan tingkat kondisi setiap variabel. Skor yang lebih tinggi menunjukkan intensitas kondisi yang lebih kuat, baik dalam kategori yang bersifat positif (*good*) maupun negatif (*bad*), sehingga memungkinkan perbandingan antar-variabel secara proporsional. Pada variabel bertipe *good*, nilai yang semakin tinggi mencerminkan kondisi yang semakin baik, sedangkan pada variabel bertipe *bad*, nilai yang semakin tinggi menunjukkan tingkat tekanan atau kerentanan lingkungan yang semakin besar. Penggunaan skala Likert tiga tingkat ini dipilih untuk menyederhanakan proses penilaian, meningkatkan konsistensi penskoran, serta memudahkan integrasi data dalam analisis kuantitatif.

3.8. Teknik Analisis Data

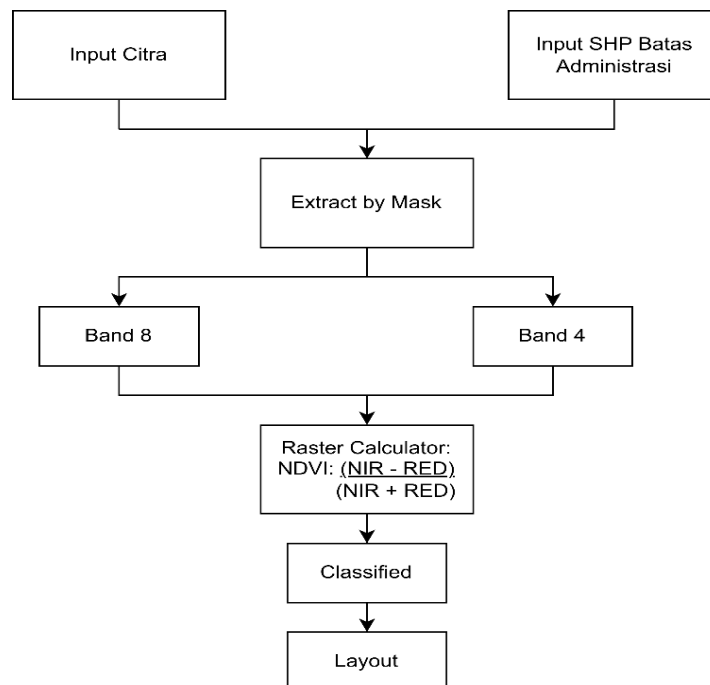
3.8.1. Analisis Spasial

Teknik analisis spasial merupakan proses evaluasi dan interpretasi data geografis dengan mempertimbangkan aspek lokasi, pola keruangan, serta hubungan antar elemen di permukaan bumi. Teknik ini memainkan peran penting dalam berbagai bidang, seperti perencanaan wilayah, pengelolaan sumber daya alam, mitigasi bencana, dan studi lingkungan. Dalam konteks pengelolaan sumber daya alam, analisis spasial memungkinkan pemantauan dan pengelolaan berkelanjutan

terhadap hutan, sumber air, dan lahan pertanian (Massiseng et al., 2025). Dalam penelitian ini, teknik analisis spasial dimanfaatkan untuk mengukur kerapatan vegetasi, luas vegetasi, sebaran vegetasi, identifikasi jenis tanah, dan kemiringan lereng yang merupakan indikator dari Dimensi Ekologi menggunakan data spasial.

a. NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)

Analisis spasial vegetasi dalam penelitian ini menggunakan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk mengidentifikasi tingkat kerapatan dan kondisi vegetasi. NDVI dihitung dari citra satelit dengan memanfaatkan pantulan spektral pada saluran merah (*red*) dan inframerah dekat (*near infrared/NIR*). Metode ini umum digunakan karena mampu merepresentasikan kondisi vegetasi secara kuantitatif dan spasial. Tahapan NDVI dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Tahapan Analisis NDVI

Berdasarkan Gambar 4, tahapan analisis NDVI dimulai dari input citra satelit dan data batas administrasi dalam format *shapefile* (SHP). Selanjutnya dilakukan proses *extract by mask* untuk membatasi area kajian, pemilahan band NIR (Band 8) dan band merah (Band 4), serta perhitungan NDVI menggunakan *raster calculator*

dengan rumus $(NIR - Red)/(NIR + Red)$. Hasil perhitungan kemudian diklasifikasikan dan disajikan dalam bentuk peta untuk analisis lebih lanjut. Berikut ini merupakan klasifikasi nilai NDVI.

Tabel 7. Klasifikasi Nilai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI)

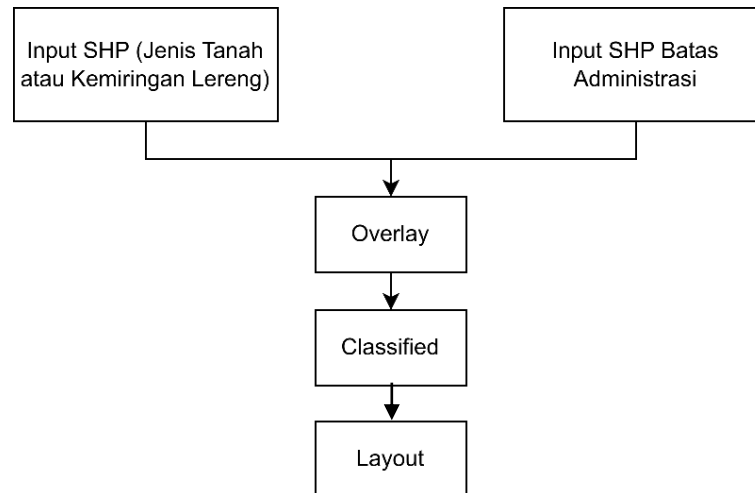
No.	Nilai NDVI	Klasifikasi
1.	-1 s/d 0,03	Lahan Tidak Bervegetasi
2.	0,04 s/d 0,15	Kehijauan Sangat Rendah
3.	0,16 s/d 0,25	Kehijauan Rendah
4.	0,26 s/d 0,35	Kehijauan Sedang
5.	0,36 s/d 1,00	Kehijauan Tinggi

Sumber: Peraturan Menteri Kehutanan RI nomor P.12/Menhut-II/2012 (Putri et al., 2021)

Berdasarkan Tabel 7, nilai NDVI diklasifikasikan ke dalam lima kelas yang menggambarkan tingkat kehijauan dan kerapatan vegetasi. Nilai NDVI berkisar antara -1 hingga 0,03 menunjukkan area yang tidak bervegetasi, seperti badan air, permukiman terbangun, atau lahan terbuka. Nilai NDVI antara 0,04 hingga 0,15 mengindikasikan kehijauan sangat rendah, sedangkan nilai 0,16 hingga 0,25 menunjukkan kehijauan rendah yang umumnya merepresentasikan vegetasi jarang. Kelas kehijauan sedang ditunjukkan oleh nilai NDVI 0,26 hingga 0,35, sementara nilai NDVI di atas 0,36 mencerminkan vegetasi dengan tingkat kehijauan dan kerapatan yang tinggi.

b. Analisis Peta

Analisis peta digunakan untuk memahami kondisi biofisik wilayah yang memengaruhi kemampuan lahan dalam mendukung keberlanjutan ruang hijau. Variabel yang dianalisis meliputi jenis tanah dan kemiringan lereng yang diperoleh dalam bentuk data spasial (*shapefile*). Analisis ini dilakukan untuk menggambarkan karakteristik lahan secara spasial pada wilayah kajian. Tahapan analisis peta dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Tahapan Analisis Peta

Berdasarkan Gambar 5, tahapan analisis peta dimulai dari input data SHP jenis tanah atau kemiringan lereng serta data batas administrasi wilayah. Selanjutnya dilakukan proses *overlay* untuk menggabungkan informasi spasial sesuai wilayah kajian. Hasil *overlay* kemudian diklasifikasikan dan disajikan dalam bentuk peta tematik sebagai dasar analisis lanjutan. Klasifikasi kemiringan lereng dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 8. Klasifikasi Kemiringan Lereng

No.	Interval	Klasifikasi
1.	0-8%	Datar
2.	8-15%	Landai
3.	15-25%	Agak Curam
4.	25-45%	Curam
5.	>45%	Sangat Curam

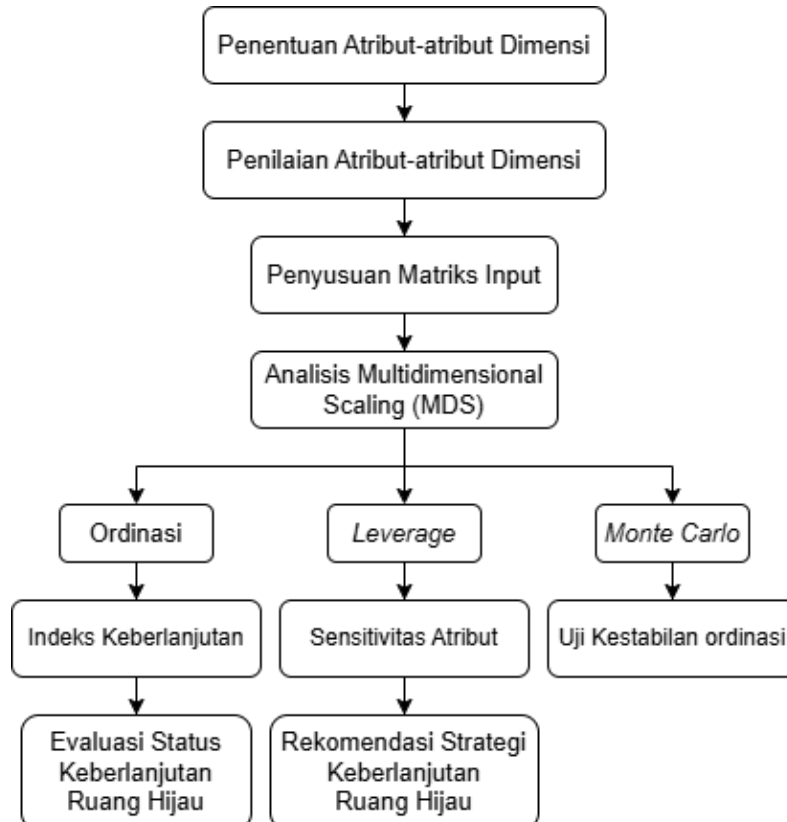
Sumber: Penanganan Khusus Kawasan Puncak “Kriteria Lokasi & Standar Teknik”, Dept. Kimpraswil dalam Permen PU, 2007 (Rachmah et al., 2018)

Berdasarkan Tabel 8, kemiringan lereng diklasifikasikan ke dalam lima kelas, mulai dari datar hingga sangat curam. Klasifikasi ini digunakan untuk menggambarkan tingkat kemiringan lahan yang berpengaruh terhadap kemampuan lahan dalam mendukung vegetasi dan ruang hijau. Lahan dengan kemiringan datar hingga landai umumnya memiliki potensi yang lebih baik untuk pengembangan dan keberlanjutan ruang hijau, sedangkan lahan dengan kemiringan curam hingga sangat curam

memiliki keterbatasan akibat risiko erosi yang lebih tinggi serta kesulitan dalam pengelolaan dan pemanfaatan lahan.

3.8.2. Analisis Multidimensi

Analisis data untuk mengetahui status keberlanjutan ruang hijau dilakukan dengan menggunakan analisis *Multi-Dimensional Scaling* (MDS) yang diadopsi dari program RAFPISH (*Rapid Assesment Techniques for Fisheries*) yang dikembangkan oleh *Fisheries Center, University of British Columbia* (Kavanagh & Pitcher, 2004). Penggunaan MDS mempunyai berbagai keunggulan di antaranya adalah sederhana, mudah dinilai, cepat serta biaya yang diperlukan relatif murah (Pitcher, 1999). Meskipun awalnya untuk penilaian perikanan, analisis ini dapat dimodifikasi untuk menilai status keberlanjutan aspek lainnya, termasuk ruang hijau. Analisis ini menggunakan MDS untuk memetakan status keberlanjutan dari berbagai dimensi. Tahapan analisis multidimensi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6. Tahapan Analisis Multidimensi

Berdasarkan Gambar 6, proses penerapan MDS dalam menilai keberlanjutan ruang hijau dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

- a. Penentuan atribut-atribut dimensi, yaitu menentukan atribut dari setiap dimensi yang mampu merepresentasikan kondisi keberlanjutan ruang hijau. Dalam penelitian ini, setiap dimensi dibatasi sebanyak lima atribut utama. Pemilihan lima atribut didasarkan pada pertimbangan metodologis, yaitu untuk menjaga keseimbangan antara kelengkapan informasi dan stabilitas analisis MDS. Jumlah atribut yang terlalu banyak berpotensi menimbulkan tumpang tindih informasi serta meningkatkan nilai *stress*, sedangkan jumlah atribut yang terlalu sedikit dapat mengurangi kemampuan model dalam merepresentasikan kompleksitas sistem. Oleh karena itu, lima atribut dianggap cukup representatif untuk menggambarkan karakter utama setiap dimensi keberlanjutan ruang hijau, sekaligus menjaga keandalan hasil analisis. Penentuan atribut dilakukan berdasarkan kajian literatur yang relevan dan kesesuaian dengan kondisi empiris wilayah penelitian.
- b. Penilaian atribut-atribut dimensi dilakukan dengan memberikan skor pada setiap atribut menggunakan skala penilaian tertentu (misalnya 0–2). Penetapan atribut sebagai *good* dan *bad* dilakukan untuk menentukan arah preferensi setiap variabel. Atribut *good* adalah variabel yang peningkatan nilainya mendukung keberlanjutan, sedangkan atribut *bad* justru menurunkannya. Klasifikasi ini diperlukan agar seluruh atribut memiliki orientasi penilaian yang konsisten sebelum proses ordinasi, sehingga hasil indeks keberlanjutan yang dihasilkan valid dan tidak terdistorsi secara interpretatif.
- c. Penyusunan matriks input, yaitu seluruh skor atribut dimasukkan ke dalam bentuk matriks data yang selanjutnya diolah menggunakan perangkat lunak analisis, seperti RAPFISH atau *Excel Macro MDS*. Matriks ini menjadi dasar dalam proses *ordination* MDS.
- d. Analisis ordinasi (MDS) dilakukan untuk memperoleh posisi relatif masing-masing dimensi dalam ruang keberlanjutan dan menghasilkan nilai indeks keberlanjutan. Untuk menguji kestabilan hasil ordinasi, dilakukan analisis *Monte Carlo* sebanyak 25–100 kali iterasi, sesuai dengan rekomendasi metode RAPFISH. Rentang iterasi ini dipilih karena dianggap cukup untuk menangkap

variasi akibat kesalahan input data, subjektivitas penilaian, dan ketidakpastian skor, tanpa menyebabkan beban komputasi yang berlebihan. Analisis ini juga menghasilkan nilai *stress* dan *R-square* sebagai indikator ketepatan model. Nilai *stress* merupakan ukuran tingkat kesalahan dalam merepresentasikan data asli ke dalam ruang dua dimensi MDS; semakin kecil nilai *stress*, semakin baik konfigurasi ordinasi yang dihasilkan. Oleh karena itu, nilai $stress \leq 0,25$ dianggap masih dapat diterima dan menunjukkan hasil analisis yang layak. Sementara itu, nilai *R-square* menunjukkan proporsi keragaman data yang mampu dijelaskan oleh model MDS. Nilai $R-square \geq 80\%$ diharapkan karena mengindikasikan bahwa sebagian besar informasi dalam data dapat direpresentasikan dengan baik oleh model, sehingga hasil pemetaan dianggap cukup akurat dan reliabel.

- e. Penentuan status keberlanjutan dalam penelitian ini dilakukan dengan mengklasifikasi nilai indeks keberlanjutan ke dalam beberapa kategori. Pengelompokan ini digunakan untuk menggambarkan tingkat keberlanjutan setiap dimensi yang dikaji dalam rentang nilai 0–100. Kategori status keberlanjutan tersebut disajikan pada tabel berikut.

Tabel 9. Kategori Nilai Indeks Keberlanjutan

No.	Nilai Indeks Keberlanjutan	Kategori
1.	0-25	Tidak berkelanjutan
2.	26-50	Kurang berkelanjutan
3.	51-75	Cukup berkelanjutan
4.	76-100	Berkelanjutan

Pitcher and Preikshot (2001)

Berdasarkan Tabel 9, nilai indeks keberlanjutan dibagi menjadi empat kategori, yaitu tidak berkelanjutan (0–25), kurang berkelanjutan (26–50), cukup berkelanjutan (51–75), dan berkelanjutan (76–100). Kategori ini digunakan sebagai acuan dalam menafsirkan hasil analisis keberlanjutan pada setiap dimensi yang diteliti. Dengan demikian, tingkat keberlanjutan ruang hijau dapat dievaluasi secara terukur dan sistematis.

- f. Analisis *Monte Carlo* tidak hanya digunakan untuk menghasilkan nilai indeks ulang, tetapi juga untuk menguji tingkat kepercayaan (*confidence level*) dan

ketepatan analisis MDS. Menurut Kavanagh dan Pitcher (2004), perbedaan nilai indeks antara hasil MDS dan *Monte Carlo* harus $<5\%$ untuk menunjukkan tingkat kepercayaan sebesar 95%. Selisih yang kecil menunjukkan bahwa hasil ordinasinya bersifat stabil dan tidak sensitif terhadap variasi input data.

- g. Analisis *leverage* digunakan untuk mengidentifikasi atribut yang paling sensitif atau paling berpengaruh terhadap nilai keberlanjutan. Sensitivitas atribut ditunjukkan oleh nilai *Root Mean Square* (RMS), di mana atribut dengan nilai RMS tertinggi menunjukkan pengaruh paling besar terhadap perubahan indeks keberlanjutan sehingga menjadi prioritas intervensi dalam rekomendasi strategi.

3.8.3. Analisis Ketahanan Sistem

Teknik analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis ketahanan sistem (*resilience-based assessment*) yang berlandaskan teori manajemen adaptif dan ketahanan ekosistem. Teori ini menekankan bahwa ekosistem tidak selalu kembali ke satu kondisi keseimbangan tunggal setelah mengalami gangguan, sebaliknya, suatu sistem dapat memiliki beberapa kondisi stabil yang berbeda dan dipisahkan oleh ambang batas (*thresholds*) tertentu (Holling, 1973, 1978). Berdasarkan kerangka tersebut, kondisi sistem diklasifikasikan ke dalam beberapa tingkat operasional yang digunakan sebagai dasar perumusan strategi pengelolaan adaptif, sebagaimana disajikan pada tabel berikut.

Tabel 10. Klasifikasi Strategi Berdasarkan Kondisi Sistem

No.	Kondisi	Strategi
1.	Sistem Stabil	Pemeliharaan
2.	Sistem Potensial	Penguatan
3.	Sistem Berisiko/Terdegradasi	Pencegahan/Rehabilitasi

Berdasarkan Tabel 10 menunjukkan tingkat operasional kondisi sistem, yaitu sistem stabil, sistem potensial, dan sistem berisiko/terdegradasi, yang masing-masing merepresentasikan tingkat ketahanan dan kapasitas adaptif sistem terhadap tekanan lingkungan dan sosial. Wilayah dengan skor baik diposisikan sebagai sistem stabil yang memerlukan strategi pemeliharaan untuk menjaga jaraknya dari ambang batas degradasi. Wilayah dengan skor sedang dikategorikan sebagai sistem potensial yang

memerlukan strategi penguatan guna mencegah pergeseran menuju kondisi berisiko. Sementara itu, wilayah dengan skor buruk diinterpretasikan sebagai sistem berisiko atau terdegradasi yang membutuhkan strategi pencegahan intensif atau rehabilitasi ekologis. Pendekatan ini memungkinkan perumusan kebijakan ruang hijau yang adaptif dan berbasis ambang batas ekologis (Holling, 1973, 1978).

Implementasi strategi pengelolaan berbasis ketahanan sistem di Provinsi Lampung dilakukan secara bertahap sesuai dengan klasifikasi kondisi sistem pada Tabel 10, mencakup upaya konservasi dan pemeliharaan, penguatan kapasitas adaptif, hingga rehabilitasi ekosistem yang telah mengalami degradasi. Pelaksanaan strategi ini melibatkan peran aktif lembaga pemerintahan, pemangku kepentingan, dan masyarakat lokal, serta diselaraskan dengan prinsip *adaptive governance* yang bersifat fleksibel, partisipatif, dan responsif terhadap dinamika sosial-ekologi setempat (Yulianto et al., 2025).

3.8.4. Analisis Estimasi Emisi Karbon

Penelitian ini menggunakan analisis estimasi emisi karbon (*carbon accounting*) untuk menghitung kapasitas serapan CO₂ ruang hijau serta kontribusinya terhadap mitigasi emisi Gas Rumah Kaca (GRK). Perhitungan dilakukan dengan mengintegrasikan luas vegetasi hasil analisis spasial tutupan lahan dengan faktor serapan CO₂ berdasarkan pendekatan IPCC Tier-1 melalui persamaan Serapan CO₂ = Luas Vegetasi × Faktor Serapan. Nilai serapan CO₂ yang diperoleh kemudian dikonversi ke satuan emisi GRK dan dibandingkan dengan total emisi GRK nasional untuk mengetahui tingkat kontribusi mitigasi menggunakan rumus Kontribusi Mitigasi (%) = (Serapan CO₂ / Emisi GRK) × 100%. Pendekatan ini digunakan untuk menggambarkan peran ruang hijau dalam menurunkan emisi CO₂ pada skala wilayah secara kuantitatif.

V. PENUTUP

5.1. Temuan Penelitian

Berdasarkan hasil analisis multidimensi dan pembahasan mengenai keberlanjutan ruang hijau di Provinsi Lampung, penelitian ini menghasilkan beberapa temuan sebagai berikut:

1. Keberlanjutan ruang hijau di Provinsi Lampung berada pada kategori cukup berkelanjutan dengan nilai indeks rata-rata sebesar 58,68. Temuan ini menunjukkan bahwa keberlanjutan ruang hijau belum sepenuhnya optimal dan masih memerlukan peningkatan pada beberapa aspek.
2. Terdapat ketimpangan tingkat keberlanjutan antar dimensi, di mana dimensi ekologi memiliki nilai tertinggi sebesar 85,64 (kategori berkelanjutan). Hal ini menandakan bahwa fungsi ekologis ruang hijau masih relatif terjaga dan berkontribusi positif terhadap mitigasi perubahan iklim. Dimensi ekonomi, sosial, dan teknologi berada pada kategori cukup berkelanjutan, dengan nilai masing-masing 61,17; 62,98; dan 51,48. Temuan ini menunjukkan bahwa ketiga dimensi tersebut masih memiliki kerentanan yang dapat menghambat keberlanjutan ruang hijau apabila tidak dikelola secara konsisten. Dimensi kelembagaan merupakan dimensi paling lemah dengan nilai indeks sebesar 32,12 (kategori kurang berkelanjutan). Temuan ini mengindikasikan adanya keterbatasan dalam aspek regulasi dan perencanaan dalam pengelolaan ruang hijau di Provinsi Lampung.
3. Analisis sensitivitas mengidentifikasi atribut-atribut kunci (*leverage factors*) pada setiap dimensi yang berpengaruh besar terhadap keberlanjutan ruang hijau. Atribut tersebut meliputi jenis tanah peka erosi pada dimensi ekologi, tingkat pengangguran pada dimensi ekonomi, kepadatan penduduk

dan usia produktif pada dimensi sosial, energi tak terbarukan dan sistem informasi sumber daya air pada dimensi teknologi, serta impunitas pada pelanggaran dan disparitas ketersediaan Perda pada dimensi kelembagaan.

4. Ruang hijau di wilayah penelitian memiliki kapasitas serapan karbon sebesar 74.695,60 Gg CO₂e per tahun, yang mampu mengimbangi sekitar 6,55% dari total emisi GRK Indonesia tahun 2021. Kapasitas serapan karbon terbukti sangat dipengaruhi oleh tingkat kerapatan vegetasi, dimana kawasan dengan kehijauan tinggi memberikan kontribusi dominan terhadap fungsi mitigasi perubahan iklim sebagai penyerap karbon alami (*carbon sink*).
5. Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, antara lain analisis yang dilakukan pada skala provinsi sehingga belum menggambarkan variasi kondisi ruang hijau pada tingkat kabupaten/kota secara rinci, keterbatasan variabel dalam merepresentasikan aspek kualitatif terutama pada dimensi teknologi dan kelembagaan, serta sifat analisis yang bersifat statis sehingga belum menangkap dinamika perubahan keberlanjutan ruang hijau dari waktu ke waktu.

5.2. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Status keberlanjutan ruang hijau di Provinsi Lampung secara keseluruhan berada pada kategori cukup berkelanjutan dengan nilai indeks rata-rata 58,68. Dimensi ekologi menjadi dimensi terkuat dalam mendukung keberlanjutan ruang hijau, sementara dimensi kelembagaan merupakan aspek paling lemah dan menjadi faktor pembatas utama. Dimensi ekonomi, sosial, dan teknologi menunjukkan kondisi yang relatif stabil namun masih memerlukan peningkatan untuk memperkuat peran ruang hijau dalam mendukung pembangunan berkelanjutan.
2. Strategi keberlanjutan ruang hijau diarahkan pada atribut yang paling sensitif melalui tiga pendekatan, yaitu pemeliharaan, penguatan, dan pencegahan intensif atau rehabilitasi. Strategi pemeliharaan bertujuan

menjaga atribut agar tetap berada jauh dari ambang batas degradasi, strategi penguatan dilakukan untuk mencegah pergeseran menuju kondisi berisiko, sedangkan strategi rehabilitasi ditujukan untuk memulihkan atribut yang telah mengalami penurunan kondisi. Atribut yang memerlukan strategi pemeliharaan meliputi tingkat pengangguran, kepadatan penduduk, sistem informasi sumber daya air, dan organisasi lingkungan (LSM). Atribut yang memerlukan strategi penguatan adalah jenis tanah peka erosi dan penduduk usia produktif, sementara atribut yang memerlukan strategi rehabilitasi yaitu penggunaan energi tak terbarukan dan disparitas ketersediaan Perda.

3. Kontribusi ruang hijau berperan signifikan dalam mitigasi perubahan iklim melalui fungsi ekologisnya dalam menyerap dan menyimpan karbon yaitu 6,55%, meskipun kontribusinya belum mampu menyeimbangkan total emisi GRK nasional. Oleh karena itu, peningkatan kualitas dan kuantitas ruang hijau, khususnya melalui perlindungan dan penguatan kawasan bervegetasi rapat, menjadi strategi kunci dalam mendukung pengurangan emisi GRK yang berkelanjutan.

5.3. Saran

Berdasarkan temuan penelitian dan kesimpulan, beberapa saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut:

1. Pemerintah daerah perlu memprioritaskan peningkatan dimensi kelembagaan karena merupakan aspek paling lemah dan menjadi faktor pembatas utama dalam keberlanjutan ruang hijau. Upaya ini dilakukan melalui strategi pemeliharaan pada atribut organisasi lingkungan dengan memperkuat kolaborasi antara pemerintah dan organisasi masyarakat sipil, serta strategi pemulihan pada atribut disparitas ketersediaan Perda melalui penyusunan dan harmonisasi Perda ruang hijau tematik sebagai instrumen pengelolaan ruang hijau yang terpadu dan berkelanjutan.
2. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pemantauan jangka panjang dan analisis pada skala yang lebih rinci untuk menangkap dinamika perubahan indeks keberlanjutan serta mengevaluasi efektivitas strategi pengelolaan ruang hijau dari waktu ke waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, I. A., Wijayanto, T., & Hakam, D. F. 2025. Advancing Renewable Energy in Indonesia: A Comprehensive Analysis of Challenges, Opportunities, and Strategic Solutions. *Sustainability*, 17(5), 1–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su17052216>
- Adrian, M. M., Purnomo, E. P., Enrici, A., & Khairunnisa, T. 2023. Energy Transition Towards Renewable Energy in Indonesia. *Heritage and Sustainable Development*, 5(1), 107–118. <https://doi.org/https://doi.org/10.37868/hsd.v5i1.108>
- Agustiyara, A., Mutiarin, D., Nurmandi, A., Kasiwi, A. N., & Ikhwal, M. F. 2025. Mapping Urban Green Spaces in Indonesian Cities Using Remote Sensing Analysis. *Urban Science*, 9(2), 1–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/urbansci9020023>
- Akhmad, S. 2015. Perspektif Ketahanan Nasional di Provinsi Lampung. *Jurnal Kebijakan & Pelayanan Publik*, 1(2), 21–46. <https://doi.org/tp://dx.doi.org/10.36448/ejkpp.v1i2.592>
- Alhari, M. I., Salsabilla, A. N., & Sembiring, A. 2024. Analisis Data Governance Domain Data Quality Menggunakan DAMA-DMBOKv2 (Dinas Komunikasi dan Informatika Kota Bandung). *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)*, 9(3), 1248–1255. <https://doi.org/https://doi.org/10.29100/jupi.v9i3.5004>
- Almalla, R., & Marino, M. Di. 2025. Green Infrastructure's Potential Effects on Climate Change Adaptation in Cold-Climate Countries: A Critical Literature Review. *Sustainable Development*, 1–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sd.70088>
- Anah, L. C. N., & Rindawati, R. 2019. Karakteristik Sosial Ekonomi Dan Persepsi Masyarakat Terhadap Ruang Terbuka Hijau Taman Abhirupa di Kecamatan Krian Kabupaten Sidoarjo. *Swara Bhumi*, 2(1), 37–43.
- Angrini, S. N., Diem, A. F., & Safitri, D. 2024. Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis untuk Pengembangan Ruang Terbuka Hijau Kota Bandung. *Jurnal TekstuReka*, 1(2), 128–138. <https://doi.org/10.32502/tekstureka.v0i0.6426>
- Apramadha, M. S., & Prasetyo, R. T. 2025. Unlocking Renewable Energy Potential:

- Overcoming Barriers and Accelerating the Transition. *Energy Justice*, 2(1), 30–45. <https://doi.org/https://doi.org/10.61511/enjust.v2i1.2025.1705>
- Aprianto, D., Laksmono, R., Sinambela, F. A. H., & Murtiana, S. 2024. Addressing Indonesia's Fossil Fuel Dependence: A Path Towards a Sustainable Future. *International Journal Of Humanities Education and Social Sciences (IJHESS)*, 4(3), 1518–1524. <https://doi.org/https://doi.org/10.55227/ijhess.v4i3.1200>
- Arnita, A. 2021. Implementasi Peraturan Penataan Ruang di Provinsi Aceh. *Jurnal Transformasi Administrasi*, 11(1), 55–65. <https://doi.org/https://doi.org/10.56196/jta.v11i01.186>
- Badan Pusat Statistik. 2025a. *Ekonomi Lampung Triwulan III-2025 Tumbuh 5,04%, Tiga Tertinggi di Sumatera*. BPS Provinsi Lampung, Bandar Lampung.
- Badan Pusat Statistik. 2025b. *Persentase Penduduk Usia 25 Tahun Keatas dengan Pendidikan SMA ke Atas Menurut Jenis Kelamin (Persen)*. BPS Indonesia, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2025c. *Produk Domestik Regional Bruto per Kapita Atas Dasar Harga Berlaku Menurut Provinsi (ribu rupiah), 2024*. BPS Indonesia, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2025d. *Produksi Perkebunan Rakyat Menurut Jenis Tanaman di Provinsi Lampung (ribu ton), 2024*. BPS Provinsi Lampung, Bandar Lampung.
- Badan Pusat Statistik. 2025e. *Provinsi Lampung dalam Angka 2025*. BPS Provinsi Lampung, Bandar Lampung.
- Badan Pusat Statistik. 2025f. *Statistik Kriminal 2024/2025*. BPS Indonesia, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2025g. *Tingkat Ketimpangan Pengeluaran Penduduk Provinsi Lampung Maret 2025*. BPS Provinsi Lampung, Bandar Lampung.
- Badan Pusat Statistik. 2025h. *Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT), 2025*. BPS Provinsi Lampung, Bandar Lampung.
- Badan Pusat Statistik. 2025i. *Umur Harapan Hidup Saat Lahir (UHH) Hasil Long Form SP2020 (Tahun), 2025*. BPS Indonesia, Jakarta.
- Bakri, S., Buchari, H., Widiastuti, E. L., Parjito, P., & Sitorus, S. H. 2023. Measuring the Sustainability of Marine Ecotourism in Kiluan Marine Tourism Park, Lampung Province, Indonesia. *Environment and Ecology Research*, 11(2), 392–405. <https://doi.org/10.13189/eer.2023.110213>
- Bakri, S., Hartati, F., Kaskoyo, H., Febryano, I. G., & Dewi, B. S. 2023. The Fate of Mangrove Ecosystem Sustainability on the Shrimp Cultivation Area in Tulang Bawang District, Lampung, Indonesia. *Biodiversitas*, 24(1), 379–390. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240145>
- Biernacka, M., & Kronenberg, J. 2018. Classification of Institutional Barriers

- Affecting the Availability, Accessibility and Attractiveness of Urban Green Spaces. *Urban Forestry and Urban Greening*, 36, 22–33. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.09.007>
- Bille, R. A., Jensen, K. E., & Buitenwerf, R. 2023. Global Patterns in Urban Green Space are Strongly Linked to Human Development and Population Density. *Urban Forestry & Urban Greening*, 86, 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127980>
- Blanchy, G., Bragato, G., Di Bene, C., Jarvis, N., Larsbo, M., Meurer, K., & Garré, S. 2023. Soil and Crop Management Practices and the Water Regulation Functions of Soils: a Qualitative Synthesis of Meta-Analyses Relevant to European Agriculture. *Soil*, 9(1), 1–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.5194/soil-9-1-2023>
- Brundtland, G. H. 1987. *Our Common Future ('The Brundtland Report'): World Commission on Environment and Development*. Oxford University Press, Oxford. <https://doi.org/10.4324/9781351279086-15>
- Buijs, A., Hansen, R., Jagt, S. Van der, Oji, B. A., Elands, B., Rall, E. L., Mattijssen, T., Pauleit, S., Runhaar, H., Olafsson, A. S., & Møller, M. S. 2019. Mosaic Governance for Urban Green Infrastructure: Upscaling Active Citizenship from a Local Government Perspective. *Urban Forestry & Urban Greening* 40, 40, 53–62. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.06.011>
- Chen, T., Wang, M., Su, J., Ikram, R. M. A., & Li, J. 2023. Application of Internet of Things (IoT) Technologies in Green Stormwater Infrastructure (GSI): A Bibliometric Review. *Sustainability*, 15(18), 1–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su151813317>
- Dewi, N. N. 2021. *Strategi Mitigasi Bencana di Kawasan Gunung Tangkuban Parahu Berdasarkan Kerentanan Sosial*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Dewi, R., & Ma'ruf, A. 2017. Analisis Penciptaan Green Jobs (Pekerjaan Hijau) di Indonesia Menggunakan Model Skenario Investasi Hijau. *Journal of Economics Research and Social Sciences*, 1(1), 53–64. <https://doi.org/https://doi.org/10.18196/jerss.v1i1.9059>
- Djaali, H. 2020. *Metodologi Penelitian Kuantitatif*. Bumi Aksara, Jakarta Timur.
- Dmitrović, V., Ignjatijević, S., Vapa Tankosić, J., Prodanović, R., Lekić, N., Pavlović, A., Čavlin, M., Gardašević, J., & Lekić, J. 2025. Sustainability of Urban Green Spaces: A Multidimensional Analysis. *Sustainability*, 17(9), 1–27. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su17094026>
- Gascon, M., Triguero-mas, M., Martínez, D., & Dadvand, P. 2016. Residential Green Spaces and Mortality: a Systematic Review. *Environment International*, 86, 60–67. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.10.013>
- Gianfredi, V., Buffoli, M., Rebecchi, A., Croci, R., Oradini-alacreu, A., Stirparo, G., Marino, A., Odone, A., Capolongo, S., & Signorelli, C. 2021. Association between Urban Greenspace and Health : A Systematic Review of Literature. *Environmental Research and Public Health*, 18(10), 1–23.

<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijerph18105137>

- Grellier, J., White, M. P., Albin, M., Bell, S., Elliott, L. R., Nieuwenhuijsen, M. J., Sarigiannis, D. A., & Bosch, M. Van Den. 2017. BlueHealth: a Study Programme Protocol for Mapping and Quantifying the Potential Benefits to Public Health and Well-being from Europe's Blue Spaces. *BMJ Open*, 7(6), 1–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-016188>
- Gulo, L. S., & Lase, N. K. 2025. Peran Vegetasi Penutup Tanah dalam Menekan Laju Erosi dan Meningkatkan Infiltrasi Air. *PENARIK: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Perikanan*, 2(3), 7–12.
- Hafiz, M., Budiati, A., & Yulianti, R. 2022. Implementasi Kebijakan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Dalam Mewujudkan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Publik di Kota Tangerang Selatan. *Jurnal Desentralisasi Dan Kebijakan Publik*, 3(2), 418–429. <https://doi.org/https://doi.org/10.30656/jdkp.v3i2.5920>
- Hoffmann, E., Barros, H., & Ribeiro, A. I. 2017. Socioeconomic Inequalities in Green Space Quality and Accessibility — Evidence from a Southern European City. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(8), 1–16. <https://doi.org/10.3390/ijerph14080916>
- Holling, C. S. 1973. Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1–23.
- Holling, C. S. 1978. *Adaptive Environmental Assessment and Management*. John Wiley & Sons, New York.
- IPCC. 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)*. IPCC NGGIP.
- IPCC. 2019. *Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.
- IPCC. 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Irma, M. F., & Gusmira, E. 2024. Tingginya Kenaikan Suhu Akibat Peningkatan Emisi Gas Rumah Kaca di Indonesia. *JSSIT: Jurnal Sains Dan Sains Terapan*, 2(1), 26–32. <https://doi.org/10.30631/jssit.v2i1.49>
- Istyan, A. 2025. Kemiskinan Perdesaan dan Perkotaan: Sebuah Literature Review. *AKADEMIK: Jurnal Mahasiswa Humanis*, 5(2), 973–986. <https://doi.org/https://doi.org/10.37481/jmh.v5i2.1365h.v5i2.1365>
- Judijanto, L., & Suparwata, D. O. 2025. Peran Vegetasi dalam Mengurangi Risiko Pergerakan Tanah di Musim Hujan. *Jurnal Geosains West Science*, 3(01), 21–27. <https://doi.org/https://doi.org/10.58812/jgws.v3i01.2048>
- Jumadi, J. 2018. Kedudukan dan Fungsi Peraturan Daerah (Perda) Kabupaten/Kota Sebagai Instrumen Otonomi Daerah Dalam Sistem Perundang-Undangan di Indonesia. *Jurnal Hukum Unsulbar*, 1(1), 27–40. <https://doi.org/https://doi.org/10.31605/j-law.v1i1.49>

- Kavanagh, P., & Pitcher, T. J. 2004. Implementing Microsoft Excel Software for Rapfish : a Technique for the Rapid Appraisal of Fisheries Status. *Fisheries Centre Research Reports*, 12(2), 1–75. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.14288/1.0074801>
- Keiner, M. 2005. History, Definitions, and Models of Sustainable Development. *ETH Zurich Research Collection*, 21(6), 12–19. <https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-010025751>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2023. *Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) dan Monitoring, Pelaporan, Verifikasi (MPV)* (Vol. 8). KLHK, Jakarta.
- Keser, I. 2023. Interdependence and Complementarity of a Multi-Dimensional Concept of Sustainable Development and the Integrated Approach to Urban Governance—Case Study City of Zagreb. *Sustainability*, 15(12), 1–19. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su15129213>
- Lasiyono, U., & Alam, W. Y. 2024. *Metode Penelitian Kualitatif*. Mega Press Nusantara, Sumedang.
- Loy, N., Rachmawati, I., Issundari, S., & Soesilo, J. 2024. Barriers to Indonesia's Energy Transition. *The Indonesian Journal of Planning and Development*, 9(2), 54–65. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/ijpd.9.2.54-65>
- Marthalina, M. 2018. Peran Pemerintah Daerah dalam Mengentaskan Kemiskinan di Kabupaten Tangerang Provinsi Banten. *TRANSFORMASI: Jurnal Manajemen Pemerintahan*, 10(1), 1–24. <https://doi.org/https://doi.org/10.33701/jt.v10i1.403>
- Masturi, H., Hasanawi, A., & Hasanawi, A. 2021. Sinergi dalam Pertanian Indonesia untuk Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 1(10), 2085–2094. <https://doi.org/https://doi.org/10.47492/jip.v1i10.424>
- Miharja, F. J., Husamah, H., & Muttaqin, T. 2018. Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Sebagai Penyerap Emisi Gas Karbon di Kota dan Kawasan Penyangga Kota Malang. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 2(3), 165–174. <https://doi.org/10.36813/jplb.2.3.165-174>
- Murata, T., & Kawai, N. 2018. Soil Science and Plant Nutrition Degradation of the Urban Ecosystem Function Due to Soil Sealing: Involvement in the Heat Island Phenomenon and Hydrologic Cycle in the Tokyo Metropolitan Area. *Soil Science and Plant Nutrition*, 64(2), 1–11. <https://doi.org/10.1080/00380768.2018.1439342>
- Nadziroh, F., Sa, N., Aswoyo, B., Puja, I. G., Puspitorini, O., Santoso, T. B., Ridwan, M., Kurniajaya, M., Wahyu, G. A., & Try, K. 2025. Sistem Monitoring Kualitas Udara Sebagai Media Edukasi Kesadaran Lingkungan Bagi Masyarakat Perkotaan. *Jurnal Inovasi Hasil Pengabdian Masyarakat (JIPEMAS)*, 8(2), 454–466. <https://doi.org/10.33474/jipemas.v8i2.23491>

- OECD. 2025. *OECD Unemployment Rate Broadly Stable at 4.9% in March 2025*. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Okwuokenye, G., & Abdurrahman, A. 2022. Effect of Rural-Urban Migration Among Youths on Agricultural and Rural Development in Two LGAs in Kaduna State, Nigeria. *Journal of Community & Communication Research*, 7(1), 178–190. <https://doi.org/https://doi.org/10.4314/jagrenv.v18i1>.
- Olivadese, M., & Dindo, M. L. 2024. Water, Ecosystem Services, and Urban Green Spaces in the Anthropocene. *Land*, 13(11), 1–27. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/land13111948>
- Pakaya, P., Lihawa, F., & Baderan, D. W. K. 2024. Efektivitas Ruang Terbuka Hijau Publik dalam Menyerap Emisi Karbon Dioksida untuk Mendukung Keberlanjutan Lingkungan Perkotaan. *Hidroponik: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, 1(3), 54–75. <https://doi.org/https://doi.org/10.62951/hidroponik.v1i3.199>
- Pemerintah Provinsi Lampung. 2024. *Peraturan Daerah Provinsi Lampung Nomor 19 Tahun 2024 tentang Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah Provinsi Lampung Tahun Anggaran 2025*. Bandar Lampung.
- Pitcher, T. J. 1999. *A Rapid Appraisal Technique for Fisheries and Its Application to the Code of Conduct for Responsible Fisheries* (Issue 947). FAO Fisheries Circular.
- Pitcher, T. J., & Preikshot, D. 2001. RAPFISH: A Rapid Appraisal Technique to Evaluate the Sustainability Status of Fisheries. *Fisheries Research*, 49(3), 255–270. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(00\)00205-8](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(00)00205-8)
- Prabowoningsih, N. H., Putri, R. A., & Rini, E. F. 2018. The Factors Influencing the Availability of the Green Open Space in every Land Use Domination (Case Study: Surakarta City). *Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Perencanaan Partisipatif*, 13(5), 133–151. <https://doi.org/https://doi.org/10.20961/region.v13i2.21158>
- Prihandono Aris. 2010. Penyediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Menurut UU No. 26/2007 Tentang Penataan Ruang dan Fenomena Kebijakan Penyediaan RTH di Daerah. *Jurnal Permukiman*, 5(1), 13–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.31815/jp.2010.5.13-23>
- Pringle, R. M., Doak, D. F., Brody, A. K., Jocque, R., & Palmer, T. M. 2010. Spatial Pattern Enhances Ecosystem Functioning in an African Savanna. *PloS Biology*, 8(5), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000377>
- Pujiriyani, D. W., Soetarto, E., Santosa, D. A., & Agusta, I. 2019. Tekanan Populasi, Kepadatan Agraris, dan Ketersediaan Lahan pada Komunitas Petani. *Bhumi, Jurnal Agraria Dan Pertanahan*, 5(1), 42–53. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.31292/jb.v5i1.318>
- Puspitasari, D., & Setyanta, B. 2020. Pengaruh Tata Kelola Publik, Pendapatan Asli Daerah dan Total Aset Terhadap Kinerja Pemerintah Daerah. *Al Tijarah*, 6(1), 12–29. <https://doi.org/10.21111/tijarah.v6i1.3783>

- Putri, E. S., Widiyari, A., Karim, R. A., Somantri, L., & Ridwana, R. 2021. Pemanfaatan Citra Sentinel-2 untuk Analisis Vegetasi di Wilayah Gunung Manglayang. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 9(2), 133–143. <https://doi.org/DOI: http://dx.doi.org/10.23887/jjpg.v9i2.35357>
- Putro, R. K. H., Amalia, A., & Hendrasarie, N. 2021. Pengaruh Luas Ruang Terbuka Hijau Terhadap Penurunan NO2 Berdasarkan Nilai Total Kolom Citra Satelit Gome 2 Metop-B. *Jurnal Envirotek*, 13(2), 108–113. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v13i2.171>
- Qiu, Y., Da Silva Rocha Paz, I., Chen, F., Versini, P. A., Schertzer, D., & Tchiguirinskaia, I. 2021. Space Variability Impacts on Hydrological Responses of Nature-Based Solutions and the Resulting Uncertainty: A Case Study of Guyancourt (France). *Hydrology and Earth System Sciences*, 25(6), 3137–3162. <https://doi.org/https://doi.org/10.5194/hess-25-3137-2021>
- Rachmah, Z., Rengkung, M. M., & Lahamendu, V. 2018. Kesesuaian Lahan Permukiman di Kawasan Kaki Gunung Dua Sudara. *Jurnal Spasial*, 5(1), 118–129. <https://doi.org/https://doi.org/10.35793/sp.v5i1.19285>
- Rahman, I., Grunwald, A., & Saha, S. 2025. Access to Cultural Ecosystem Services and How Urban Green Spaces Marginalize Underprivileged Groups. *Npj Urban Sustainability*, 5(1), 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s42949-025-00221-z>
- Rahmawati, S. S., Khoirullisan, A. R., Sarastika, T., & Nurholis, M. 2023. Analisis Bahaya Longsor di Kecamatan Padalarang Kabupaten Bandung Barat Berbasis Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Ecosolum*, 12(1), 16–34. <https://doi.org/10.20956/ecosolum.v12i1.26663>
- Ramesh, S. 2025. Climate Change. In: The Political Economy of Contemporary Human Civilisation. *Palgrave Macmillan Cham*, 1, 109–185. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-031-84181-1_4
- Rani, S. T., Yudha, I. G., Caesario, R., & Mahardika, A. H. 2022. Status Keberlanjutan Pengelolaan Ekosistem Mangrove di Kabupaten Tangerang. *AQUACOASTMARINE*, 1(1), 7–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.32734/jafs.v1i1.8612>
- Rembulan, G. D., Zubaedah, S. Y., Shen, E. J., & Nicholas, N. 2024. Pengabdian Kepada Masyarakat: Juri Karya Ilmiah Bertema Pemanasan Global. *Jurnal Pengabdian Dan Kewirausahaan*, 8(2), 122–128. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30813/jpk.v8i2.6223>
- Rigolon, A., Osei, R., Leslie, J., Viera, S., Romero, F., & Espiricueta, A. 2024. Non-governmental Organizations, Green Space Equity, and Policy Change: A National Study in the US. *Urban Forestry & Urban Greening*, 101, 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128503>
- Rinaldi, R., & Albina, M. 2025. Analisis Konsep, Jenis, dan Kelayakan Instrumen Penelitian Pendidikan. *QAZI: Journal of Islamic Studies*, 2(1), 225–232. <https://doi.org/https://doi.org/10.61104/qz.v2i1.279>

- Riyanti, A., Saragih, G. M., & Zahratu Qolbi, N. F. 2021. Analisis Pengaruh Kerapatan Vegetasi Ruang Terbuka Hijau (RTH) Terhadap Intensitas Cahaya Matahari dan Suhu Udara (Studi Kasus: Kota Jambi). *Jurnal Daur Lingkungan*, 4(1), 21–24. <https://doi.org/10.33087/daurling.v4i1.65>
- Santoso, W. Y. 2015. Kebijakan Nasional Indonesia dalam Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim. *Hasanuddin Law Review*, 1(3), 371–390. <https://doi.org/https://doi.org/10.20956/halrev.v1i3.116>
- Schrammeijer, E. A., van Zanten, B. T., Davis, J., & Verburg, P. H. 2022. The Advantage of Mobile Technologies in Crowdsourcing Landscape Preferences: Testing a Mobile App to Inform Planning Decisions. *Urban Forestry and Urban Greening*, 73, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127610>
- Sianipar, R. J., Januar, R. R., David, S., & Silalahi, C. 2024. Analisis Pemetaan Potensi dan Realisasi Energi Baru Terbarukan (EBT) dengan Pemodelan Determinan Konsumsi dan Metode Grouping Analysis EBT di Indonesia. *JEBT: Jurnal Energi Baru & Terbarukan*, 5(4), 30–49. <https://doi.org/10.14710/jebt.2024.22970>
- Siburian, E. S., Ginting, E. M., Syahfitri, M. D., & Purba, B. 2025. Bonus Demografi Sebagai Peluang dan Tantangan Bagi Indonesia. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 11(1), 123–128.
- Sidqi, M. A., & Aminudin, C. 2025. Peraturan Daerah Nomor 1 Tahun 2015 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Depok Tahun 2012–2032 (Analisa Pembangunan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Hutan Kota Universitas Indonesia). *Humaniorum*, 3(2), 114–143. <https://doi.org/10.37010/hmr.v3i2.89>
- Simanjuntak, H. T. 2022. Analisis Peran Sektor Primer Terhadap Kesempatan Kerja Diregional Provinsi Kalimantan. *Jurnal Growth*, 8(2), 91–97. <https://doi.org/https://doi.org/10.52300/grow.v8i2.9167>
- Sottili, G., & Palladino, D. M. 2025. When Volcanoes Record Milankovitch Cycles. *Frontiers in Earth Science*, 13, 1–11. <https://doi.org/10.3389/feart.2025.1569128>
- Spangenberg, J. H., & Bonniot, O. 1998. *Sustainability Indicators: A Compass on the Road Towards Sustainability*. Wuppertal Paper No. 81, Wuppertal.
- Stenberg, J. 2001. *Bridging Gaps: Sustainable Development and Local Democracy Processes*. Chalmers Architecture, Gothenburg.
- Stirbet, A., Lazar, D., Guo, Y., & Govindjee, G. 2020. Photosynthesis: Basics, History and Modelling. *Annals of Botany*, 126(4), 511–537. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz171>
- Sugiharto, S. B., Amruddin, A., Ma'sum, R. D., Hadidjah, K., Bakara, S. M., Suatmi, B. D., Sele, Y., & Indriani, I. K. 2025. *Paradigma Climate Change (Perubahan Iklim)*. Media Sains Indonesia, Kota Bandung.
- Sulistiono, Z. 2025. Dimensi Kriminologi dan Viktimologi dalam Impunitas

- Pelanggaran HAM Berat di Indonesia. *Journal of Innovation Research and Knowledge*, 5(3), 1–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.53625/jirk.v5i3.11073>
- Sundari, U. Y., Panudju, A. A. T., Nugraha, A. W., Purba, F., Erlina, Y., Nurbaiti, N., Kalalinggi, S. Y., Afifah, A., Suheria, Elsandika, G., Setiawan, R. Y., Alfiyani, L., & Pereiz, Z. 2024. *Metodologi Penelitian*. CV. Gita Lentera, Padang.
- Suprayogo, D., Noordwijk, M. van, Hairiah, K., Meilasari, N., Rabbani, A. L., Ishaq, R. M., & Widiyanto, W. 2020. Infiltration-Friendly Agroforestry Land Uses on Volcanic Slopes in the Rejoso Watershed, East Java, Indonesia. *Land*, 9(8), 1–27. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/land9080240>
- Susilawaty, A., Daud, M., Ramadhani, A., & Annisa, S. 2025. *Perubahan Iklim dan Tantangan Konservasi*. Kita Menulis, Medan.
- Sypion, N. 2023. Exploring the Impact of Green Areas on Crime Rates in Urban Environments. *European Research Studies Journal*, 26(4), 456–461. <https://doi.org/10.35808/ersj/3296>
- Tang, C., Liu, Y., Li, Z., Guo, L., Xu, A., & Zhao, J. 2021. Effectiveness of Vegetation Cover Pattern on Regulating Soil Erosion and Runoff Generation in Red Soil Environment, Southern China. *Ecological Indicators*, 129, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107956>
- Tembusai, Z. R., & Armando, B. 2024. Sistem Monitoring Kualitas Tanah Tanaman Hias Berbasis IoT dengan Sensor pH. *Jurnal Minfo Polgan*, 13(2), 2030–2035. <https://doi.org/https://doi.org/10.33395/jmp.v13i2.14364> e-ISSN
- Tjiwidjaja, H., & Salima, R. 2023. Dampak Energi Fosil Terhadap Perubahan Iklim dan Solusi Berbasis Energi Hijau. *Jurnal Wilayah, Kota Dan Lingkungan Berkelanjutan*, 2(2), 166–172. <https://doi.org/https://doi.org/10.58169/jwikal.v2i2.625>
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemela, J., & James, P. 2007. Promoting Ecosystem and Human Health in Urban Areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81(3), 167–178. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.001>
- United Nations. 2015. *Transforming Our World: The 2030 Agenda For Sustainable Development*. United Nations General Assembly. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- Voigt, A., Kabisch, N., Wurster, D., & Haase, D. 2014. Structural Diversity: A Multi-dimensional Approach to Assess Recreational Services in Urban Parks. *AMBIO*, 43(4), 480–491. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13280-014-0508-9>
- Wang, H., & Ma, D. 2023. Research on Urban and Rural Integrated Development Strategies in Villages and Towns. *Frontiers in Business, Economics and Management*, 10(2), 81–85. <https://doi.org/10.54097/fbem.v10i2.10687>

- World Bank. 2024. *The World Bank's New Inequality Indicator: The Number of Countries with High Inequality*. World Bank Group.
- World Health Organization. 2016. *Urban Green Spaces and Health*. Copenhagen Denmark, WHO Regional Office for Europe.
- Wulandari, S., Rifardi, R., Rasyad, A., & Yusmarini, Y. 2018. Status Keberlanjutan Ruang Terbuka Hijau Sebagai Cadangan Karbon di Kota Pekanbaru (the Sustainability Status of Green Open Space as Carbon Stock in Pekanbaru City). *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 25(2), 73–80. <https://doi.org/10.22146/jml.23817>
- Xu, J., Yu, Y., Zhou, W., Yu, W., & Wu, T. 2024. Effects of the Spatial Pattern of Forest Vegetation on Urban Cooling in Large Metropolitan Areas of China: A Multi-Scale Perspective. *Forests*, 15(10), 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/f15101778>
- Yolanda, P., Soekmadi, R., Prihadi, N., & Adhi, R. P. 2024. Analisis Keberlanjutan Taman Wisata Alam Lembah Harau di Kabupaten Lima Puluh Kota. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 25(1), 48–58. <https://doi.org/10.55981/jtl.2024.886>
- Younis, F., & Chaudhary, M. A. 2017. Sustainable Development: Economic, Social, and Environmental Sustainability in Asian Economies. *Forman Journal of Economic Studies*, 15, 87–114.
- Yuliana, A. S., & Asmara, K. 2024. Pengaruh PAD, Dana Perimbangan, dan Jumlah Penduduk Terhadap Belanja Daerah. *Jambura Economic Education Journal*, 6(2), 540–551. <https://doi.org/10.37479/jeej.v6i2.25189>
- Yulianto, Y., Rosalia, F., & Hutagalung, S. S. 2025. Adaptive Governance in Environmental Issue: Systematic Literature Review. *International Journal of Environmental Impacts*, 8(3), 615–625. <https://doi.org/https://doi.org/10.18280/ijei.080319>
- Yusuf, M., Kurniasih, D., & Saputra, A. S. 2023. Governing Green Open Space in Indonesia: Barriers and Opportunities to Enhancing Environmental Quality. *Jurnal Ilmu Pemerintahan*, 13(3), 424–439. <https://doi.org/https://doi.org/10.26618/ojip.v13i3.11685>
- Zhang, M., & Chui, T. F. M. 2025. A Multiagent Socio-Hydrologic Framework For Integrated Green Infrastructures and Water Resource Management at Various Spatial Scales. *Hydrology and Earth System Sciences*, 29(12), 2655–2695. <https://doi.org/https://doi.org/10.5194/hess-29-2655-2025>
- Zhang, X., Huang, H., Tu, K., Li, R., Zhang, X., Wang, P., Li, Y., Yang, Q., Acerman, A. C., Guo, N., & Liu, Y. 2024. Effects of Plant Community Structural Characteristics on Carbon Sequestration in Urban Green Spaces. *Scientific Reports*, 14(7382), 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-024-57789-2>
- Zhou, K., Kong, F., Yin, H., Destouni, G., Meadows, M. E., Andersson, E., Chen, L., Chen, B., Li, Z., & Su, J. 2024. Urban Flood Risk Management Needs Nature-Based Solutions: a Coupled Social-Ecological System Perspective. *Npj*

Urban Sustainability, 4(1), 1–12.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s42949-024-00162-z>