

SKRIPSI

**PREDIKSI KEBUTUHAN RUANG TERBUKA HIJAU (RTH)
BERDASARKAN KEBUTUHAN OKSIGEN DI KOTA
MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh:

**NASARUDDIN
D101201028**



**PROGRAM STUDI SARJANA
PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PREDIKSI KEBUTUHAN RUANG TERBUKA HIJAU (RTH) BERDASARKAN KEBUTUHAN OKSIGEN DI KOTA MAKASSAR

Disusun dan diajukan oleh

Nasaruddin
D101201028

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 02 Desember 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,
Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Arifuddin Akil, M.T
NIP. 19630504 1995121 001

Ketua Program Studi, Perencanaan Wilayah dan Kota
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Ir. Abdul Rachman Rasyid, S.T., M.Si.
NIP. 19741006 2008121 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini;

Nama : Nasaruddin

NIM : D101202080

Program Studi : Perencanaan Wilayah dan Kota

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bawah karya tulisan saya berjudul

Prediksi Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Berdasarkan Kebutuhan Oksigen di Kota Makassar

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 02 Desember 2024

Yang Menyatakan



Nasaruddin

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas segala rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul "**Prediksi Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Berdasarkan Kebutuhan Oksigen**" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (S1) pada Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Nasaruddin Universitas Hasanuddin. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita, Nabi Muhammad *shallallahu 'alaihi wassallam* yang telah membawa kita dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang menderang seperti saat ini. Dan tentunya shalawat serta salam tersebut pula selalu terlimpangkan kepada para keluarga, para sahabat, dan para pengikut yang telah mengikuti petunjuk-Nya, sehingga mereka mendapatkan ridha dan pahala dari Allah *subhanawata'ala*.

Penulisan ini mengangkat topik permasalahan yaitu RTH (RTH). Seperti yang kita ketahui bersama RTH termasuk taman, taman kota, dan hutan, memainkan peran yang sangat penting dalam menjaga kualitas udara di lingkungan kita. Ketika kita berbicara tentang kualitas udara, seringkali kita fokus pada polusi udara dari industri dan transportasi. Namun, RTH juga berperan besar dalam membersihkan udara yang kita hirup setiap hari. Selain itu, RTH juga berperan sebagai penyaring udara alami. Daun dan ranting pohon mampu menangkap partikel-partikel polutan dari udara, membantu mengurangi kadar polusi di lingkungan sekitar. Ini sangat penting, terutama di daerah perkotaan yang sering kali terpapar oleh tingkat polusi udara yang tinggi.

Permasalahan tersebut dirasakan pula di studi kasus pada penelitian ini yaitu Kota Makassar. Kota Makassar merupakan kota besar yang berada di Indonesia bagian Timur dengan kepadatan dan pertumbuhan penduduk yang tinggi. Sehingga, tidak heran jika Kota Makassar masih belum mampu memenuhi kebutuhan oksigen yang disebabkan adanya luas lahan yang tetap namun jumlah penduduk semakin bertambah. Oleh karena itu melalui penelitian ini, diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam rencana tata ruang sebagai upaya dalam mengendalikan dan menciptakan lingkungan demi memenuhi kebutuhan oksigen di Kota Makassar.

Gowa, 02 Desember 2024



(Nasaruddin)

Sitasi dan Alamat Kontak:

Harap menuliskan sumber skripsi ini dengan cara penulisan sebagai berikut:
Nasaruddin. 2024. *Prediksi Kebutuhan RTH Berdasarkan Kebutuhan Oksigen di Kota Makassar*. Skripsi Sarjana, Prodi S1 PWK Universitas Hasanuddin. Makassar. Demi peningkatan kualitas dari skripsi ini, kritik dan saran dapat dikirimkan ke penulis melalui alamat email berikut ini: nasaruddin.idrid27@gmail.com

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan rasa syukur sebesar-besarnya tak henti-henti penulis panjatkan atas kehadiran Allah *Subhana Wa Ta'ala* sebab atas berkat, rahmat, serta atas seizin-Nyalah sehingga penulis dapat diberik kesempatan untuk menyelesaikan penyusunan tugas akhir dengan judul **“Prediksi Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Berdasarkan Kebutuhan Oksigen di Kota Makassar”**. Shalawat dan salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad *Shallallahu 'Alaihi Wassallam* pemimpin dan sebaik-baik teladan di muka bumi ini yang membawa manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang penuh hidayah seperti saat ini.

Penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Idris dan Ibu Juhaena yang senantiasa memberikan perhatian penuh kepada penulis untuk terus mendukung dan memberikan fasilitas selama penulis kuliah, serta selalu mendoakan dan memberikan muhasabah diri untuk terus beribadah kepada Allah *Subhana Wa Ta'ala*.
2. Kakak-kakak penulis Satriani, S.E., Nurhayati, S.T., dan Fahrul Rijal yang senantiasa memberikan rezekinya untuk menambah uang jajan penulis setiap bulannya, dan selalu perhatian kepada penulis mengenai kebutuhan yang penulis perlukan.
3. Bapak Rektor Universitas Hasanuddin Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc atas segala kebijakannya selama penulis menjalani proses pendidikan di Unhas.
4. Bapak Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng
5. Dosen Pembimbing saya yakni, Prof. Dr. Ir. Arifuddin Akil, M.T sekaligus Kepala LBE *Urban Planning and Design* yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan yang sangat berharga dalam proses penulisan skripsi ini.
6. Kepada Dosen Penguji Bapak Irwan S.T., M.Eng dan Ibu Suci S.T., M.Si
7. Ketua Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Bapak Dr. Eng. Ir. Abdul Rachman Rasyid, S.T., M.Si yang sudah memberikan fasilitas terbaik kepada mahasiswa/i selama proses perkuliahan di kampus.
8. Sekretaris Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Ibu Sri Aliah Ekawati, S.T., M.T yang sudah mengajar penulis secara lemah lembut dan disiplin.
9. Dosen Penasehat Akademik (PA) sekaligus Kepala Studio Tugas Akhir Ibu Dr. Techn. Yashinta Kumala Dewi, S.T., MIP yang sudah membimbing penulis selama kuliah di Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota. Tidak hanya itu, selalu memberikan motivasi kehidupan dunia maupun akhirat.
10. Bapa/ibu dosen Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota yang tidak bisa penulis sebutkan satu-satu yang telah mengajar penulis berupa ilmu bermanfaat mengenai perencanaan wilayah dan kota dari semester satu hingga saat ini.
11. Bapak Haerul, Bapak Faha, dan Kak Afifah selaku admin Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota yang sudah membantu penulis dalam kebutuhan administrasi perkuliahan.

12. Teman seperjuangan Labo *Urban Planning and Design* Andi Muhammad Farid Al Farizi, Syeli Novita Putri M Butatoba, Kaniya Arissya Arifuddin, Renaldi, Nur Ainun Anugerah W, dan Winda Tri Wulandari.
13. Seluruh teman-teman RASIO20 yang sedari semester 1 sudah kompak dan memberikan dukungan serta pertolongan satu sama lain.
14. Keluarga LSP UNHAS yang selama setahun ini sudah memberikan penulis tempat belajar baru yang sangat bermanfaat bagi penulis.
15. Teman-teman SMA penulis yang sedang berkuliah di Kota Makassar dan selalu megajak penulis untuk jalan-jalan, Vivin Mangempang (Sipil 20), Sasmitha Raya Pata' (Arsi 20), Dhelvi Widya Masmor (Mahasiswa UC)
16. Semua pihak yang turut membantu dalam proses penelitian, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna perbaikan di masa yang akan datang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi yang positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan menyangkut tentang kebutuha RTH berdasarkan kebutuhan oksigen.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Gowa, 02 Desember 2024



(Nasaruddin)

ABSTRAK

NASARUDDIN. *Prediksi Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Berdasarkan Kebutuhan Oksigen di Kota Makassar* (dibimbing oleh Arifuddin Akil)

Kota Makassar tahun 2021 memiliki ruang terbuka hijau (RTH) hanya 9,07% dari total luas wilayah, jauh dari standar yang ditetapkan. Studi menunjukkan luasan RTH belum mencukupi kebutuhan oksigen. Penelitian ini memprediksi kebutuhan RTH berdasarkan kebutuhan oksigen di Kota Makassar untuk menciptakan kota berkelanjutan. Tujuan penelitian ini yaitu (1) mengetahui produksi oksigen yang dihasilkan RTH eksisting Kota Makassar; (2) mengetahui kebutuhan oksigen berdasarkan jumlah penduduk dan kendaraan di Kota Makassar tahun 2023, 2029, dan 2034; (3) mengetahui kebutuhan RTH berdasarkan kebutuhan oksigen di Kota Makassar tahun 2023, 2029, dan 2034. Untuk mengetahui produksi oksigen dilakukan analisis Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), untuk mengetahui kebutuhan oksigen dilakukan proyeksi metode Least Square, dan untuk mengetahui kebutuhan RTH berdasarkan kebutuhan oksigen menggunakan metode Gararkis. Data yang digunakan yaitu data sekunder jumlah penduduk dan kendaraan. Berdasarkan analisis, total luas RTH di Kota Makassar 2.240,35 hektar. Kecamatan Biringkanaya memiliki luas RTH terbesar 647,35 hektar (29%), sedangkan Kecamatan Wajo dan Bontoala memiliki luas RTH terkecil 0,87 hektar (0,0%) dan 1,48 hektar (0,1%). Total produksi oksigen dari RTH eksisting di Kota Makassar 113.417,89 gram per hari, dengan Biringkanaya sebagai penyumbang terbesar (32.772,27 gram/hari) dan Wajo serta Bontoala penyumbang terkecil (43,96 gram/hari dan 74,98 gram/hari). Pada tahun 2023, kebutuhan oksigen penduduk dan kendaraan di Kota Makassar mencapai 14.494 ton per hari, dengan perkiraan peningkatan menjadi 18.353 ton/hari pada tahun 2029 dan 20.729 ton/hari pada tahun 2034. Berdasarkan kebutuhan oksigen, Kota Makassar membutuhkan RTH 278.569 hektar pada tahun 2023 dan diprediksi terus meningkat sesuai peningkatan populasi dan kendaraan.

Kata Kunci: RTH, Metode Gararkis, Kebutuhan Oksigen, Analisis NDVI, Kota Makassar

ABSTRACT

NASARUDDIN. *Prediction of Green Open Space (GOS) Requirements Based on Oxygen Needs in Makassar City* (supervised by Arifuddin Akil)

The city of Makassar in 2021 had green open space covering only 9.07% of its total area, far below the standard set. Studies indicate that the available RTH is insufficient to meet oxygen needs. This research aims to predict the RTH requirements based on oxygen needs in Makassar to create a sustainable city. The objectives of this study are (1) to determine the oxygen production generated by the existing RTH in Makassar; (2) to determine the oxygen needs based on the population and the number of vehicles in Makassar in 2023, 2029, and 2034; (3) to determine the RTH needs based on oxygen requirements in Makassar in 2023, 2029, and 2034. Oxygen production was analyzed using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), oxygen needs were projected using the Least Squares method, and RTH needs based on oxygen requirements were determined using the Gerarkis method. The data used included secondary data on population and vehicle numbers. Based on the analysis, the total RTH area in Makassar is 2.240,35 hectares. Biringkanaya District has the largest RTH area at 647,35 hectares (29%), while Wajo and Bontoala Districts have the smallest RTH areas at 0,87 hectares (0.0%) and 1,48 hectares (0.1%) respectively. The total oxygen production from the existing RTH in Makassar is 113.417,89 gram per day, with Biringkanaya being the largest contributor (32.772,27 grams/day), and Wajo and Bontoala being the smallest contributors (43,96 grams/day and 74,98 grams/day). By 2023, the oxygen demand from the population and vehicles in Makassar will reach 14,494 tons per day, with an estimated increase to 18,353 tons/day by 2029 and 20,729 tons/day by 2034. Based on oxygen demand, Makassar will require 278,569 hectares of RTH in 2023, and this requirement is predicted to continue increasing along with population and vehicle growth.

Kata Kunci: Green Open Space, Gerarkis Method, Oxygen Requirements, NDVI Analysis, Makassar City

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Pertanyaan Penelitian	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Ruang Terbuka Hijau (RTH).....	6
2.1.1 Fungsi utama RTH.....	6
2.1.2 Fungsi tambahan RTH	7
2.1.3 Tipologi RTH	8
2.1.4 Kebutuhan RTH berdasarkan kebutuhan oksigen.....	9
2.2 <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI).....	10
2.3 Citra Sentinel-2.....	12
2.4 Penelitian Terdahulu	13
2.5 Kerangka Pikir	19
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Jenis Penelitian	21
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	21
3.3 Teknik Pengumpulan Data	23
3.3.1 Data sekunder	23
3.3.2 Data primer	23
3.4 Teknik Analisis Data.....	23
3.4.1 Analisis produksi oksigen yang dihasilkan oleh RTH eksisting Kota Makassar	24
3.4.2 Analisis kebutuhan oksigen berdasarkan jumlah penduduk dan jumlah kendaraan di Kota Makassar	25
3.4.3 Analisis prediksi luas RTH untuk memenuhi kebutuhan oksigen di Kota Makassar.....	26
3.5 Variabel Penelitian	27
3.6 Kerangka Penelitian	29

3.7	Definisi Operasional.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		33
4.1	Gambaran Umum Kota Makassar.....	33
4.1.1	Kondisi geografis	33
4.1.2	Kondisi kependudukan	36
4.1.3	Kondisi transportasi.....	37
4.2	Analisis Produksi Oksigen yang Dihasilkan oleh RTH di Kota Makassar .	38
4.2.1	Identifikasi RTH eksisting di Kota Makassar.....	38
4.2.2	Produksi oksigen berdasarkan RTH yang teridentifikasi di Kota Makassar	46
4.3	Analisis Kebutuhan Oksigen Berdasarkan Jumlah Penduduk dan Jumlah Kendaraan di Kota Makassar.....	47
4.3.1	Proyeksi jumlah penduduk dan jumlah kendaraan di Kota Makassar	48
4.3.2	Kebutuhan oksigen berdasarkan proyeksi jumlah penduduk di Kota Makassar	90
4.4	Analisis Prediksi Luas RTH untuk Memenuhi Kebutuhan Oksigen di Kota Makassar.....	127
4.4.1	Total kebutuhan oksigen berdasarkan jumlah penduduk dan jumlah kendaraan	127
4.4.2	Konversi kebutuhan oksigen menjadi luas RTH untuk memenuhi kebutuhan oksigen di Kota Makassar.....	130
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		145
5.1	Kesimpulan.....	145
5.2	Saran.....	146
DAFTAR PUSTAKA		147
LAMPIRAN		152
<i>CURRICULUM VITAE</i>		157

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Kerangka pikir.....	20
Gambar 2	Peta lokasi penelitian.....	22
Gambar 3	Kerangka penelitian.....	29
Gambar 4	Peta administrasi Kota Makassar	35
Gambar 5	Grafik peningkatan jumlah kendaraan dan jenis kendaraan di Kota Makassar tahun 2018-2022	38
Gambar 6	Peta titik persebaran validasi lapangan dari hasil analisis NDVI	39
Gambar 7	Grafik kelas kerapatan vegetasi di Kota Makassar	41
Gambar 8	Peta analisis Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	42
Gambar 9	Peta persebaran RTH tiap kecamatan di Kota Makassar	44
Gambar 10	Peta RTH teridentifikasi oleh analisis NDVI.....	45
Gambar 11	Grafik produksi oksigen tiap-tiap kecamatan di Kota Makassar	47
Gambar 12	Penentuan nilai x_{2029} dan x_{2034}	49
Gambar 13	Grafik proyeksi jumlah penduduk tiap kecamatan di Kota Makassar	60
Gambar 14	Grafik hasil proyeksi jumlah kendaraan di Kota Makassar berdasarkan jenis kendaraan.....	90
Gambar 15	Grafik total kebutuhan oksigen berdasarkan jumlah penduduk tiap kecamatan di Kota Makassar	98
Gambar 16	Grafik total kebutuhan oksigen berdasarkan jumlah kendaraan tiap kecamatan di Kota Makassar	127
Gambar 17	Total kebutuhan oksigen berdasarkan jumlah penduduk dan jumlah kendaraan tiap kecamatan di Kota Makassar	130
Gambar 18	Grafik prediksi luas RTH untuk memenuhi kebutuhan oksigen di Kota Makassar.....	140
Gambar 19	Visual program dari sederhana untuk menghitung kebutuhan RTH berdasarkan kebutuhan oksigen	141
Gambar 20	Hasil perhitungan total kebutuhan oksigen dan luas RTH yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan oksigen tersebut.....	142

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Tipologi RTH	8
Tabel 2	Jenis-jenis RTH berdasarkan status kepemilikan	8
Tabel 3	Kebutuhan oksigen berdasarkan jenis kendaraan bermotor	10
Tabel 4	Kelas Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	11
Tabel 5	Spesifikasi Sentinel-2	13
Tabel 6	Penelitian terdahulu	14
Tabel 7	Variabel penelitian	28
Tabel 8	Luas Kota Makassar berdasarkan kecamatannya	34
Tabel 9	Jumlah penduduk dan laju pertumbuhan penduduk di Kota Makassar berdasarkan kecamatannya	36
Tabel 10	Jumlah kendaraan berdasarkan jenis di Kota Makassar tahun 2018-2022	37
Tabel 11	Hasil validasi lapangan dari hasil analisis NDVI berdasarkan kelas kerapatan vegetasi di Kota Makassar	40
Tabel 12	Kelas kerapatan vegetasi di Kota Makassar	41
Tabel 13	Persebaran dan luas RTH teridentifikasi tiap kecamatan di Kota Makassar	43
Tabel 14	Produksi oksigen yang dihasilkan oleh RTH eksisting di Kota Makassar	49
Tabel 15	Data proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Mariso	50
Tabel 16	Data proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Mamajang	50
Tabel 17	Data proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Tamalate	51
Tabel 18	Data proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Rappocini	51
Tabel 18	Data proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Makassar	52
Tabel 20	Data proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Ujung Pandang	53
Tabel 21	Data proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Wajo	53
Tabel 22	Data proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Bontoala	54
Tabel 23	Data proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Ujung Tanah	55
Tabel 24	Data proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Tallo	55
Tabel 25	Data proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Panakkukang	52
Tabel 26	Data proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Manggala	56
Tabel 27	Data proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Biringkanaya	57
Tabel 28	Data proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Tamalanrea	57
Tabel 29	Hasil proyeksi jumlah penduduk di Kota Makassar	58
Tabel 30	Data proyeksi jumlah kendaraan di Kecamatan Mariso	60
Tabel 31	Data proyeksi jumlah kendaraan di Kecamatan Mamajang	62
Tabel 32	Data proyeksi jumlah kendaraan di Kecamatan Tamalate	64
Tabel 33	Data proyeksi jumlah kendaraan di Kecamatan Rappocini	66
Tabel 34	Data proyeksi jumlah kendaraan di Kecamatan Makassar	67
Tabel 35	Data proyeksi jumlah kendaraan di Kecamatan Ujung Pandang	69
Tabel 36	Data proyeksi jumlah kendaraan di Kecamatan Wajo	71
Tabel 37	Data proyeksi jumlah kendaraan di Kecamatan Bontoala	73
Tabel 38	Data proyeksi jumlah kendaraan di Kecamatan Ujung Tanah	75
Tabel 39	Data proyeksi jumlah kendaraan di Kecamatan Tallo	76
Tabel 40	Data proyeksi jumlah kendaraan di Kecamatan Panakkukang	78

Tabel 41	Data proyeksi jumlah kendaraan di Kecamatan Manggala	80
Tabel 42	Data proyeksi jumlah kendaraan di Kecamatan Biringkanaya.....	81
Tabel 43	Data proyeksi jumlah kendaraan di Kecamatan Tamalanrea	83
Tabel 44	Hasil proyeksi jumlah kendaraan di Kota Makassar.....	86
Tabel 45	Total kebutuhan oksigen berdasarkan jumlah penduduk di Kota Makassar.....	97
Tabel 46	Total kebutuhan oksigen berdasarkan jumlah kendaraan menurut jenis kendaraan di Kota Makassar	125
Tabel 47	Total kebutuhan oksigen berdasarkan jumlah penduduk dan jumlah kendaraan di Kota Makassar tahun 2023, 2029, dan 2034.....	128
Tabel 48	Luas RTH yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan oksigen di Kota Makassar	138

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
RTRW	Rencana Tata Ruang Wilayah
RTH	RTH
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
Kg	Kilogram
Ha	Hektar
nm	Nanometer
m	Meter
Y	Nilai variabel berdasarkan garis regresi
a dan b	Nilai trend pada tahun
n	Jumlah data
x	Waktu tertentu dalam bentuk kode
Lt	luas RTH pada tahun ke t (m ²)
Pt	jumlah kebutuhan oksigen berdasarkan penduduk pada tahun ke t
Kt	jumlah kebutuhan oksigen berdasarkan kendaraan pada tahun ke t

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Jumlah Kendaraan Tiap-tiap Kecamatan di Kota Makassar dari Badan Pendapatan Daerah (BAPENDA) Provinsi Sulawesi Selatan	152
Lampiran 2	Citra Sentinel-2	155
Lampiran 3	Form Checklist Hasil Analisis NDVI.....	156

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini beberapa kota di Indonesia mengalami perkembangan yang begitu pesat, dilihat dari mendominasinya lahan terbangun dibandingkan dengan RTH atau lahan bervegetasi. Hal tersebut terjadi karena adanya peningkatan jumlah penduduk pada wilayah perkotaan, baik yang terjadi secara alami di wilayah kota maupun yang terjadi karena adanya migrasi penduduk pada daerah yang berada di sekitar wilayah perkotaan (Kusnendar, 2023). Pembangunan yang mengambil alih RTH menjadi lahan terbangun secara tidak langsung dapat memberikan kontribusi dalam terjadinya permasalahan lingkungan yang sering terjadi di wilayah perkotaan. Dimana, dampak yang dapat terjadi berupa timbul berbagai jenis permasalahan lingkungan yang bersifat negatif terhadap kualitas udara (Fuady, 2021).

RTH memiliki fungsi sebagai penyeimbang ekosistem kota, baik itu sistem hidrologi, klimatologi, keanekaragaman hayati, maupun sistem ekologi lainnya, bertujuan meningkatkan kualitas lingkungan hidup, estetika kota, kesehatan, dan kesejahteraan masyarakat. Hal tersebut sejalan dengan beberapa penelitian di Eropa, Amerika Utara, Australia, dan bahkan China (Rall, dkk., 2015; Monteiro, 2017; Chollet, dkk., 2018) yang mengkaji mengenai kontribusi ekosistem yang diperoleh dari adanya RTH dalam suatu kota. Ketersediaan RTH pada suatu kota memberikan manfaat bagi ekosistem, seperti pengurangan panas berlebih di wilayah perkotaan, pengendalian polusi, mitigasi banjir, serta pengurangan emisi gas rumah kaca. Selain itu, terhadap lingkungan berupa penyediaan habitat bagi satwa liar perkotaan dan pelestarian keanekaragaman hayati. Tidak kalah penting, RTH juga memberikan manfaat sosial dan kesehatan manusia (Swanwick, dkk., 2003; Kowarik, 2011; Pataki, dkk., 2011; Ives, dkk., 2016; Lai, dkk., 2019).

Berdasarkan Undang-Undang (UU) Nomor 26 Tahun 2007 tentang penataan ruang menyatakan bahwa RTH adalah area memanjang/jalur dan/atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam. RTH terdiri dari RTH publik dan RTH privat. Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia

Nomor 21 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan penataan ruang mengatakan bahwa rencana penyediaan dan pemanfaatan RTH publik dalam rencana tata ruang wilayah kota paling sedikit 20% dari luas wilayah kota sedangkan untuk rencana penyediaan dan pemanfaatan RTH privat dalam rencana tata ruang wilayah kota paling sedikit 10% dari luas wilayah kota. Adapun tujuan dalam penyelenggaraan RTH menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Nomor 5/PRT/M/2008 tentang pedoman penyediaan dan pemanfaatan RTH di kawasan perkotaan yaitu untuk mempertahankan ketersediaan lahan sebagai resapan air, menciptakan keseimbangan antara lingkungan alam dan lingkungan binaan, serta meningkatkan keserasian lingkungan perkotaan sebagai sarana pengaman lingkungan perkotaan yang aman, segara, indah, dan bersih. Berdasarkan uraian mengenai regulasi yang menyinggung terkait RTH, dapat dikatakan bahwa penyediaan RTH menjadi kewajiban atau keharusan bagi suatu kota.

RTH yang terdiri dari tumbuh-tumbuhan dapat menghasilkan oksigen melalui proses penting yang berlangsung melalui fotosintesis, di mana tumbuhan mengubah karbon dioksida (CO_2) menjadi oksigen (O_2) dengan bantuan sinar matahari dan air. Proses ini sangat krusial, terutama di daerah perkotaan yang padat, karena aktivitas manusia dan kendaraan bermotor berkontribusi besar terhadap emisi karbon yang tinggi (Nowak & Crane. 2002). Sehingga, RTH berupa hutan kota dan jalur hijau tentunya sangat memainkan peran penting dalam meningkatkan kualitas udara dengan menyerap polutan dan memberikan ruang untuk perkembangan ekosistem yang sangat dibutuhkan untuk kebutuhan penduduk (Taha, H. 1997).

Kota Makassar merupakan salah satu kota di Indonesia yang merasakan permasalahan perkotaan tersebut, dalam hal ini yaitu perkembangan kota begitu pesat diiringi dengan peningkatan jumlah penduduk. Permasalahan tersebut pula di dorong dengan hierarki Kota Makassar sebagai kota terbesar yang menjadi gerbang di Kawasan Timur Indonesia yang memiliki jumlah penduduk mencapai 1.4 juta jiwa pada tahun 2022. Pertumbuhan yang pesat dapat terlihat pada laju pertumbuhan penduduk di Kota Makassar yang mencapai 1,6%. Dimana presentase tersebut mengartikan bahwa laju pertumbuhan penduduk Kota Makassar masuk ke dalam kategori sedang (BPS Kota Makassar, 2023).

Pertumbuhan penduduk yang terus bertambah sedangkan luas wilayah Kota Makassar yang relatif tetap menjadikan alasan untuk masyarakat menggunakan lahan tidak terbangun sebagai media dalam pemenuhan kebutuhan lahan perukiman dan penyediaan sarana pelayanan umum. Peristiwa tersebut dibukti dari adanya peningkatan lahan terbangun di Kota Makassar yang mencapai 3,59% atau setara dengan 445,43 hektar dari tahun 2017 hingga 2021 (Ridwan dkk., 2022). Berdasarkan beberapa sumber menyebutkan bahwa luas RTH di Kota Makassar masih jauh dari standar minimum yang telah ditetapkan oleh UU Nomor 26 Tahun 2007, dimana Kota Makassar hanya memiliki RTH seluas 1.603,85 hektar atau setara dengan 9,07% dari total luas Kota Makassar. Sedangkan berdasarkan kebutuhan oksigen jumlah penduduk dan jumlah kendaraan di Kota Makassar luas RTH yang dibutuhkan pada tahun 2023 sebesar 278.569 Ha. Artinya, RTH eksisting yang dimiliki oleh Kota Makassar hanya mampu memenuhi kebutuhan oksigen jumlah penduduk dan jumlah kendaraan sebesar 0,58% dari kebutuhan oksigen yang dibutuhkan. Ketimpangan ini menunjukkan adanya defisit RTH yang sangat signifikan, sehingga berpotensi menyebabkan penurunan kualitas udara, memperburuk polusi, serta menambah beban kesehatan masyarakat.

Dalam Mbele dan Setiawan (2015) dituliskan beberapa hasil studi menunjukkan bahwa meskipun RTH pada ketiga lokasi penelitian tersebut sudah mencapai 30% namun beberapa manfaat ekologis masih belum sesuai dengan kebutuhan dan jumlah penduduk, sehingga dapat disimpulkan bahwa penyediaan RTH sebesar 30% belum dapat menjamin keseimbangan ekologis kota, baik sistem hidrologis, dan sistem lainnya. Salah satu ketidakseimbangan ekologi kota yang sering dihadapi adalah polusi udara.

Berdasarkan uraian yang menjelaskan latar belakang, oleh karena itu perlu adanya penelitian yang membahas mengenai kebutuhan RTH berdasarkan kebutuhan oksigen di Kota Makassar dengan melakukan prediksi beberapa tahun ke depan demi menciptakan Kota Makassar sebagai kota sehat yang berkelanjutan.

1.2 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang penelitian, timbul pertanyaan dari penelitian ini yang berjudul “Prediksi Kebutuhan RTH berdasarkan Kebutuhan Oksigen di Kota Makassar” yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana produksi oksigen yang dihasilkan oleh RTH eksisting di Kota Makassar?
2. Bagaimana kebutuhan oksigen berdasarkan jumlah penduduk dan jumlah kendaraan di Kota Makassar tahun 2023, 2029, dan 2034?
3. Bagaimana prediksi luasan RTH untuk memenuhi kebutuhan oksigen di Kota Makassar 2023, 2029, dan 2034?

1.3 Tujuan Penelitian

Melalui pertanyaan penelitian, didapatkan tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu untuk sebagai berikut:

1. Mengetahui produksi oksigen yang dihasilkan oleh RTH eksisting di Kota Makassar.
2. Mengetahui kebutuhan oksigen berdasarkan jumlah penduduk dan jumlah kendaraan di Kota Makassar tahun 2023, 2029, dan 2034.
3. Mengetahui prediksi luasan RTH untuk memenuhi kebutuhan oksigen di Kota Makassar tahun 2023, 2029, dan 2034.

1.4 Manfaat Penelitian

Sesuai dengan pertanyaan latar belakang, pertanyaan penelitian dan tujuan penelitian, maka penulis uraikan beberapa manfaat yang diharapkan dari penelitian ini:

1. Bagi pemerintah: menjadi masukan bagi pemerintah dan instansi-instansi terkait untuk mengupayakan pemenuhan RTH di Kota Makassar sesuai dengan kebutuhan oksigen.
2. Bagi perencana kota: menjadi dasar dalam pengembangan dan pelestarian RTH yang memadai untuk memenuhi kebutuhan oksigen penduduk perkotaan, serta

dalam merancang kebijakan yang berkelanjutan untuk memastikan kualitas udara yang sehat dan lingkungan yang nyaman bagi masyarakat.

3. Bagi masyarakat: diharapkan dapat menjadi informasi terkait semakin berkurangnya RTH serta memberikan masukan dalam pengendalian dan pemanfaatan RTH sebagai media dalam pemenuhan kebutuhan oksigen. Dan juga memberikan kesadaran agar masyarakat dapat berkontribusi dalam upaya pemenuhan kebutuhan RTH.
4. Bagi pelajar atau mahasiswa: memberikan manfaat tentang pemenuhan oksigen melalui pemenuhan kebutuhan RTH serta menjadi acuan sebagai bahan pembelajaran ataupun penelitian yang berhubungan dengan ketersediaan RTH berdasarkan kebutuhan oksigen.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini tentunya menyesuaikan dengan pertanyaan maupun tujuan penelitian yang terbagi menjadi 3, yaitu mengidentifikasi kebutuhan oksigen berdasarkan jumlah penduduk dan jumlah kendaraan, menghitung produksi oksigen dari luas RTH eksisting, dan memprediksi luas RTH yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan oksigen.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ruang Terbuka Hijau (RTH)

Menurut UU Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang menjelaskan bahwa RTH merupakan suatu berbentuk panjang, berjalur atau berkelompok, yang lebih bersifat terbuka dalam penggunaannya dan merupakan tempat tumbuh tanaman yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam. Di dalam peraturan tersebut telah ditetapkan luas minimum RTH dalam suatu wilayah, dimana luas RTH minimal 30% dari luas wilayah yang terdiri dari 20% RTH publik dan 10% RTH privat. Luas minimal RTH yang telah ditetapkan merupakan upaya untuk menjamin keseimbangan ekosistem kota, baik keseimbangan sistem hidrologi dan sistem mikrolimat, maupun sistem ekologis lain, yang selanjutnya akan meningkatkan ketersediaan udara bersih yang dibutuhkan masyarakat, sekaligus dapat meningkatkan nilai estetika kota.

Adapun tujuan dalam penyelenggaraan RTH telah dijelaskan dalam PERMEN PU No. 05/PRTM/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan RTH di Kawasan Perkotaan yakni untuk menjamin tersedianya lahan sebagai area resapan air, menciptakan aspek perencanaan perkotaan melalui keseimbangan antara lingkungan alam dan lingkungan binaan yang kondusif bagi kesejahteraan masyarakat, serta meningkatkan lingkungan perkotaan untuk menjamin lingkungan perkotaan yang aman, nyaman, segar, indah, dan bersih. Terdapat pula fungsi RTH yang terdiri dari 2 fungsi yaitu fungsi utama (intrinsik) dan fungsi tambahan (ekstrinsik), berikut adalah fungsi RTH berdasarkan klasifikasinya.

2.1.1 Fungsi utama RTH

Adapun fungsi utama (intrinsik) dari RTH yaitu fungsi ekologis. Dari fungsi ekologis tersebut pula dirincikan dalam beberapa fungsinya, berikut fungsi ekologi yang dimaksud:

1. Memastikan penyediaa RTH menjadi bagian dari sistem sirkulasi udara (paru-paru kota);

2. Pengontrol iklim mikro untuk sistem sirkulasi udara dan air yang beroperasi dengan lancar secara alami;
3. Sebagai peneduh;
4. Penghasil oksigen;
5. Penyerap air hujan;
6. Penyedia habitat satwa;
7. Menyerap polutan media dara, air, dan tanah, serta;
8. Penahan angin

2.1.2 Fungsi tambahan RTH

Adapun fungsi tambahan (ekstrinsik) dari RTH terdiri dari 3 fungsi yaitu fungsi sosial dan budaya, fungsi ekonomi, dan fungsi estetik. Ketiga fungsi tersebut dirincikan lagi berdasarkan fungsinya, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada penjelasan berikut ini:

1. Fungsi sosial dan budaya:
 - a. Menggambarkan ekspresi budaya lokal;
 - b. Merupakan media komunikasi warga kota;
 - c. Tempat rekreasi;
 - d. Wadah dan objek pendidikan, penelitian, dan pelatihan dalam mempelajari alam.
2. Fungsi ekonomi
 - a. Sumber produk yang bisa dijual, seperti tanaman bunga, buah, daun, sayur mayur;
 - b. Bisa menjadi bagian dari usaha pertanian, perkebunan, kehutan dan lain-lain.
3. Fungsi Estetik:
 - a. Meningkatkan kenyamanan, memperindah lingkungan kota baik dari skala mikro: halaman rumah, lingkungan permukiman, maupun makro: lanskap kota secara keseluruhan;
 - b. Menstimulasi kreativitas dan produktivitas warga kota;
 - c. Pembentuk faktor keindahan arsitektural;
 - d. Menciptakan suasana serasi dan seimbang antara area terbangun dan tidak terbangun.

Pada kawasan perkotaan, empat fungsi utama dapat dikombinasi seperti perlindungan tata air, keseimbangan ekologi, dan konservasi hayati, tergantung pada kebutuhan, kepentingan, dan keberlanjutan kota

2.1.3 Tipologi RTH

Adapun tipologi RTH yang telah dijabarkan dalam PERMEN PU No. 05/PRT/M/2008 terbagi menjadi beberapa klasifikasi. Berikut adalah Tabel 1 yang menampilkan tipologi RTH:

Tabel 1. Tipologi RTH

	Fisik	Fungsi	Struktur	Kepemilikan
RTH (RTH)	RTH Alami	Ekologis Sosial Budaya	Pola Ekologis	RTH Publik
	RTH Non Alami	Estetika Ekonomi	Pola Planologis	RTH Privat

Sumber: PERMEN PU No. 05/PRT/M/2008

Dari Tabel 1 dapat terlihat tipologi RTH yang terbagi menjadi 4 klasifikasi terbagi lagi menjadi beberapa jenis. Jika dilihat berdasarkan fisik RTH terbagi menjadi 2, berdasarkan fungsi terbagi menjadi 4 dan berdasarkan struktur dan kepemilikan masing-masing terbagi menjadi 2. Secara fisik RTH terbagi menjadi RTH alami berupa habitat liar alami, kawasan lindung, hingga taman-taman nasional serta RTH non alami atau buatan seperti taman, lapangan olahraga, pemakaman, dan jalur-jalur hijau jalan. Dilihat dari fungsi RTH dibedakan sebagai fungsi ekologis, sosial budaya, estetika, hingga ekonomi. Secara struktur RTH dibedakan dengan melihat struktur yang dapat mengikuti pola ekologis dan pola planologis. Sedangkan dari segi kepemilikannya, RTH dibedakan menjadi RTH publik dan RTH privat Untuk lebih detail, berikut merupakan tabel yang menampilkan RTH berdasarkan status kepemilikannya yang ditampilkan pada Tabel 2:

Tabel 2. Jenis-jenis RTH berdasarkan status kepemilikan

No	Jenis	RTH Publik	RTH Privat
1	RTH Pekarangan		
	a. Pekarangan rumah tinggal		✓
	b. Halaman perkantoran, pertokoan, dan tempat usaha		✓
	c. Taman atap bangunan		✓
2	RTH Taman dan Hutan Kota		
	a. Taman RT	✓	✓
	b. Taman RW	✓	✓

No	Jenis	RTH Publik	RTH Privat
	c. Taman Kelurahan	✓	✓
	d. Taman Kecamatan	✓	✓
	e. Taman Kota	✓	
	f. Hutan Kota	✓	
	g. Sabuk Hijau (<i>green belt</i>)	✓	
3	RTH Jalur Hijau Jalan		
	a. Pulau jalan dan median jalan	✓	✓
	b. Jalur pejalan kaki	✓	✓
	c. Ruang di bawah jalan layang	✓	
4	RTH Fungsi Tertentu		
	a. RTH sempadan rel kereta api	✓	
	b. Jalur hijau jaringan listrik tegangan tinggi	✓	
	c. RTH sempadan sungai	✓	
	d. RTH sempadan pantai	✓	
	e. RTH pengamanan sumber air baku/mata air	✓	
	f. Pemakaman	✓	

Sumber: PERMEN PU No. 05/PRT/M/2008

2.1.4 Kebutuhan RTH berdasarkan kebutuhan oksigen

RTH memiliki peran penting dalam menyerap karbon dioksida (CO₂) juga menghasilkan oksigen (O₂) melalui proses fotosintesis yang terjadi pada tanaman (Munfarida Ida & Dyah, 2019). Manusia menjadikan oksigen sebagai kebutuhan utama untuk bertahan hidup, dimana manusia membutuhkan oksigen sebesar 600 liter/hari atau setara dengan 0,864 kilogram/hari (Wisera dalam Darettamarlan dkk, 2022). Dalam pemenuhan RTH berdasarkan kebutuhan oksigen juga memperhatikan atau mempertimbangkan kebutuhan oksigen dari kendaraan. Sehingga luas RTH pada suatu kota yang dibutuhkan berdasarkan kebutuhan oksigen manusia dan kendaraan dapat dihitung menggunakan Metode Gerarkis yang tercantum dalam PERMEN PU No. 05/PRT/M/2008 dengan persamaan sebagai berikut:

$$Lt = \frac{Pt+Kt}{(54)(0,9375)} \dots \dots \dots (1)$$

dimana;

Lt adalah luas RTH pada tahun ke t (m²)

Pt Adalah jumlah kebutuhan oksigen berdasarkan penduduk pada tahun ke t

Kt Adalah jumlah kebutuhan oksigen berdasarkan kendaraan pada tahun ke t

54 adalah tetapan yang menunjukkan bahwa 1 m² luas lahan menghasilkan 54 gram berat kering tanaman per hari

0,9375 adalah tetapan yang menunjukkan bahwa 1 gram berat kering tanaman adalah setara dengan produksi oksigen 0,9375 gram

Dengan beberapa asumsi yang digunakan dalam penulisan ini yakni sebagai berikut:

1. Setiap harinya, tiap-tiap manusia memerlukan jumlah oksigen yang konsisten atau tetap yaitu 600 liter/hari atau setara dengan 0,864 kg/hari.
2. Kendaraan bermotor membutuhkan oksigen yang berbeda-beda berdasarkan jenis kendaraan bermotornya, berikut adalah Tabel 3 yang menampilkan informasi berupa kebutuhan oksigen berdasarkan jenis kendaraan bermotor:

Tabel 3. Kebutuhan oksigen berdasarkan jenis kendaraan bermotor

No	Jenis Kendaraan	Daya Minimal (PS)	Kebutuhan Bahan Bakar (Kg/PS)	Kebutuhan Oksigen Tiap 1 Liter BB (Kg)	Kebutuhan Oksigen (Kg/Hari)	Kebutuhan Oksigen (gram/Hari)
1	Sepeda Motor	1	0,21	2,77	0,5817	581,7
2	Kendaraan Penumpang	20	0,21	2,77	11,634	11.634
3	Kendaraan Truk	50	0,21	2,77	29,085	29.085
4	Kendaraan Bus	100	0,16	2,86	45,76	45.760

Sumber: PERMEN PU No. 05/PRT/M/2008

2.2 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Analisis NDVI digunakan untuk mengidentifikasi luas RTH dan mengetahui klasifikasi kerapatan vegetasi. Yang mana, analisis NDVI adalah index vegetasi yang digunakan untuk mengukur keseimbangan antara sinar panjang dan sinar merah dalam spektrum *wavelength*. NDVI memiliki nilai antara -1 dan 1, dimana nilai positif berarti vegetasi yang kuat, sedangkan nilai negatif berarti vegetasi yang rendah atau hampir tidak ada.

Untuk mengidentifikasi luas RTH, NDVI digunakan untuk membedakan vegetasi hijau dari vegetasi lainnya. Vegetasi hijau, seperti hutan, padi, dan sawah, akan memiliki nilai NDVI yang lebih tinggi daripada vegetasi lainnya, seperti tanah, air, dan bangunan. Ini karena vegetasi hijau memiliki sinar panjang yang lebih banyak dibandingkan dengan vegetasi lainnya. Hal ini sama seperti yang

dilakukan oleh Purboyo, dkk (2021) yang mengidentifikasi RTH pada suatu wilayah menggunakan analisis NDVI.

Untuk mengetahui klasifikasi kerapatan vegetasi, NDVI digunakan untuk membedakan vegetasi yang kuat dari vegetasi yang rendah. Vegetasi yang kuat akan memiliki nilai NDVI yang lebih tinggi daripada vegetasi yang rendah. Adapun cara analisis NDVI dalam mengklasifikasi kerapatan vegetasi atau membedakan lahan bervegetasi dengan lahan tak bervegetasi dengan memanfaatkan perbedaan tingkat reflektansi cahaya merah (*RED*) dan inframerah dekat (*NIR*) untuk mengidentifikasi area vegetasi dan non-vegetasi. Vegetasi hijau cenderung menyerap sebagian besar cahaya merah karena adanya klorofil, tetapi memantulkan inframerah dekat dengan kuat karena struktur jaringan daun. Sebaliknya, lahan yang tidak bervegetasi, seperti perairan, permukiman, atau tanah kosong, tidak memiliki pola penyerapan dan pantulan yang sama. Sehingga vegetasi yang kuat akan memiliki sinar panjang yang lebih banyak dibandingkan dengan vegetasi yang rendah. Formula yang untuk menghitung nilai NDVI adalah:

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \dots \dots \dots (2)$$

dimana;

NIR Reflektansi band inframerah dekat untuk sebuah sel

Red Reflektansi band merah untuk sebuah sel

Tabel 4. Kelas *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI)

Kelas	Nilai Indeks Vegetasi	Kerapatan Vegetasi	Jenis RTH
1	< 0	Non RTH	Tubuh air seperti sungai, danau, dan permukaan lahan tertutup
2	0 – 0,1	Sangat rendah	Permukiman lahan terbuka yang dilapisi dengan aspal atau paving maupun jalan aspal
3	0,1 – 0,5	Rendah	Lapangan kosong, tanpa dilapisi dengan aspal atau paving
4	0,5 – 0,7	Sedang	Campuran, vegetasi, rerumputan, padang golf, alang-alang
5	> 0,7	Tinggi	Vegetasi berhutan

Sumber: Purboyo, dkk (2021)

2.3 Citra Sentinel-2

Citra Sentinel-2 merupakan salah satu jenis citra satelit yang sangat terkenal dan banyak digunakan dalam berbagai bidang penelitian, terutama karena keunggulannya dalam hal resolusi spasial yang tinggi. Resolusi ini memungkinkan pengambilan data dengan tingkat detail yang sangat baik dari permukaan Bumi, sehingga memfasilitasi berbagai analisis yang memerlukan ketelitian tinggi, seperti pemetaan penggunaan lahan, monitoring lingkungan, serta analisis vegetasi dan kualitas air. Kelebihan ini membuat Sentinel-2 menjadi pilihan yang sangat efektif dalam penelitian geospasial dan pemantauan perubahan permukaan Bumi secara berkala.

Selain memiliki resolusi spasial yang unggul, citra Sentinel-2 juga dilengkapi dengan lebar jalur (swath) yang cukup luas, yang memungkinkan satelit ini untuk mencakup area yang lebih besar dalam satu kali pengambilan gambar. Hal ini sangat penting dalam konteks pemetaan wilayah skala besar atau pemantauan yang memerlukan cakupan area yang luas namun tetap mempertahankan tingkat detail yang memadai. Kemampuan mencakup area yang luas dalam waktu singkat juga meningkatkan efisiensi pengumpulan data dan memungkinkan pemantauan yang lebih cepat dan akurat di berbagai lokasi di permukaan Bumi.

Satelit Sentinel-2 dirancang untuk terbang pada orbit yang konsisten dengan pergeseran bertahap sebesar 180° antara setiap satelit yang beroperasi dalam konstelasi ini. Hal ini memastikan bahwa citra satelit dapat diambil secara berulang pada lokasi yang sama setiap lima hari sekali, yang sangat ideal untuk keperluan pemantauan temporal seperti deteksi perubahan penggunaan lahan, analisis pertumbuhan vegetasi, atau perubahan iklim lokal. Periode rekam ulang yang singkat ini menjadikannya alat yang sangat andal untuk memonitor perubahan jangka pendek dan fenomena yang berkembang dengan cepat.

Lebih lanjut, satelit Sentinel-2 dilengkapi dengan 13 band spektral yang berbeda, masing-masing memiliki fungsi dan resolusi tersendiri, yang memberikan fleksibilitas dalam analisis citra. Band-band spektral ini mencakup berbagai panjang gelombang, mulai dari cahaya tampak hingga inframerah dekat dan inframerah gelombang pendek, yang memungkinkan identifikasi dan analisis lebih mendalam terhadap berbagai karakteristik permukaan Bumi. Dengan variasi

resolusi dan panjang gelombang ini, satelit dapat digunakan untuk berbagai tujuan ilmiah, termasuk pemantauan kondisi tanaman, analisis kesehatan ekosistem, pengelolaan sumber daya alam, serta mitigasi bencana.

Berikut ini adalah rincian resolusi berdasarkan band spektral yang dimiliki oleh Sentinel-2, yang mengilustrasikan kemampuan unik satelit ini dalam menangkap informasi yang beragam dari permukaan Bumi dalam spektrum elektromagnetik yang berbeda.

1. Resolusi spasial 10 m sebanyak 4 band (Band 2, Band 3, Band 4, dan Band 8);
2. Resolusi spasial 20 m sebanyak 6 band (Band 5, Band 6, Band 7, Band 8A, Band 11, dan Band 12), dan
3. Resolusi spasial 60 m sebanyak 3 band (Band 1, Band 9, dan Band 10)

Berikut Tabel 5 yang menampilkan informasi berupa spesifikasi mulai dari nomor band, nama spektral, panjang gelombang hingga pada resolusinya.

Tabel 5. Spesifikasi Sentinel-2

Saluran	Nama Spektral	Panjang Gelombang (nm)	Resolusi (m)
Band 1	Coastal/Aerosol	443	60
Band 2	Blue	490	10
Band 3	Green	560	10
Band 4	Red	665	10
Band 5	Vegetation Red Edge	705	20
Band 6	Vegetation Red Edge	740	20
Band 7	Vegetation Red Edge	783	20
Band 8	NIR	842	10
Band 8A	Vegetation Red Edge	865	20
Band 9	Water Vapour	945	60
Band 10	SWIR-Cirrus	1.375	60
Band 11	SWIR	1.610	20
Band 12	SWIR	2.190	20

Sumber: Putri, dkk (2021) & ESA Standard Document (2015)

2.4 Penelitian Terdahulu

Untuk mendukung penelitian ini, penulis merangkum hasil-hasil penelitian terdahulu yang terkait erat sebagai acuan dan pembanding. Penelitian-penelitian tersebut disusun dalam Tabel 6 sebagai landasan untuk memperkuat penelitian yang sedang dilakukan..

Tabel 6. Penelitian terdahulu

No	Penulis	Judul Penelitian	Tujuan	Teknik Analisis Data	Output Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1	Ronnawan Juniatmoko (2021), GeoEco	<i>Estimed Supply of Green Open Space is Based on Oxygen Comsumption and Micro Temperatures in Caruban City</i> (Perkiraan Pasokan RTH Berdasarkan Konsumsi Oksigen dan Suhu di Caruban City)	Untuk menghitung suhu ideal dan juga kebutuhan oksigen berdasarkan jumlah penduduk dan jumlah kendaraan.	1. Formula Thom 2. Metode Gerakis	Kota Caruban memiliki suhu ideal 24,9°C - 27,5°C, dengan RTH seluas 87,20 hektar, masih kurang 45,66 hektar dari kebutuhan. Penelitian ini diharapkan memberikan rekomendasi untuk penerapan UU Tata Ruang No. 26 Tahun 2007 guna meningkatkan kenyamanan lingkungan.	Penggunaan metode	Penelitian ini mempertimbangkan suhu ideal dalam menentukan wilayah prioritas untuk pemenuhan kebutuhan RTH berdasarkan kebutuhan oksigen, sedangkan pada penelitian penulis melakukan prediksi kebutuhan RTH pada tahun 2023, 2029, dan 2034.
2	Dianovita dan Siwi S E (2019), IOP Conference Series: EaRTH and Enviromental Sciemce	<i>The Analysis of The Need and Availability of Green Open Based on the Oxygen Demand in Depok City, West Java, Indonesia</i> (Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan RTH Berdasarkan	Untuk menghitung luas RTH eksisting dan menghitung kebutuhan oksigen berdasarkan jumlah penduduk dan kendaraan.	1. Analisis <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI) 2. Metode Gerakis	Luasan RTH di Kota Depok pada tahun 2015 adalah 7.430.383 Ha, cukup berdasarkan aturan 30% dari total luas. Namun, pada tahun 2017, luasnya menurun menjadi kurang dari yang direkomendasikan, yaitu 6 Ha. Meskipun pada tahun-tahun tersebut vegetasi RTH mencukupi kebutuhan oksigen, namun perlu	Penggunaan teknik analisis dan metod, serta variabel yang digunakan.	Dalam melakukan analisis NDVI penulis menggunakan citra Sentinel-2 sedangkan penelitian ini menggunakan citra Landsat 8. Data jumlah penduduk dan jumlah kendaraan pada penelitian yang dilakukan penulis diproyeksi untuk mengetahui prediksi kebutuhan RTH tahun 2029 dan 2034.

No	Penulis	Judul Penelitian	Tujuan	Teknik Analisis Data	Output Penelitian	Persamaan	Perbedaan
		Kebutuhan Oksigen di Kota Depok, Jawa Barat, Indonesia)			dipertimbangkan peningkatan pertumbuhan penduduk dan kendaraan bermotor untuk menentukan apakah vegetasi tersebut masih mencukupi atau perlu ditingkatkan.		
3	Abdul Wahid dkk (2021), Atlantis Press	<i>Green Space Based on Oxygen Needs Post-Disaster in Palu City, Central Sulawesi, Indonesia</i> (RTH berdasarkan Kebutuhan Oksigen Pasca Bencana di Kota Palu)	Untuk mengetahui RTH berdasarkan kebutuhan oksigen penduduk di Kota Palu tahun 2019	Metode Gerakis	Kota Palu membutuhkan 197,43 ha RTH (RTH) untuk oksigen penduduk pada 2019, jauh dari 1.679,51 ha luas RTH aktual. Namun, 3 Kecamatan di pusat Kota Palu, termasuk Palu Barat, Timur, dan Selatan, belum memenuhi kebutuhan oksigen karena perubahan fungsi lahan dari RTH menjadi pemukiman..	Penggunaan metode	Pada penelitian yang penulis lakukan terdapat produksi oksigen berdasarkan RTH eksisting yang teridentifikasi menggunakan analisis NDVI dan data jumlah penduduk dilakukan proyeksi untuk mengetahui prediksi kebutuhan RTH tahun 2029 dan 2034.
4	Wahyu Fahreza dkk (2022), Jurnal Geografi, Universitas Negeri Medan	<i>Analysis of the Need for Green Open Space Based on Oxygen Requirement in Medan City</i> (Analisis Kebutuhan RTH Berdasarkan	Untuk mengetahui persebaran RTH, menghitung kebutuhan oksigen berdasarkan jumlah penduduk, kendaraan, dan kawasan industri, serta menghitung kebutuhan dan kecukupan RTH	1. Interpretasi citra 2. Analisis data spasial 3. Metode Gerakis	Kota Medan membutuhkan 101,74 km ² RTH untuk memenuhi kebutuhan oksigen, namun konsumsi oksigen mencapai 5.150.425,98 kg/hari. Pemerintah perlu mengkonversi sekitar ± 15	Penggunaan metode	Penelitian ini mempertimbangkan kawasan industri untuk menghitung kebutuhan oksigen, sedangkan penelitian penulis mengabaikan kebutuhan oksigen berdasarkan kawasan industri.

No	Penulis	Judul Penelitian	Tujuan	Teknik Analisis Data	Output Penelitian	Persamaan	Perbedaan
		Kebutuhan Oksigen di Kota Medan)	berdasarkan kebutuhan oksigen, dan juga merumuskan arahan untuk pengembangan RTH.		km2 wilayah menjadi RTH. Pengembangan tersebut dapat dilakukan dengan manajemen yang baik, sinergi alam dan buatan, transportasi publik, kebijakan penduduk, dan pemanfaatan sumber daya air dan energi, sesuai prinsip pembangunan berkelanjutan.		
5	Rasendriya Ramadhan Darettamarlan dkk (2022), Jurnal Pengelolaan Sumbidaya Alam dan Lingkunga, Institut Pertanian Bogor	<i>The Analyze of Green Space Needs in Surabaya City Using Gerarkis Method for 2010–2020</i> (Analisis Kebutuhan Ruang Hijau di Kota Surabaya Menggunakan Metode Gerarkis Tahun 2010–2020)	Memprediksi kebutuhan akan RTH berdasarkan kebutuhan oksigen (jumlah penduduk, kendaraan, hewan ternak, pabrik industri, dan hotel)	Metode Gerarkis	Kota Surabaya membutuhkan RTH sepanjang 11 tahun, dengan luas yang bertambah dari 22.088,89 hektar pada tahun 2010 menjadi 32.113,58 hektar pada tahun 2020. Kebutuhan tersebut meningkat kecuali pada tahun 2015 dan 2020. Penambahan RTH yang sesuai dengan jumlah pengguna diperlukan untuk meningkatkan kualitas udara dan memenuhi kebutuhan oksigen di Kota Surabaya.	Penggunaan metode	Pada penelitian yang penulis lakukan tidak menggunakan data hewan ternak, industri, dan hotel. Sedangkan penelitian ini memasukkan data-data tersebut.

No	Penulis	Judul Penelitian	Tujuan	Teknik Analisis Data	Output Penelitian	Persamaan	Perbedaan
6	Mari Ulfa dan Fazriyas (2020), Jurnal Sylva Lestari	RTH Publik di Kota Jambi Berbasis Jumlah Penduduk dan Kebutuhan Oksigen	Mengetahui kondisi RTH eksisting Kota Jambi, menghitung kebutuhan RTH Kota Jambi berdasarkan jumlah penduduk, dan menghitung RTH Kota Jambi berdasarkan kebutuhan oksigen	1. Kajian Literatur 2. Metode Gerakis	Luas RTH publik di Kota Jambi saat ini 167,18 ha, namun cenderung berkurang setiap tahunnya. Idealnya, Kota Jambi membutuhkan 4.111,6 ha RTH publik atau 20% dari luas wilayahnya. Berdasarkan pertambahan penduduk, Kota Jambi membutuhkan 1.217,97 ha RTH pada 2020 dan akan terus meningkat tiap tahunnya. Begitu pula, berdasarkan kebutuhan oksigen, Kota Jambi membutuhkan 537,03 ha RTH pada 2020, dengan kebutuhan yang meningkat tiap tahunnya.	Menggunakan metode Gerarkis untuk mengetahui kebutuhan RTH berdasarkan kebutuhan oksigen.	Pada penelitian yang penulis lakukan terdapat jumlah produksi oksigen dari RTH menggunakan analisis NDVI dan juga pada penelitian yang dilakukan penulis menggunakan data jumlah kendaraan. Sedangkan penelitian ini tidak menghitung kebutuhan oksigen dari RTH eksisting.
7	Muhammad Akbar Fauzy dan Verry Damayanti (2023), Bandung Conference Series: Urban & Regional Planning,	Analisis Pemenuhan RTH (RTH) Berdasarkan Kebutuhan Oksigen di Kecamatan Cianjur	Mengidentifikasi jumlah oksigen yang dihasilkan oleh RTH eksisting di Kecamatan Cianjur pada tahun 2021, Mengidentifikasi jumlah kebutuhan konsumen oksigen di Kecamatan Cianjur pada tahun 2021 yang	Metode Gerakis	Luas RTH (RTH) di Kecamatan Cianjur pada tahun 2021 adalah 50,03 hektar, menghasilkan oksigen sebanyak 25.329,003 kg/hari. Namun, kebutuhan oksigen untuk penduduk, kendaraan, dan industri di kecamatan tersebut pada	Tujuan penelitian dan penggunaan metode	Pada penelitian yang dilakukan oleh penulis tidak menggunakan data industri, mengetahui produksi oksigen melalui RTH yang teridentifikasi menggunakan analisis NDVI, dan data yang digunakan dilakukan proyeksi untuk

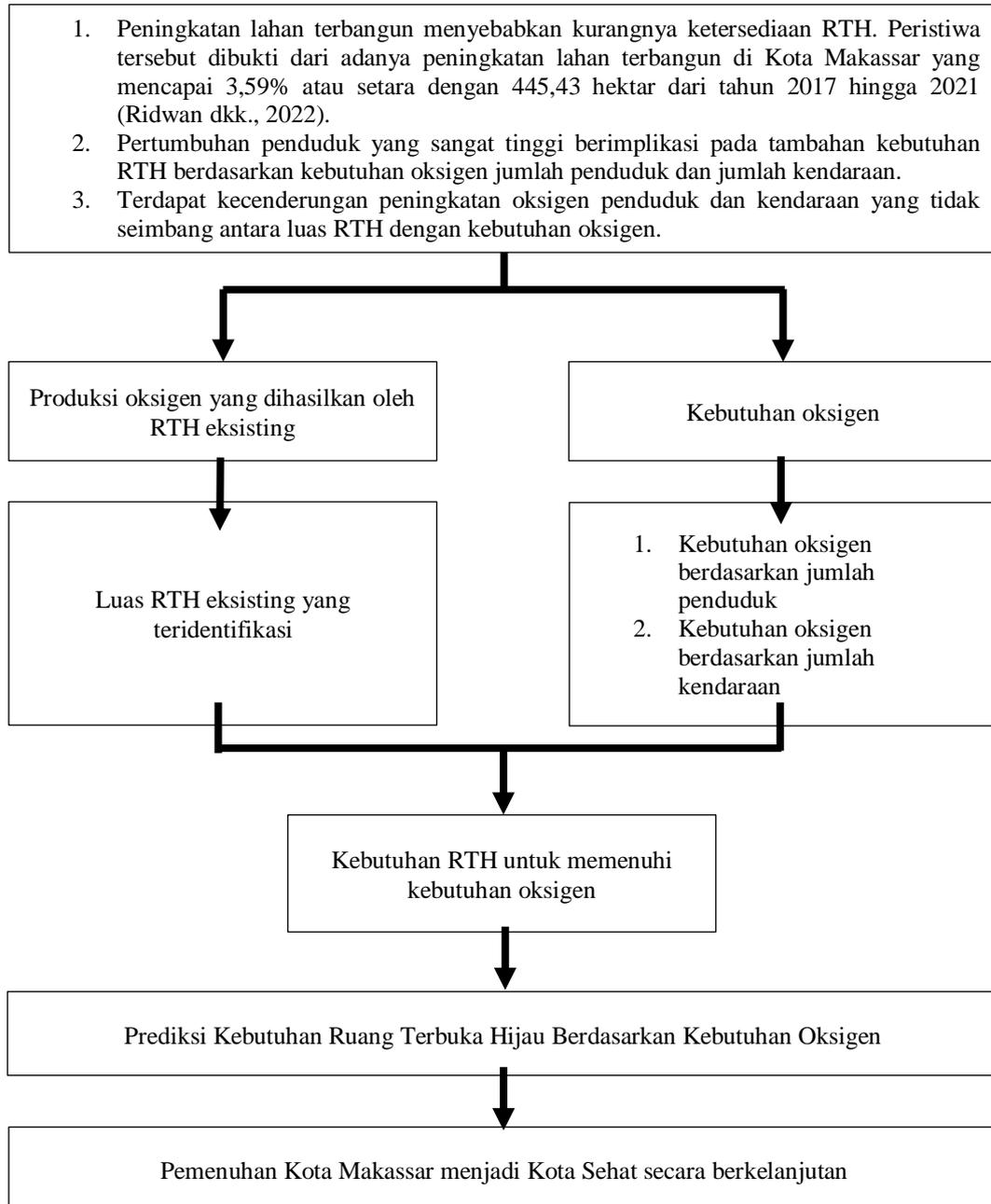
No	Penulis	Judul Penelitian	Tujuan	Teknik Analisis Data	Output Penelitian	Persamaan	Perbedaan
	Universitas Islam Bandung		diasumsikan hanya digunakan oleh penduduk, kendaraan bermotor, dan industri, serta mengidentifikasi kebutuhan luas RTH di Kecamatan Cianjur pada tahun 2021 untuk memenuhi kebutuhan oksigen kewasannya		tahun yang sama adalah 378.929,80 kg/hari. Dengan demikian, terdapat defisit oksigen sebesar 353.600,79 kg/hari. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, diperlukan tambahan RTH seluas 698,47 ha, atau sekitar 27,72% dari total luas wilayah kecamatan.		mengetahui kebutuhan oksigen di tiap-tiap kecamatan Kota Makassar pada tahun 2029 dan 2034. Sedangkan penelitian ini fokus pada tahun 2021.
8	Prima Jiwa Osly dkk (2021)	Analisis Kebutuhan RTH Berdasarkan Kebutuhan Oksigen di Kota Administrasi Jakarta Pusat	Menghitung kebutuhan RTH berdasarkan kebutuhan oksigen, mengidentifikasi preferensi masyarakat terhadap RTH	1. Metode Gerarkis 2. <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	RTH Kota Jakarta Pusat perlu tambahan area sebesar 538,72 hektar untuk memenuhi syarat UU No 26 tahun 2007, dengan hanya 18,81% dari target terpenuhi pada 2021. Hasil analisis preferensi menunjukkan bahwa stakeholder di kota tersebut mengutamakan aspek lingkungan (65,47%) dan ekonomi (18,43%). Program penghijauan (45,60%) dan pariwisata (18,20%) diutamakan dalam pengembangan RTH.	Penggunaan metode	Pada penelitian yang dilakukan oleh penulis melakukan prediksi kebutuhan RTH berdasarkan kebutuhan oksigen pada tahun 2023, 2029, dan 2034. Sedangkan penelitian ini fokus pada kebutuhan RTH pada tahun 2021.

2.5 Kerangka Pikir

Pertumbuhan lahan terbangun yang signifikan akibat peningkatan jumlah penduduk yang sangat tinggi telah menyebabkan berkurangnya ketersediaan RTH. Kondisi ini berdampak pada manfaat ekologis, khususnya dalam hal pemenuhan kebutuhan oksigen di lingkungan perkotaan. Salah satu fungsi utama RTH adalah menghasilkan oksigen yang diperlukan untuk menjaga kualitas udara dan mendukung kehidupan manusia. Namun, produksi oksigen yang dihasilkan oleh RTH eksisting belum mencapai tingkat yang optimal untuk memenuhi kebutuhan oksigen yang semakin meningkat, baik dari penduduk maupun kendaraan.

Analisis kebutuhan oksigen ini didasarkan pada dua faktor utama, yaitu jumlah penduduk dan jumlah kendaraan di wilayah tersebut. Setiap individu dan kendaraan membutuhkan suplai oksigen yang memadai, yang seharusnya disediakan melalui proses alami dari vegetasi di RTH. Oleh karena itu, identifikasi luas RTH eksisting menjadi penting untuk memahami seberapa besar kapasitas produksi oksigen yang ada saat ini.

Selanjutnya, dilakukan prediksi kebutuhan RTH yang ideal untuk memenuhi kebutuhan oksigen masa depan, yang diproyeksikan berdasarkan pertumbuhan penduduk dan jumlah kendaraan. Hasil prediksi ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai luas RTH yang perlu disediakan untuk menjaga keseimbangan ekosistem serta keberlanjutan kualitas lingkungan di lokasi penelitian yakni 14 kecamatan Kota Makassar pada tahun 2023, 2029, dan 2034. Pada Gambar 1 menampilkan kerang pikir dari penelitian ini:



Gambar 1 Kerangka pikir