

**ANALISIS DINAMIKA TUTUPAN LAHAN DAN STOK KARBON DI
KOTA METRO TAHUN 2014 DAN 2024**

(Skripsi)

**Oleh :
M.Reyhan Alfarizi
(2015071080)**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**ANALISIS DINAMIKA TUTUPAN LAHAN DAN STOK KARBON DI
KOTA METRO TAHUN 2014 DAN 2024**

**Oleh :
M.Reyhan Alfarizi
(2015071080)**

(Skripsi)

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

**Pada
Jurusan Teknik Geodesi Geomatika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

**ANALISIS DINAMIKA TUTUPAN LAHAN DAN STOK KARBON DI
KOTA METRO TAHUN 2014 DAN 2024**

Oleh :

M.Reyhan Alfarizi

Perubahan tutupan lahan adalah hal yang tidak dapat dihindari, terutama di area perkotaan seperti Kota Metro, karena pertumbuhan penduduk dan pembangunan wilayah yang sangat pesat. Perubahan lahan yang sebelumnya berupa vegetasi, seperti hutan dan pertanian, menjadi area yang sudah terbangun dapat mengurangi kualitas lingkungan dan jumlah cadangan karbon di wilayah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan tutupan lahan, menghitung jumlah karbon yang tersimpan, serta mengetahui perubahan jumlah karbon di Kota Metro dalam waktu sepuluh tahun, yaitu dari tahun 2014 hingga 2024.

Data yang digunakan berupa citra satelit *Landsat 8 OLI/TIRS* tahun 2014 dan 2024, batas administrasi Kota Metro, serta tabel nilai konstanta stok karbon tiap kelas tutupan lahan. Metode yang digunakan klasifikasi terbimbing (*Maximum Likelihood Classification*), uji akurasi menggunakan 40 titik sampel, serta perhitungan stok karbon dengan pendekatan nilai konstanta karbon per hektar dan menghitung perubahan stok karbon menggunakan metode *stock difference*.

Penelitian menunjukkan bahwa dalam sepuluh tahun terakhir, luas hutan tanaman mengalami penurunan dari 1.403,01 hektar pada tahun 2014 menjadi 446,51 hektar pada tahun 2024. Sementara itu, luas lahan pertanian kering meningkat dari 2.681,42 hektar menjadi 2.776,70 hektar, lahan sawah meningkat dari 1.690,38 hektar menjadi 2.222,41 hektar, dan lahan terbangun bertambah dari 1.534,26 hektar menjadi 1.863,45 hektar. Perubahan utama terjadi pada lahan vegetasi, seperti hutan tanaman dan lahan pertanian, menjadi lahan terbangun. Berdasarkan perhitungan, total stok karbon di Kota Metro pada tahun 2014 mencapai 127.658,09 ton karbon, sedangkan pada tahun 2024 menurun menjadi 70.105,71 ton karbon.

Kata Kunci: Tutupan lahan, Stok karbon, Kota Metro.

ABSTRACT

LAND COVER DYNAMICS ANALYSIS AND CARBON STOCK CALCULATION IN METRO CITY IN 2014 AND 2024

By:

M. Reyhan Alfarizi

Land cover change is unavoidable, especially in urban areas like Metro City, due to rapid population growth and regional development. The conversion of previously vegetated land, such as forests and agricultural areas, into built-up areas can reduce environmental quality and carbon stocks in the area. This study aims to determine land cover changes, calculate the amount of carbon stored, and determine changes in carbon levels in Metro City over a ten-year period, from 2014 to 2024. The data used are Landsat 8 OLI/TIRS satellite imagery from 2014 and 2024, the administrative boundaries of Metro City, and a table of carbon stock constant values for each land cover class. The method used is supervised classification (Maximum Likelihood Classification), accuracy testing using 40 sample points, and carbon stock calculations using the carbon constant value approach per hectare and calculating carbon stock changes using the stock difference method. Research shows that in the last ten years, the area of planted forests has decreased from 1,403.01 hectares in 2014 to 446.51 hectares in 2024. Meanwhile, the area of dry agricultural land increased from 2,681.42 hectares to 2,776.70 hectares, rice fields increased from 1,690.38 hectares to 2,222.41 hectares, and built-up land increased from 1,534.26 hectares to 1,863.45 hectares. The main changes occurred in vegetation land, such as planted forests and agricultural land, to built-up land. Based on calculations, the total carbon stock in Metro City in 2014 reached 127,658.09 tons of carbon, while in 2024 it decreased to 70,105.71 tons of carbon.

Keywords: Land cover, Carbon stock, Metro City.

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : **ANALISIS DINAMIKA TUTUPAN
LAHAN DAN STOK KARBON DI KOTA
METRO TAHUN 2014 DAN 2024**

Nama Mahasiswa : M. Reyhan Alfarizi

Nomor Pokok Mahasiswa : 2015071080

Program Studi : Teknik Geodesi

Fakultas : Teknik



Pembimbing 1

Pembimbing 2

Dr. Fajriyanto, S.T., M.T
NIP. 197203022006041002

Rahma Anisa, S.T., M.Eng
NIP 199307162020122032

2. Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

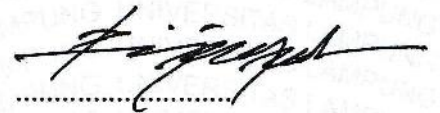
Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM
NIP 19641012199203100

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.

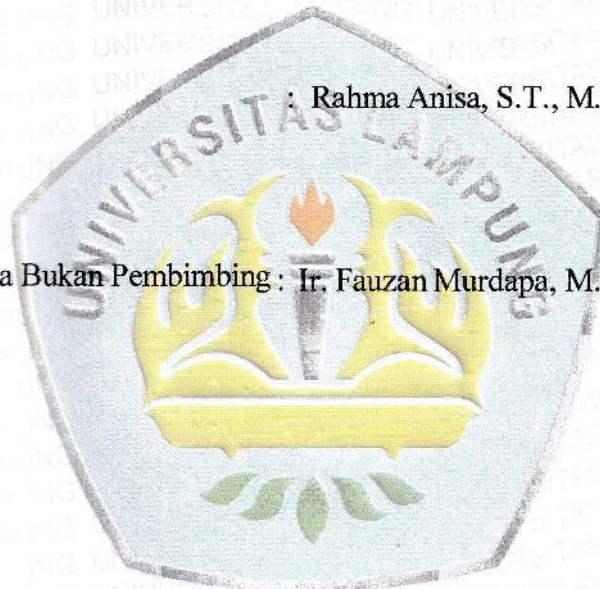


Sekretaris

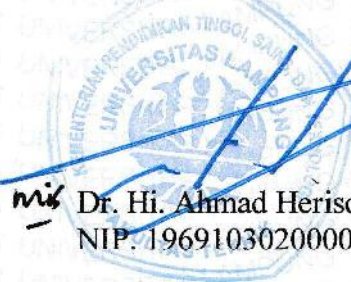
: Rahma Anisa, S.T., M.Eng.



Penguji Utama Bukan Pembimbing : Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung




Dr. Hi. Ahmad Herison, S.T., M.T.
NIP. 196910302000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 18 Desember 2025

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Dengan ini penulis menyatakan bahwa skripsi berjudul "Analisis Dinamika Tutupan Lahan dan Stok Karbon di Kota Metro Tahun 2014 dan 2024". Adalah karya penulis sendiri, dan penulis tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain, kecuali secara tertulis dirujuk dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila pernyataan penulis tidak benar, maka penulis bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 22 Januari 2026



M. Reyhan Alfarizi
2015071080

Riwayat Hidup



Penulis lahir di Kotabumi kabupaten Lampung Utara pada tanggal 22 Desember 2001 yang merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Damiri dan Ibu Elida. Jenjang akademis penulis di mulai dengan menyelesaikan pendidikan di Taman Kanak – Kanak (TK) Ibnurusyd Kotabumi Lampung Utara pada tahun 2007, Sekolah Dasar (SD) SDIT Insan Rabbani Kotabumi Lampung Utara pada tahun 2013, Sekolah Menengah Pertama (SMP) SMPIT Insan Rabbani Kotabumi Lampung Utara pada tahun 2016, Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 3 Kotabumi Lampung Utara pada tahun 2019, Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Perguruan Tinggi Negeri pada tahun 2020 sebagai mahasiswa Prodi S1 Teknik Geodesi, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam berbagai lembaga kemahasiswaan diantaranya menjadi anggota Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Universitas Lampung pada periode 2021/2022, Anggota Departemen Kaderisasi Himpunan Mahasiswa Geodesi (HIMAGES) Universitas Lampung pada periode 2022/2023. Pada Januari 2023 penulis mengikuti Kemah Kerja (KK) dalam pembuatan “ Peta Batas Dusun “ yang bertempat di Dusun Sari Rejo, Kelurahan Natar , Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung. Kemudian penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Terdana, Kecamatan Kota Agung Pusat, Kabupaten Tanggamus pada bulan Juli 2023. Di Tahun yang sama pada bulan Agustus, Penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di PT. Loeh Raya Perkasa yang terletak Jl. Iskandar Muda No. 10, Kecamatan Sigli, Kabupaten Pidie, Provinsi Aceh, dengan kegiatan Pembangunan Pengaman Pantai Candi dan Banding Kabupaten Lampung Selatan. Pada bulan Maret 2025 penulis melaksanakan

penelitian Skripsi dengan judul “Analisis Dinamika Tutupan Lahan Dan Perhitungan Stok Karbon di Kota Metro Tahun 2014 Dan 2024 “.

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah Rabbil Alamin, Sujud serta syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas Karunia- Nya yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik

Dengan rasa syukur dan segala kerendahan hati, kupersembahkan karya kecil dan istimewa ini untuk :

Kedua orang tua tercinta saya Alm Papa Damiri Ahmad dan mama Elida yang selalu menjadi panutan dan penyemangat penulis, yang tak henti-hentinya mendoakan, memberikan kasih sayang dengan penuh cinta, dukungan, serta motivasi untuk penulis.

Seluruh Keluarga Tersayang yang selalu mendoakan serta memberikan tenaga, bantuan, dan semangat serta menemani penulis dalam proses menyelesaikan Skripsi ini.

Tak lupa kepada diri sendiri, terimakasih sudah bertahan sejauh ini, dan tidak pernah berhenti berusaha serta berdoa untuk menyelesaikan Skripsi ini

**ALMAMATER TERCINTA
UNIVERSITAS IAMPUNG**

MOTTO

“ Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan “

~ **QS. Al – Insyirah : 5 - 6** ~

”Keberhasilan bukanlah milik orang yang pintar. Keberhasilan adalah kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha”

~**BJ. Habibie** ~

“ Berusahalah untuk tidak menjadi manusia yang berhasil tapi berusahalah menjadi manusia berguna “

~ **Albert Einstein** ~

“Nikmati masa mudamu tapi jangan lupakan masa depanmu”

~ **M. Reyhan Alfarizi** ~

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Subahanahu Wa Ta'ala berkat rahmat dan kuasa-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “**Analisis Dinamika Tutupan Lahan dan Perhitungan Stok Karbon di Kota Metro Tahun 2014 dan Tahun 2024**”. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk meraih gelar tingkat sarjana (S1) Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa penulisan Skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis menghrapkan kritik dan saran untuk pengembangan penulisan selanjutnya dan demi penyempurnaan penulisan Skripsi ini. Harapan penulis penelitian ini dapat memberi manfaat dan berguna bagi penulis dan masyarakat luas serta dapat dipahami bagi siapapun yang membacanya.

Bandar Lampung, 7 Desember 2025

Penulis

M. Reyhan Alfarizi

2015071080

SANWACANA

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, yang memberikan nikmat, anugerah, dan bimbingan-Nya kepada penulis untuk menyelesaikan Skripsi dengan judul “ **Analisis Dinamika Tutupan Lahan Dan Perhitungan Stok Karbon di Kota Metro Tahun 2014 dan Tahun 2024** ”. Skripsi ini penulis susun dengan tujuan untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan Tugas Akhir Program Strata-1 di Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik, antara lain:

1. Bapak Dr. Hi. Ahmad Herison, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi Geomatika Universitas Lampung.
3. Bapak Romy Fadly, S.T., M. Eng., selaku kordinator Skripsi program studi S1 Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Fajriyanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam menyelesaikan Skripsi ini. Terima kasih atas kesabaran, ilmu, serta masukan dan saran yang telah bapak berikan.
5. Ibu Rahma Anisa, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II yang telah mengarahkan dan membimbing, meluangkan waktu untuk memberikan ilmu pengetahuan dan wawasan selama penelitian berlangsung hingga Skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM. selaku Dosen Penguji Skripsi terimakasih atas kritik dan saran yang bapak sampaikan, sehingga dapat

menjadi masukan dan dapat membantu penulis untuk menyelesaikan penelitian dan laporan Skripsi ini.

7. Ibu Miftahul Djana, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
8. Kepada kedua orang tua penulis yang selalu memberikan semangat dan motivasi.
9. Kepada Teman – teman kontrakan yang telah mendengarkan keluhan dan membantu penulis menyelesaikan Skripsi ini.
10. Teman – teman mahasiswa Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika UNILA angkatan 2020 yang telah memberikan dukungan bagi penulis.

Semoga Skripsi ini dapat menjadi sumber referensi untuk meningkatkan pengetahuan bagi pembaca. Penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan atau kekurangan dalam pelaksanaan dan penulisan laporan. Demikian yang dapat penulis sampaikan, atas perhatian semua pihak dan kontribusinya penulis sampaikan terima kasih.

Bandar Lampung, 16 Februari 2025

Penulis

M. Reyhan Alfarizi

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL	vii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Penelitian Terdahulu	6
2.2. Perubahan Tutupan Lahan	12
2.3. Tutupan Lahan	13
2.4. <i>Maximum Likelihood Classification</i>	13
2.5. Uji Validasi	14
2.6. Uji Akurasi.....	15
2.7. <i>Stock Carbon</i>	16
2.8. Serapan Karbon.....	17
2.9. Metode Perhitungan Stok Karbon.....	18
2.10. Metode <i>Stock Different</i>	18
2.11. Penginderaan Jauh.....	19
2.12. Sistem Informasi Geografis (SIG).....	19
2.13. Landsat 8.....	20
III. METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1. Lokasi Penelitian	22
3.2. Alat dan Data	23
3.2.1 Alat	23
3.2.2. Data.....	23
3.3. Diagram Alir Penelitian.....	24
3.4. Tahap Pelaksanaan	25
3.4.1. Studi Literatur	25
3.4.2. Pengumpulan Data.....	25
3.4.3. Pengolahan Data.....	25
3.4.3.1. Tahapan Pengolahan Tutupan Lahan.....	26
3.4.3.1.1 .Koreksi Radiometrik.....	26

3.4.3.1.2. <i>Composite Band</i>	26
3.4.3.1.3. <i>Cropping Citra</i>	27
3.4.3.1.4. Klasifikasi Tutupan Lahan	28
3.4.3.1.5. Validasi Lapangan	29
3.4.4.1.6. Uji Akurasi	31
3.4.3.1.7. <i>Overlay</i> Tutupan Lahan Tahun 2014 dan 2024.....	33
3.4.3.2. Tahapan Pengolahan Stok Karbon	33
3.4.3.2.1. Persiapan Data Pengolahan Stok Karbon.....	33
3.4.3.2.2. <i>Join</i> (penggabungan).....	34
3.4.3.2.3. Perhitungan Stok Karbon	34
3.6. Perubahan Tutupan Lahan terhadap Perubahan Stok Karbon	35
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1. Hasil Tutupan Lahan Tahun 2014.....	36
4.1.1. Validasi Lapangan 2014	37
4.1.2 Uji Akurasi 2014	39
4.2. Hasil Tutupan Lahan Tahun 2024.....	40
4.2.1. Validasi Lapangan 2024	42
4.2.2. Uji Akurasi 2024	43
4.3. Hasil Perubahan Luas Tutupan Lahan Tahun 2014 dan 2024	45
4.4. Hasil Perhitungan Stok Karbon Tahun 2014 dan 2024 Berdasarkan Tutupan Lahan	46
4.4.1. Hasil Perhitungan Stok Karbon Tahun 2014	46
4.4.2 Hasil Perhitungan Stok Karbon Tahun 2024	49
4.5. Hasil Perubahan Stok Karbon 2014 dan 2024	51
4.6. Dampak Penurunan Stok Karbon Terhadap Kota Metro	54
4.7. Analisis Penurunan Stok Karbon Kota Metro Tahun 2014 dan 2024....	55
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	58
5.1. Simpulan.....	58
5.2. Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA.....	60
LAMPIRAN A	63
LAMPIRAN B.....	73
LAMPIRAN C	79
LAMPIRAN D	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Lokasi Penelitian.....	22
2. Diagram Alir Penelitian	24
3. Koreksi <i>Radiometrik</i>	26
4. <i>Cropping</i> Citra	28
5. Klasifikasi Tutupan Lahan	29
6. Titik Sampel	30
7. Proses <i>Intersect</i>	33
8. <i>Join Atribut</i> Tabel	34
9. Peta Tutupan Lahan Kota Metro Tahun 2014	36
10. Peta Tutupan Lahan Kota Metro Tahun 2024	40
11. Grafik Perubahan Tutupan Lahan 2014 dan 2024	45
12. Grafik Karbon 2014	48
13. Peta Stok Karbon Kota Metro Tahun 2014	48
14. Stok Karbon 2024	50
15. Peta Stok Karbon Kota Metro Tahun 2024	51
16. Grafik Perubahan Stok Karbon.....	53
17. Input Data	64
18. <i>Composite Band</i>	64
19. <i>Project Raster</i>	65
20. Proses <i>Clip</i>	65
21. Hasil <i>Clip</i>	66
22. <i>RGB Composite</i>	66
23. <i>Draw Polygon</i>	67

24. <i>Training Sampel</i>	67
25. <i>Maximum Likelihood Classification</i>	68
26. Proses Klasifikasi.....	68
27. Proses <i>Raster to Polygon</i>	69
28. <i>Add Field</i> Luas Tutupan Lahan	69
29. <i>Calculate Geometry</i>	70
30. <i>Property are dan Cordinate System</i>	70
31. Hasil Tutupan Lahan	71
32. <i>Join</i> Tabel Nilai Konstanta Stok Karbon	71
33. Proses Perhitungan Stok Karbon	72
34. Hasil Peta Stok Karbon	72

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian Terdahulu	6
2. Perhitungan penilaian akurasi.....	15
3. Nilai <i>Kappa</i>	16
4. Spesifikasi Citra Landsat-8.....	21
5. Data yang digunakan dalam penelitian	23
6. Klasifikasi Tutupan Lahan	28
7. Nilai Konstanta stok karbon berdasarkan jenis tutupan lahan.....	34
8. Luas tutupan lahan 2014	37
9. Hasil Validasi Tahun 2014	38
10. <i>Error Matrix</i>	39
11. <i>Confusion Matrix</i> 2014.....	40
12. Luas tutupan lahan 2024.....	41
13. Hasil Validasi Tahun 2024	42
14. <i>Error Matrix</i>	44
15. <i>Confusion Matrix</i> 2024.....	44
16. Perubahan Tutupan Lahan Kota Metro tahun 2014 dan 2024.....	45
17. Stok karbon 2014.....	47
18. Stok karbon 2024.....	50
19. Perubahan Stok karbon Kota Metro Tahun 2014 dan 2024	53
20. Nilai Stok Karbon Perkecamatan Pada Tahun 2014 dan 2024.....	56
21. Uji Validasi Tahun 2014	74
22. Uji Validasi 2024	80

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perubahan penutupan lahan merupakan fenomena yang semakin nyata seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan wilayah, terutama di daerah perkotaan. Perubahan ini dapat terjadi akibat berbagai faktor, seperti urbanisasi, ekspansi industri, perubahan pola penggunaan lahan, serta kebijakan pembangunan yang berorientasi pada pertumbuhan ekonomi. Salah satu wilayah yang mengalami perubahan penutupan lahan secara signifikan adalah Kota Metro (Hariyatno Dwiprabowo dkk, 2018). Pertumbuhan Kota Metro yang pesat telah menyebabkan perubahan penggunaan lahan secara drastis. Lahan yang sebelumnya berupa hutan, lahan pertanian, dan ruang terbuka hijau banyak yang mengalami konversi menjadi kawasan permukiman, perdagangan, dan industri. Hal ini berpotensi menurunkan kualitas lingkungan, meningkatkan risiko bencana ekologis seperti banjir dan erosi, serta berdampak pada keseimbangan karbon di wilayah tersebut.

Perubahan penutupan lahan berperan dalam dinamika keseimbangan karbon karena setiap jenis tutupan lahan memiliki kapasitas yang berbeda dalam menyerap dan menyimpan karbon. Vegetasi alami, seperti hutan dan lahan hijau, memiliki peran penting dalam siklus karbon global karena mampu menyerap karbon dioksida (CO_2) dari atmosfer melalui proses fotosintesis dan menyimpannya dalam bentuk biomassa (Moh Firdaus Rahawarin dkk, 2025). Perubahan penggunaan lahan tersebut berdampak langsung terhadap besarnya cadangan karbon yang tersimpan pada suatu wilayah. Dewan Nasional Perubahan Iklim menyebutkan bahwa sekitar 85% perubahan kandungan karbon di Indonesia pada tahun 2005 dipengaruhi oleh aktivitas yang berkaitan dengan penggunaan lahan (Kurniawati, 2021). Data dari Kementerian Negara Lingkungan Hidup Indonesia juga menunjukkan bahwa

karbon menjadi salah satu komponen utama yang menentukan besarnya stok karbon pada ekosistem daratan. Dengan demikian, konversi lahan hijau menjadi kawasan terbangun dapat menurunkan kapasitas penyimpanan karbon dan mengurangi total stok karbon yang tersedia di lingkungan.

Perubahan tutupan lahan merupakan fenomena yang tidak dapat dihindari, seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah penduduk Kota Metro pada tahun 2014 sekitar 155.992 jiwa, (BPS, 2014). Sedangkan pada tahun 2024 meningkat menjadi sekitar 182.290 jiwa (BPS, 2025). Peningkatan jumlah penduduk sebanyak lebih dari 26.000 jiwa dalam waktu sepuluh tahun ini, memberikan tekanan terhadap kebutuhan lahan, seperti permukiman, fasilitas infrastruktur, dan kegiatan ekonomi lainnya. Pertumbuhan penduduk yang pesat mendorong perubahan fungsi lahan dari vegetasi alami, hutan, maupun lahan pertanian menjadi lahan terbangun. Proses ini secara langsung memengaruhi kondisi tutupan lahan (*land cover*) (Kaswanto dkk., 2021), yang pada akhirnya memengaruhi keseimbangan lingkungan, terutama dalam cadangan karbon. Tutupan lahan yang banyak terdiri dari vegetasi seperti hutan dan lahan pertanian memiliki kapasitas yang tinggi untuk menyerap dan menyimpan karbon. Sebaliknya, konversi lahan terbangun mengurangi potensi penyerapan karbon, sehingga berdampak meningkatkan emisi karbon di atmosfer. Selain itu, penghitungan stok karbon juga diperlukan untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari perubahan tersebut, khususnya dalam upaya mengurangi perubahan iklim. Dengan demikian, penelitian tentang dinamika tutupan lahan dan penghitungan stok karbon di Kota Metro pada tahun 2014 dan 2024 sangat relevan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kondisi lingkungan Kota Metro, serta menjadi dasar dalam menyusun kebijakan pengelolaan ruang yang lebih berwawasan lingkungan (Rezekiah dkk, 2024).

Perubahan tutupan lahan antara tahun 2014 dan 2024 berdampak langsung pada stok karbon. Berkurangnya tutupan vegetasi seperti hutan dan lahan pertanian, serta meningkatnya area permukiman, menyebabkan penurunan kapasitas menyerap karbon di wilayah tersebut. Sebaliknya, tutupan lahan yang masih didominasi vegetasi sangat penting untuk menjaga cadangan karbon. Maka, analisis perubahan

tutupan lahan selama periode 2014 dan 2024 sangat penting untuk memahami tren penurunan atau peningkatan stok karbon di Kota Metro. (Saputra dkk., 2022). Analisis perubahan penutupan lahan dan perhitungan karbon guna memahami bagaimana dinamika penggunaan lahan memengaruhi stok karbon di Kota Metro dalam periode 2014 dan 2024. Dengan adanya kajian ini, diharapkan dapat diidentifikasi tren perubahan lahan yang terjadi, beserta dampaknya terhadap kapasitas penyimpanan karbon di wilayah tersebut. Teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG) digunakan untuk memantau perubahan tutupan lahan secara spasial dan temporal. Citra satelit menjadi alat utama dalam menganalisis perubahan penggunaan lahan, sedangkan model estimasi karbon digunakan untuk menghitung kapasitas penyimpanan karbon berdasarkan kategori tutupan lahan yang berbeda. Pendekatan ini memungkinkan pemetaan perubahan lingkungan secara lebih akurat, serta memberikan gambaran mengenai dampak ekologis yang ditimbulkan akibat perkembangan wilayah.

1.2. Rumusan Masalah

Perubahan tutupan lahan di Kota Metro selama sepuluh tahun terakhir berpotensi memengaruhi jumlah karbon yang tersimpan di wilayah Kota Metro (Risky dkk., 2023). Perubahan ini terjadi akibat meningkatnya pembangunan, pertumbuhan penduduk, dan alih fungsi lahan yang menyebabkan berkurangnya area vegetasi, yang berperan sebagai penyimpan karbon (Rizaldi, 2021). Bahwa setiap jenis tutupan lahan memiliki kemampuan berbeda dalam menyimpan karbon, maka dinamika tutupan lahan akan berdampak langsung terhadap penurunan atau peningkatan jumlah karbon. Berdasarkan masalah tersebut, muncul pertanyaan penelitian untuk di jawab :

1. Bagaimana perubahan tutupan lahan di Kota Metro pada tahun 2014 dan 2024?
2. Bagaimana stok karbon di Kota Metro pada tahun 2014 dan 2024?
3. Bagaimana perubahan stok karbon akibat perubahan tutupan lahan di Kota Metro menggunakan metode *stock difference* ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini secara rinci akan dijelaskan seperti berikut:

1. Mengetahui perubahan tutupan lahan di Kota Metro pada tahun 2014 dan 2024.
2. Menghitung stok karbon di Kota Metro pada tahun 2014 dan 2024.
3. Menghitung perubahan stok karbon di Kota Metro menggunakan metode *stock difference*.

1.4. Batasan Masalah

Terdapat batasan masalah pada penelitian ini untuk membatasi cakupan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan di Kota Metro.
2. Penelitian ini berfokus pada analisis perubahan penutupan lahan selama periode 2014 dan 2024 dengan metode klasifikasi terbimbing yaitu *algoritma Maximum Likelihood Classification*.
3. Penelitian ini memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dengan menggunakan citra Landsat 8 Tahun 2014 dan 2024.
4. Penelitian ini menghitung stok karbon di Kota Metro tahun 2014 dan 2024.
5. Menghitung perubahan stok karbon menggunakan metode *stock difference*.
6. Hasil akhir dari penelitian ini adalah peta perubahan tutupan lahan dan peta stok karbon.
7. Penelitian ini hanya berfokus pada analisis dinamika tutupan lahan dan perhitungan stok karbon di Kota Metro tahun 2014 dan 2024.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagi akademisi dan peneliti.

Penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dalam pengembangan penelitian selanjutnya mengenai analisis tutupan lahan dan perhitungan stok karbon.

2. Bagi masyarakat Kota Metro.

Penelitian ini memberikan pemahaman mengenai pentingnya ruang hijau yang berfungsi sebagai penyerap karbon, serta dampak negatif yang ditimbulkan akibat alih fungsi lahan terhadap kualitas lingkungan.

3. Bagi pemerintah daerah Kota Metro.

Penelitian ini memberikan informasi mengenai perubahan tutupan lahan dan perubahan stok karbon, sehingga dapat digunakan sebagai dasar perencanaan tata ruang dan penyusunan kebijakan lingkungan.

1.6. Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini menyatakan bahwa terdapat hubungan antara tutupan lahan dan perubahan stok karbon di Kota Metro, dimana Penurunan luas hutan dan lahan vegetasi alami di Kota Metro antara tahun 2014 dan 2024 berkontribusi terhadap berkurangnya stok karbon. Konversi lahan dari vegetasi alami ke lahan terbangun atau pertanian menyebabkan penurunan kapasitas penyerapan karbon sehingga perubahan stok karbon berhubungan erat dengan jenis perubahan tutupan lahan yang terjadi di Kota Metro selama periode 2014 dan 2024.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu di peroleh dari jurnal – jurnal penelitian yang akan digunakan sebagai acuan dan perbandingan dalam pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan penulis. Berikut ini merupakan penelitian yang dijadikan referensi dan acuan dalam penelitian.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No	Nama	Judul	Metode	Hasil
1	Fajar Perdana Rizki, Endang Hermawan, Agus Susanto (2023).	Penyerapan Karbon Berdasarkan Perubahan Tutupan Lahan Pada Taman Nasional Tesso Nilo	Peneliti menggunakan pendekatan kuantitatif. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan teknik analisis interpretasi, analisis peta dan uji akurasi dengan menggunakan metode koefisien Kappa.	Berdasarkan uraian dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa berdasarkan hasil analisa tutupan lahan TN Tesso Nilo dari periode tahun 2014 sampai dengan tahun 2021 mengalami peningkatan Stok karbon sebesar 4.277,80 Ton <i>carbon</i> .

Lanjutan Tabel 1

No	Nama	Judul	Metode	Hasil
2	Rahmat Fadhli, Sugianto, Syakur (2021).	Analisis Perubahan Penutupan Lahan dan Potensi Karbon di Taman Hutan Raya Pocut Meurah Intan, Aceh Indonesia	Analisis perubahan penutupan lahan di Taman Hutan Raya Pocut Meurah Intan menggunakan metode pengklasifikasian yang merupakan ekstraksi perubahan dari berupa informasi tematik atau kategori dari <i>overlay</i> data tutupan lahan yang akan menghasilkan matriks transformasi perubahan tutupan lahan.	Penelitian ini menunjukkan bahwa Potensi cadangan karbon berdasarkan kelas penutupan lahan kurun waktu 15 tahun dari tahun 2003-2018 mengalami tren penurunan, dimana potensi cadangan karbon tertinggi pada tahun 2003 sebesar 656.053 ton, terendah pada tahun 2012 sebesar 620.992 ton dan tahun pengamatan terakhir (tahun 2018) berjumlah 639.235 ton.

Lanjutan Tabel 1

No	Nama	Judul	Metode	Hasil
3	Muhammad Irfan , Ilyas, Sufardi (2023)	Potensi dan Cadangan Karbon pada Beberapa Tipe Penggunaan Lahan Di Kecamatan Pasie Raya Kabupaten Aceh Jaya	Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Pasie Raya Kabupaten Aceh Jaya pada Maret 2023 hingga Juli 2023. Dan menggunakan metode analisis spasial SIG.	Potensi dan cadangan karbon pada lahan gambut di Kecamatan Pasie Raya Kabupaten Aceh Jaya bervariasi tergantung pada tipe penggunaan lahan yaitu berkisar dari 27,12-2.174,44 Ton/ha . Potensi karbon tertinggi terdapat pada hutan gambut yang selanjutnya diikuti oleh tipe lahan sawah tadah hujan dan terendah pada perkebunan kelapa sawit.

Lanjutan Tabel 1

No	Nama	Judul	Metode	Hasil
4	Indra Gilang Permana, Iing Nasihin, Dede Kosasih (2019).	Potensi Cadangan Karbon Tersimpan Di Kampus Universitas Kuningan Kabupaten Jawa Barat	Pengukuran Cadangan Karbon dilakukan dengan menggunakan metode sensus berdasarkan nilai diameter seluruh populasi pohon yang terdapat di wilayah kampus Universitas Kuningan. Dimensi diameter yang diukur adalah Diameter setinggi dada (<i>Diometer at the Breast Heigh DBH</i>).	Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian Potensi Cadangan Karbon Tersimpan Di Kampus Universitas Kuningan memiliki beberapa potensi dalam mengembangkan Cadangan karbon tersimpan, hal ini di buktikan dengan data mengenai sebaran potensi diameter pohon yang dapat beregenerasi dan mengalami pertumbuhan sehingga Potensi biomassa dan karbon tersimpan mengalami peningkatan.

Lanjutan Tabel 1

No	Nama	Judul	Metode	Hasil
5	Tiasa Adimagistra, Rizqy Ridho Prakasa, Wahjoerini (2020).	Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) Dalam Daya Serap Emisi Karbon Di Kecamatan Tembalang Kota Semarang	Metode yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu menghitung potensi serap, emisi karbon, dan daya serap karbon. Menggunakan Analisis SIG.	Berdasarkan beberapa tahapan yang telah dilakukan untuk menghitung emisi karbon di Kecamatan Tembalang, hasil analisis ini Perhitungannya yang disajikan dalam bentuk peta.
6	M. Reyhan Alfarizi (2025).	Analisis Dinamika Tutupan Lahan Dan Stok Karbon Di Kota Metro Tahun 2014 Dan 2024	Peneliti menggunakan pendekatan kuantitatif. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan teknik analisis interpretasi, analisis peta dan uji akurasi dengan menggunakan metode koefisien Kappa.	Tutupan Lahan Tahun 2014 dan 2024 di Kota Metro Mengalami peningkatan pada sawah dan lahan terbangun, sementara hutan tanaman mengalami penurunan akibatnya stok karbon mengalami penurunan sebesar 57.553,19 ton C.

1. Penelitian 1

Penelitian yang dilakukan oleh Fajar Perdana Rizki, Endang Hermawan, Agus susanto pada tahun 2023. Menggunakan metode dengan teknik analisis interpretasi, analisis peta dan uji akurasi dengan menggunakan metode koefisien kappa Untuk penyerapan karbon berdasarkan perubahan tutupan lahan pada taman Nasional Tesso Nilo. (Rizki dkk., 2024). Penulis juga menggunakan metode teknik analisis interpretasi, analisis peta dan uji akurasi. Meskipun menggunakan metode yang sama, pada penelitian ini fokus pada serapan karbon pada kawasan hutan alami sedangkan penulis fokus pada perhitungan stok karbon pada kawasan perkotaan.

2. Penelitian 2

Penelitian yang dilakukan Rahmat fadhli, Sugianto, Syakur tahun 2021. menggunakan kombinasi citra satelit dan pengambilan data, yaitu di Tahura menggunakan pengukuran langsung di lapangan. Estimasi karbon dihitung dengan cara mengukur biomassa vegetasi menggunakan rumus alometrik. Sementara itu, pada penelitian penulis menggunakan citra Landsat 8 dan SIG. Estimasi stok karbon berdasarkan pada nilai konstanta stok karbon per tutupan lahan dari jurnal referensi menggunakan analisis spasial.

3. Penelitian 3

Penelitian yang dilakukan Muhammad Irfan , Ilyas, Sufardi (2023) . Penelitian di Kecamatan Pasie Raya, Kabupaten Aceh Jaya menggunakan pengukuran langsung di lapangan untuk menghitung potensi dan cadangan karbon dengan cara menggunakan persamaan alometrik. Sementara itu, penelitian penulis di Kota Metro menggunakan data citra Landsat 8 dan SIG, dengan mengestimasi stok karbon berdasarkan nilai konstanta untuk setiap jenis tutupan lahan yang diambil dari jurnal melalui analisis spasial.

4. Penelitian 4

Penelitian yang dilakukan Indra Gilang Permana, Iing Nasihin, Dede Kosasih (2019) Berfokus pada area kampus dengan cakupan yang tidak terlalu luas,

dimana vegetasi yang diteliti sebagian besar berupa pohon-pohon peneduh dan ruang hijau di dalam kampus. Kasus dalam penelitian ini menekankan peran ruang terbuka hijau dalam menyimpan cadangan karbon secara lokal. Sedangkan penelitian penulis menganalisis wilayah perkotaan secara menyeluruh, dengan fokus utama pada perubahan tutupan lahan selama sepuluh tahun. Penelitian ini bertujuan melihat dampak perubahan penggunaan lahan terhadap jumlah karbon di wilayah perkotaan.

5. Penelitian 5

Penelitian yang dilakukan Tiasa Adimagistra, Rizqy Ridho Prakasa, Wahjoerini (2020). bertujuan meningkatkan kemampuan menyerap karbon dengan melakukan reboisasi dan menambah area ruang terbuka hijau di wilayah yang padat penduduk. Sementara itu penelitian penulis bertujuan pada analisis tutupan lahan dan perhitungan stok karbon.

6. Penelitian 6

Penelitian yang dilakukan oleh M. Reyhan Alfarizi bertujuan untuk mengetahui dinamika tutupan lahan di Kota Metro dengan metode klasifikasi terbimbing dengan algoritma *Maximum Likelihood Classification* dan menghitung stok karbon dengan nilai konstanta stok karbon pertutupan lahan dan menghitung perubahan stok karbon dengan metode *stock different*.

2.2. Perubahan Tutupan Lahan

Perubahan tutupan lahan merupakan hasil dari proses interaksi dinamis antara aktivitas manusia dengan sumber daya lahan yang terdistribusi di berbagai tempat. Perubahan tersebut dapat terjadi dalam waktu yang berbeda dan dalam bentuk serta ukuran yang beragam. Perubahan tutupan lahan juga dapat diartikan sebagai perpindahan fungsi lahan dari satu jenis ke jenis lain, baik yang langsung maupun tidak langsung, sebagai upaya manusia memenuhi kebutuhan hidupnya. Perubahan tutupan lahan juga dapat diartikan sebagai perpindahan fungsi lahan dari satu jenis ke jenis lain, baik yang langsung maupun tidak langsung, sebagai upaya manusia memenuhi kebutuhan hidupnya (Latue dkk., 2023).

2.3. Tutupan Lahan

Tutupan lahan (*land cover*) adalah karakteristik fisik permukaan bumi yang dapat diidentifikasi secara langsung melalui observasi atau teknologi penginderaan jauh, seperti hutan, lahan pertanian, permukiman, perairan, dan lain-lain (Ahmada dan Imam Sarifudin, 2023). Tutupan lahan mencerminkan kondisi biofisik dari suatu area tanpa mempertimbangkan bagaimana manusia memanfaatkannya.

Tutupan lahan mengacu pada elemen alami dan buatan yang menutupi permukaan tanah, termasuk vegetasi, air, tanah kosong, dan struktur buatan (Putri dan Jaelani, 2017). Sementara itu, (Manuri dkk., 2011) menjelaskan bahwa tutupan lahan berperan penting dalam siklus karbon karena setiap jenis tutupan memiliki kapasitas penyimpanan dan pelepasan karbon yang berbeda-beda.

Dalam penelitian ini, tutupan lahan di Kota Metro dianalisis menggunakan teknologi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk memahami perubahan yang terjadi dalam periode 2014 dan 2024 serta dampaknya terhadap stok karbon.

2.4. *Maximum Likelihood Classification*

Klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) merupakan salah satu metode dalam pengolahan citra penginderaan jauh yang digunakan untuk mengelompokkan piksel berdasarkan nilai spektral ke dalam kelas-kelas tertentu sesuai dengan sampel pelatihan (*training sample*) yang telah ditentukan (Purwanto dan Lukiawan, 2019). Dalam metode ini, penulis memberikan contoh area yang merepresentasikan tiap kelas tutupan lahan seperti hutan, pertanian, sawah, lahan terbangun dan badan air.

Pada penelitian ini algoritma yang digunakan dalam klasifikasi terbimbing adalah *Maximum Likelihood Classification* (MLC). Metode ini menggunakan pendekatan statistik yang menganggap bahwa nilai piksel untuk setiap kelas mengikuti bentuk distribusi Gaussian atau normal. Setiap piksel dianalisis untuk mengetahui seberapa besar kemungkinannya termasuk ke dalam setiap kelas, selanjutnya diklasifikasikan ke kelas yang memiliki probabilitas tertinggi. Algoritma kemudian menghitung probabilitas bahwa setiap piksel merupakan bagian dari masing - masing kelas

berdasarkan nilai rata-rata (*mean*) dan variansi–kovariansi piksel pada *training sample*. MLC merupakan metode statistik untuk klasifikasi yang paling efektif karena memperhitungkan perbedaan dalam keragaman internal (variansi) antar kelas. Setiap piksel akan diklasifikasikan dalam kelas dengan probabilitas tertinggi, yang memungkinkan metode ini untuk menghasilkan hasil klasifikasi yang sangat akurat, terutama dalam analisis berbagai jenis tutupan lahan (Nadzir dkk., 2024). Dalam konteks penelitian ini, MLC digunakan untuk memetakan lima kelas tutupan lahan di Kota Metro, yaitu hutan tanaman, pertanian lahan kering, sawah, lahan terbangun, dan badan air. Proses klasifikasi dimulai dengan pengambilan *training sample* pada setiap kelas menggunakan citra Landsat 8 OLI/TIRS. *Training sample* dipilih berdasarkan pengetahuan kondisi lapangan, interpretasi visual citra, serta rujukan dari data *Google Earth* yang disesuaikan dengan tahun penelitian. Algoritma MLC kemudian mengolah nilai spektral dari setiap piksel untuk menentukan kelas yang paling mungkin. Tahapan tersebut menghasilkan peta tutupan lahan tahun 2014 dan 2024 yang menjadi dasar untuk analisis perubahan penggunaan lahan serta estimasi stok karbon. Metode MLC sangat sesuai digunakan untuk analisis perubahan lahan pada wilayah urban karena kemampuannya dalam membedakan objek dengan tingkat heterogenitas yang tinggi (Noer dan Wibowo, 2024). Dengan demikian, metode MLC memberikan kontribusi penting terhadap ketelitian interpretasi citra satelit dalam penelitian ini, terutama untuk membedakan area vegetatif dan non-vegetatif yang menjadi penentu utama dalam perhitungan stok karbon di Kota Metro.

2.5. Uji Validasi

Uji validasi bertujuan untuk mendapatkan keakuratan hasil klasifikasi. Uji validasi dimulai dengan menentukan titik sampel yang berpotensi mewakili kelas yang ingin diklasifikasikan. Kemudian dilakukan pengambilan data langsung di lokasi sampel untuk melihat kondisi fisik yang sebenarnya (Anisa Rahma, dkk., 2024). Setelah itu, data lapangan dibandingkan dengan hasil klasifikasi untuk menilai kesesuaian data tersebut.

Penentuan jumlah titik sampel dapat berdasarkan cara representatif dan proposional sesuai dengan luas wilayah pada peta. Metode penentuan jumlah sampel

berdasarkan Peraturan BIG Nomor 3 Tahun 2014 (Badan Informasi Geospasial, 2014) menggunakan rumus penentuan sebagai berikut :

$$A = TSM + \left(\frac{\text{Luas}}{1.500} \right) \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan :

A : Jumlah Titik Sampel

TSM : *Training Sample Minimum*

Perhitungan jumlah titik sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

$$A = 33 + \left(\frac{7.309,075}{1.500} \right)$$

$$A = 37,87$$

Hasil perhitungan jumlah titik sampel adalah 37,87, namun pada penelitian ini jumlah titik sampel menjadi 40 titik sampel.

2.6. Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan untuk melihat tingkat kesalahan dalam mengklasifikasikan titik sampel. Uji akurasi ini menilai tingkat keakuratan secara visual dari klasifikasi terbimbing. Akurasi ketelitian pemetaan dievaluasi dengan membuat matriks kesalahan atau (*confusion matrix*) untuk memastikan bahwa pemetaan tersebut akurat.

Tabel 2. Perhitungan penilaian akurasi

Data Sampel	Diklasifikasikan ke kelas				Jumlah	<i>Procedur's</i>
	A	B	C	D		
A	x _{jj}	...	...	...	x _{k+}	x _{kk} /x _{k+}
B	...	...	...	...	...	...
C	...	...	...	...	...	...
D	...	...	...	x	...	...
Jumlah	x _{+k}	x ₂₊	x ₃₊	x ₄₊	N	...
<i>User's Accuracy</i>	x _{jj} / x _{+k}	...	...	...		

Sumber : (Andini dkk., 2018)

Secara matematis, terdapat rumus perhitungan akurasi dari klasifikasi citra yaitu :

$$User's Accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$Procedur's Accuracy = \frac{X_{kk}}{X_{+i}} 100\% \dots\dots\dots (2)$$

$$Overall Accuracy = \frac{\sum_{i=1}^r X_{ii}}{N} 100\% \dots\dots\dots (3)$$

$$Kappa Accuracy = \frac{\sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

X_{ii} = Nilai diagonal dari *matrix* baris ke- i dan kolom ke – i

X_{+i} = Jumlah piksel dalam kolom ke – i

X_i = Jumlah piksel dalam baris ke – i

N = Banyak piksel dalam suatu kelas

Menurut peraturan Badan Informasi Geospasial (BIG) Nomor. 15 tahun 2014, nilai standar dari tutupan lahan adalah 85%. Tutupan lahan dapat digunakan apabila hasil nilai *kappa* lebih dari 85% dan apabila kurang dari 85% harus melakukan klasifikasi ulang.

Tabel 3. Nilai *Kappa*

Nilai <i>Kappa</i>	<i>Strength of Agreement</i>
<0,20	Rendah (<i>Poor</i>)
0,21 – 0,40	Lumayan (<i>Fair</i>)
0,41 – 0,60	Cukup (<i>Moderate</i>)
0,61 – 0,80	Bagus (<i>Good</i>)
0,81 – 1,00	Sangat Bagus (<i>Very Good</i>)

Sumber : (Noer dan Wibowo, 2024)

2.7. Stock Carbon

Stok karbon merupakan jumlah total karbon yang tersimpan dalam suatu ekosistem pada waktu tertentu, terutama dalam bentuk biomassa hidup (pohon dan vegetasi lainnya), biomassa mati (serasah dan kayu mati), serta karbon yang tersimpan dalam tanah. Stok karbon menjadi indikator penting dalam upaya mitigasi perubahan iklim

karena mampu menyerap sebagai penyerap karbon dan menyimpan karbon dioksida (CO_2) dari atmosfer melalui proses fotosintesis (Indriani, 2018).

Menurut (Indriani, 2018), stok karbon diklasifikasikan ke dalam lima kategori (*carbon pools*) :

1. Biomassa di atas permukaan tanah (*aboveground biomass*) meliputi batang, cabang, daun, dan bagian tumbuhan lainnya yang berada di atas tanah.
2. Biomassa di bawah permukaan tanah (*belowground biomass*) termasuk akar pohon dan vegetasi lainnya.
3. Serasah (*litter*) bahan organik yang berada di permukaan tanah seperti daun gugur, ranting kecil, dan bahan organik lainnya.
4. Kayu mati (*dead wood*) – batang atau cabang mati yang masih berada di permukaan tanah.
5. Karbon tanah (*soil organic carbon*) – karbon yang terdapat dalam bahan organik tanah.

2.8. Serapan Karbon

Penyerapan karbon dapat terjadi dengan adanya proses fotosintesis, yang dapat mengubah karbon anorganik (CO_2) menjadi karbon organik dalam bentuk bahan vegetasi. Sebagian besar ekosistem, bahan ini akhirnya membusuk dan melepaskan kembali karbon ke atmosfer dalam bentuk CO_2 . Namun, di hutan tanaman, terdapat banyak bahan organik yang tidak membusuk. Karena itu, hutan tanaman lebih berperan sebagai penyerap karbon (*carbon sink*) dibandingkan sebagai sumber karbon (*carbon source*) (Hariyatno Dwiprabowo, 2018). Hutan memiliki fungsi penting dalam menyerap karbon dioksida (CO_2) melalui fotosintesis dan menghasilkan oksigen (O_2) sebagai hasil akhirnya. Vegetasi hutan menyimpan karbon dalam bentuk biomassa, yang mencakup batang, cabang, daun, dan akar. Saat hutan ditebang, biomassa yang hilang menyebabkan berkurangnya kemampuan lingkungan tersebut untuk menyerap dan menyimpan karbon. Oleh karena itu, keberadaan hutan sangat berpengaruh terhadap jumlah cadangan karbon yang dapat tersimpan dalam sebuah ekosistem. (Karizal, 2013)

2.9. Metode Perhitungan Stok Karbon

Pengukuran stok karbon pada tutupan lahan dapat dilakukan dengan dua pendekatan utama, yaitu metode langsung (pengukuran lapangan) dan metode tidak langsung (penginderaan jauh dan pemodelan spasial).

Penelitian ini menggunakan metode analisis spasial dengan data citra satelit seperti Landsat atau Sentinel untuk mengklasifikasi jenis tutupan lahan dan menghitung estimasi stok karbon berdasarkan nilai-nilai rata-rata karbon per kelas tutupan lahan. Setiap jenis tutupan lahan diberi nilai stok karbon rata-rata (dalam ton/ha), dan dikalikan dengan luas area masing-masing kelas untuk mendapatkan estimasi total karbon.

Menurut (Anisa Rahma dkk., 2024), Total stok karbon diperoleh dengan mengalikan luas tipe penutup lahan dengan stok karbon sehingga diperoleh total stok karbon. Dengan rumus sebagai berikut :

$$C = L \times \text{Nilai Konstanta Stock Carbon (ton C ha}^{-1}\text{)} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

C = Total *Stock Carbon*

L = Luas Lahan

2.10. Metode *Stock Different*

Metode perhitungan yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode *stock different*, dengan persamaan sebagai berikut (Andini dkk., 2018) :

$$\Delta C = (C_{t_2} - C_{t_1}) / (t_2 - t_1) \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

ΔC = Laju perubahan stok karbon (biasanya dalam ton/ha/tahun atau ton/tahun)

C_{t_1} = Stok karbon awal pada tahun

C_{t_2} = Stok karbon akhir pada tahun

$t_2 - t_1$ = Selisih waktu (tahun)

Perhitungan stok karbon menggunakan cara menghitung luas dari masing – masing tipe penutupan lahan pada wilayah Kota Metro.

2.11. Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh (*Remote Sensing*) adalah teknik untuk memperoleh informasi tentang objek atau fenomena di permukaan bumi tanpa melakukan kontak langsung, melainkan dengan menggunakan sensor yang ditempatkan di satelit, pesawat udara, atau drone. Sensor ini menangkap pantulan atau pancaran gelombang elektromagnetik dari permukaan bumi dan mengubahnya menjadi data yang dapat dianalisis untuk berbagai keperluan, seperti pemetaan, analisis perubahan lahan, dan monitoring lingkungan.

Penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, area, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dari sensor tanpa kontak langsung dengan objek tersebut (Lukiawan dkk., 2019). Sementara itu, (Nurazizah, 2022) mendefinisikan penginderaan jauh sebagai teknik pengamatan bumi menggunakan sensor untuk merekam gambar yang dipancarkan atau dipantulkan oleh objek permukaan bumi.

2.12. Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah suatu sistem yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, mengelola, menganalisis, dan menyajikan data geografis atau spasial. SIG menggabungkan teknologi komputer dengan data berbasis lokasi untuk membantu dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan lingkungan, tata ruang, sumber daya alam, dan berbagai aspek lainnya yang memiliki dimensi geografis. Dalam konteks analisis perubahan penutupan lahan dan estimasi karbon di Metro tahun 2014 dan 2024, SIG berperan penting dalam mengolah data spasial untuk memahami dinamika perubahan lahan serta dampaknya terhadap stok karbon.

SIG adalah sistem berbasis komputer yang dirancang untuk menangani data yang memiliki referensi geografis sehingga memungkinkan analisis dan pemodelan

spasial (Rachman dkk.). Sementara itu, menurut ESRI (*Environmental Systems Research Institute*), SIG adalah kerangka kerja untuk mengumpulkan, mengelola, dan menganalisis data, serta mengintegrasikan berbagai jenis informasi berbasis lokasi untuk memahami pola, hubungan, dan tren geografis. SIG juga digunakan untuk menganalisis perubahan tutupan lahan dari tahun ke tahun menggunakan algoritma *Maximum Likelihood Classification* (MLC), serta mengidentifikasi perhitungan stok karbon terhadap alih fungsi lahan di Kota Metro.

2.13. Landsat 8

Landsat 8 adalah satelit penginderaan jauh yang diluncurkan oleh NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) bekerja sama dengan USGS (*United States Geological Survey*) pada 11 Februari 2013. Satelit ini merupakan bagian dari program Landsat, yang telah berjalan sejak tahun 1972 dan bertujuan untuk mengamati perubahan lingkungan global, termasuk perubahan tutupan lahan, pemantauan sumber daya alam, serta analisis dampak perubahan iklim. Landsat 8 menggantikan Landsat 7, yang sebelumnya mengalami degradasi data akibat kegagalan *Scan Line Corrector* (SLC). Dengan teknologi yang lebih canggih, Landsat 8 menyediakan data citra satelit yang lebih akurat, dengan resolusi spasial tinggi dan rentang spektral yang lebih luas, menjadikannya alat penting dalam berbagai penelitian ilmiah dan perencanaan lingkungan. Salah satu keunggulannya dapat dilihat pada jumlah kanal panjang gelombang yang dimilikinya. Jumlah panjang gelombang yang dimiliki oleh Landsat 8 adalah 11 saluran, dibagi menjadi dua kategori, *operasional land imager* (OLI) dan *thermal infrared sensor* (TIRS). OLI adalah sistem pada Landsat 8 yang merupakan asli buatan dari *Ball Aerospace*. Sistem sensor tersebut memiliki 9 *band* dan terdapat 2 *band* yang baru pada satelit program Landsat, yaitu *deep blue coastal/aerosol band* (0,433 sampai dengan 0,453 μm) untuk deteksi wilayah pesisir serta *shortwave-infrared cirrus band* (1,360 sampai dengan 1,390 μm) untuk mendeteksi awan cirrus. Adapun TIRS terdapat pada satelit Landsat 8, dimana sensor satelit ini dibuat oleh NASA *Goddard Space Flight Center*, terdapat dua *band* pada *region* termal yang mempunyai resolusi spasial 100 x 100 m^2 . Kategori OLI terdiri dari *Band* 1 hingga

Band 9, sedangkan kategori TIRS terdiri dari *band 10* dan *11*. Setiap *band* pada citra Landsat memiliki fungsi tertentu (Tabel 4).

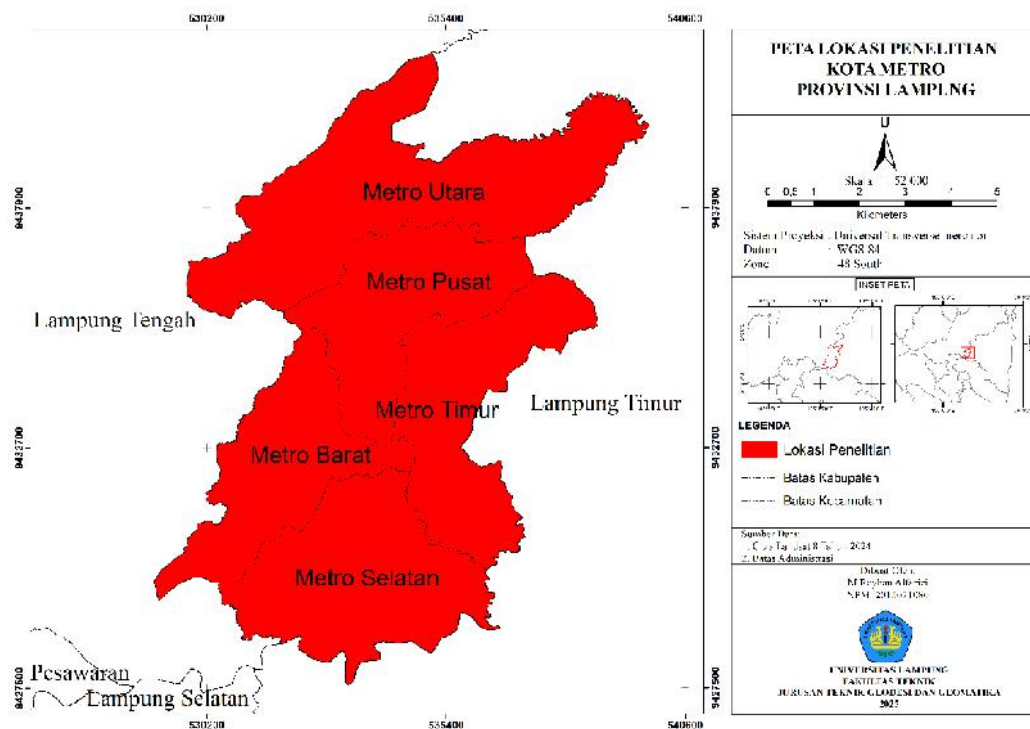
Tabel 4. Spesifikasi Citra Landsat-8

Saluran	Panjang Gelombang(μm)	Fungsi
<i>Band 1</i> (<i>Coastal/Aerosol</i>)	0,433 – 0,453	Studi pesisir dan aerosol
<i>Band 2 (Blue)</i>	0,450 – 0,515	Studi tanah, batimetri, membedakan antara vegetasi.
<i>Band 3 (Green)</i>	0,525 – 0,600	Studi menilai kekuatan tanaman.
<i>Band 4 (Red)</i>	0,630 – 0,680	Membedakan lereng vegetasi
<i>Band 5 (Near Infrared)</i>	0,845 – 0,885	Studi biomassa dan garis pantai
<i>Band 6 (SWIR 1)</i>	1,560 – 1,660	Studi untuk membedakan kadar air tanah dan vegetasi Serta dapat menembus awan
<i>Band 7 (SWIR 2)</i>	2,100 - 2,300	Mengetahui peningkatan Kadar air dari tanah dan vegetasi serta menetrasi awan Tipis
<i>Band 8 (Pan)</i>	0,500 – 0,680	Menampilkan gambar yang lebih tajam dengan resolusi sebesar 15 meter
<i>Band 9 (Cirrus)</i>	1,360 – 1,390	Meningkatkan deteksi kontaminasi awan cirrus
<i>Band 10 (LWIR)</i>	10,3 – 11,3	Studi suhu dan kelembapan tanah
<i>Band 11(LWIR 2)</i>	11,5 – 12,5	Studi suhu dan kelembapan tanah

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Kota Metro secara geografis terletak pada $5^{\circ}03'16''$ sampai dengan $5^{\circ}10'43''$ Lintang Selatan dan $105^{\circ}15'44''$ sampai dengan $105^{\circ}21'33''$ Bujur Timur, dan wilayah Kota Metro terletak di ujung selatan Pulau Sumatra, berbatasan langsung dengan Kabupaten Lampung Selatan, Lampung Tengah, Lampung Timur dan Pesawaran. Kota Metro memiliki luas wilayah 7.309,075 ha, dengan jumlah penduduk 150.950 jiwa yang tersebar dalam 5 kecamatan dan 22 kelurahan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3.2. Alat dan Data

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

3.2.1 Alat

Alat penelitian digunakan untuk menunjang kegiatan penelitian dari awal sampai dengan tahap akhir, maka diperlukan peralatan yang digunakan yaitu:

1. Perangkat Keras

ASUS ZenBook UX303 Intel Core™ i5-6200U, RAM 4 GB, SSD 128 GB, grafis Intel HD Graphics 520, Windows 10 64-bit.

2. Perangkat lunak

- a. Aplikasi Pengolahan Data Spasial, digunakan untuk pengolahan data spasial hingga pembuatan peta.
- b. Microsoft Excel, digunakan untuk pengelompokan data.
- c. Microsoft Word, digunakan untuk pengerjaan laporan akhir.

3.2.2. Data

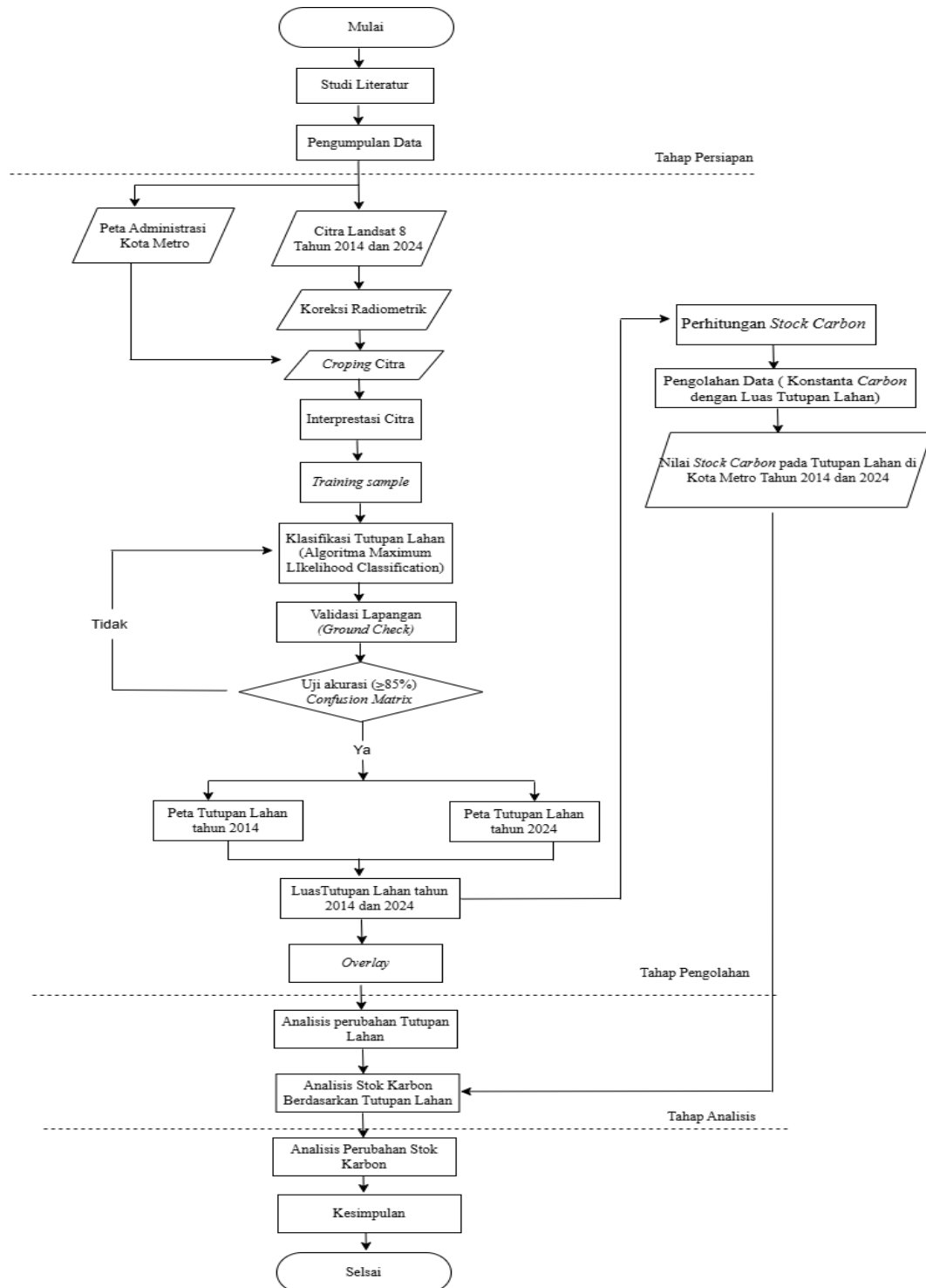
Adapun data yang dipergunakan dalam penelitian ini yaitu:

Tabel 5. Data yang digunakan dalam penelitian

No	Data	Format	Sumber
1	Citra satelit Landsat 8 tahun 2014 Dan 2024	Raster	earthexplorer.usgs.gov/
2	Peta administrasi Kota Metro	Vektor	tanahair.indonesia.go.id/
3	Data Nilai Konstanta stok karbon	Tabel	(Alfaya dan Danardono, 2024)

3.3. Diagram Alir Penelitian

Dalam tahap penelitian ini terdapat diagram alir untuk mempermudah proses pengerjaan penelitian di sajikan dalam gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3.4. Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.4.1. Studi Literatur

Pada tahapan ini, penulis mulai mengidentifikasi permasalahan dan menyusun rumusan masalah yang jelas agar penelitian dapat berjalan dengan baik. Selanjutnya, penulis membaca dan memahami berbagai informasi serta materi yang berkaitan dengan topik penelitian ini. Literatur yang digunakan berasal dari berbagai artikel, jurnal, dan buku yang membahas penelitian serupa dan relevan. Proses pencarian data dilakukan sebelum masuk ke tahap pengolahan data selanjutnya.

3.4.2. Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, data yang digunakan mencakup data spasial dan data non-spasial yang terkait dengan perubahan tutupan lahan serta perhitungan stok karbon di Kota Metro. Data spasial yang digunakan adalah citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS pada tahun 2014 dan tahun 2024, yang akan diproses untuk mendapatkan informasi mengenai kondisi tutupan lahan. Selain itu, juga digunakan peta administratif Kota Metro sebagai acuan untuk menentukan batas wilayah penelitian.

Sementara itu, data non-spasial meliputi informasi berupa data kelas tutupan lahan, faktor-faktor yang memengaruhi perubahan penggunaan lahan, serta literatur mengenai nilai konstanta karbon berdasarkan jenis tutupan lahan yang digunakan dalam perhitungan stok karbon. Data non-spasial ini juga didukung dengan pengecekan di lapangan (*ground check*) untuk memastikan akurasi hasil klasifikasi citra serta memvalidasi kondisi di lapangan.

3.4.3. Pengolahan Data

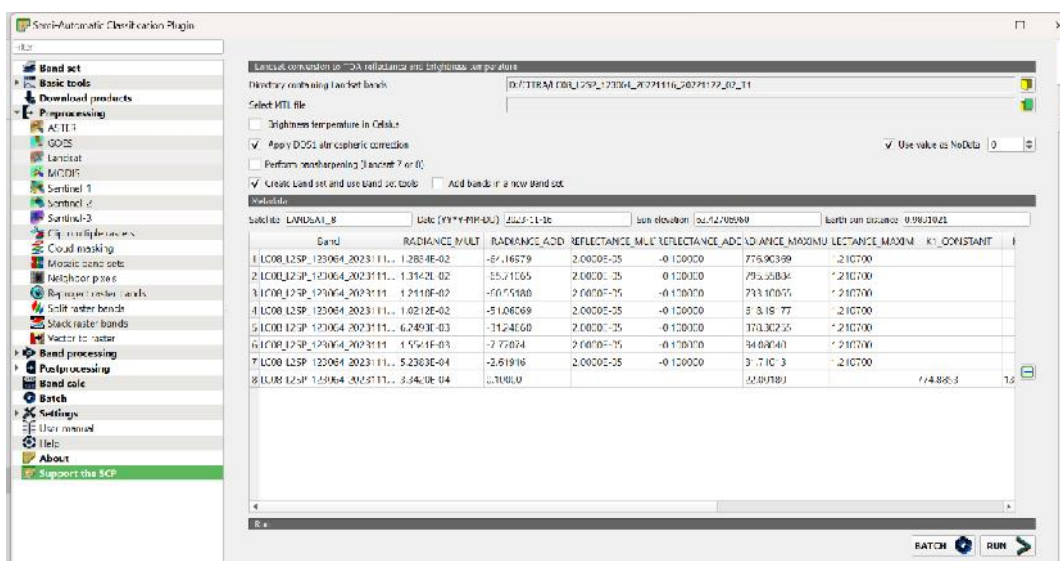
Tahapan pengolahan data yang digunakan pada penelitian ini, yang dibagi menjadi 2 tahapan, yaitu pengolahan data perubahan tutupan lahan dan menghitung stok karbon dengan menggunakan data tutupan lahan.

3.4.3.1. Tahapan Pengolahan Tutupan Lahan

Pengolahan tutupan lahan dilakukan dengan beberapa tahapan sehingga hasil klasifikasi tutupan lahan memiliki tingkat keakuratan yang baik dan dapat digunakan sebagai dasar untuk analisis lebih lanjut. Tahapan tersebut sebagai berikut:

3.4.3.1.1 .Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik bertujuan untuk mengubah nilai *digital number* setiap piksel citra menjadi nilai reflektansi yang sesuai dengan objek di permukaan bumi yang terekam dalam citra Landsat, pengaruh dinamika atmosfer dapat dihilangkan melalui koreksi radiometrik. Perangkat lunak yang disebut *Quantum GIS* (QGIS) digunakan untuk melakukan koreksi radiometrik. Citra yang telah dikoreksi disimpan dalam format "tiff".



Gambar 3.Koreksi Radiometrik

3.4.3.1.2. Composite Band

Proses *composite band* merupakan salah satu tahap penting dalam proses pengolahan citra. Pada tahap ini, setiap *band* citra satelit yang masih terpisah digabungkan menjadi satu dataset raster berbentuk multi *band*, sehingga citra dapat ditampilkan dalam berbagai kombinasi warna (*color composite*) yang dikenal dengan proses interpretasi citra. Oleh karena itu, perlu dilakukan penggabungan

melalui *Composite Band* dengan mengatur urutan *band* sesuai kombinasi warna yang diinginkan. Dalam penelitian ini, penggunaan kombinasi *band* disesuaikan dengan kebutuhan analisis tutupan lahan. Kombinasi *True Color* (RGB 4-3-2 pada Landsat 8) digunakan untuk menampilkan citra sesuai dengan penglihatan mata manusia. Proses *composite band* dilakukan melalui *ArcToolbox* → *Data Management Tools* → *Raster* → *Raster Processing* → *Composite Bands*, dengan memasukkan seluruh *band* yang diperlukan ke dalam daftar *input*.

Hasil dari proses ini adalah citra multi *band* yang sudah siap digunakan untuk tahap berikutnya, yaitu klasifikasi tutupan lahan.

3.4.3.1.3. Cropping Citra

Cropping citra adalah cara memotong data raster (citra satelit) supaya sesuai dengan batas wilayah penelitian. Tahap ini bertujuan membatasi wilayah yang dianalisis hanya pada wilayah administrasi yang menjadi fokus penelitian. Dengan demikian, data yang digunakan lebih spesifik, efisien, dan mempermudah proses pengolahan selanjutnya.

Langkah pertama, menyiapkan citra satelit sebagai *input* raster dan data batas wilayah (*shapefile*) sebagai batas wilayah. Keduanya dimasukkan ke dalam perangkat lunak *ArcGIS*. Pastikan kedua data tersebut memiliki sistem koordinat yang sama agar hasil pemotongan tidak bergeser. Selanjutnya, lakukan proses *cropping* dengan menggunakan *tool Clip Raster* yang ada di menu *Data Management Tools* → *Raster* → *Raster Processing* → *Clip*. Pada bagian *input* raster pilih citra yang akan dipotong, kemudian pada bagian *output extent* tentukan *shapefile* batas wilayah penelitian. Supaya hasil pemotongan mengikuti bentuk poligon wilayah penelitian. Setelah pemrosesan selesai, citra baru yang dihasilkan dengan bentuk dan ukuran yang sesuai dengan batas administrasi wilayah penelitian yang kemudian digunakan dalam tahapan analisis berikutnya.



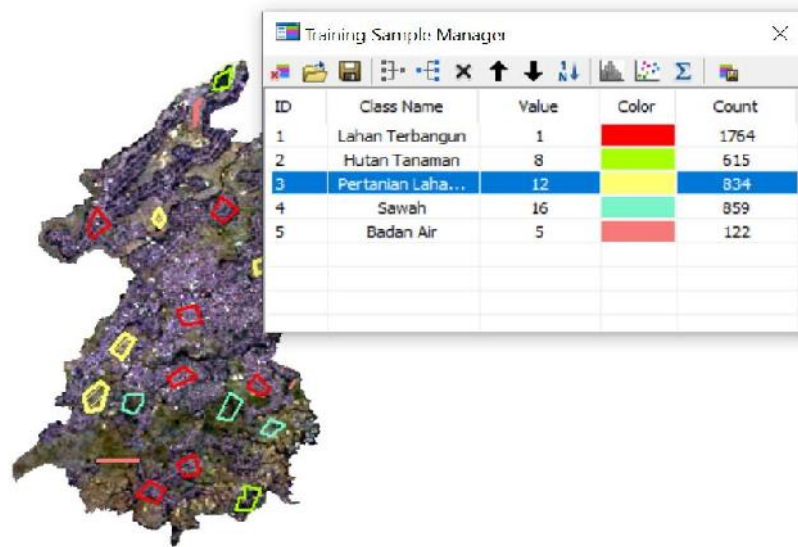
Gambar 4. *cropping Citra*

3.4.3.1.4. Klasifikasi Tutupan Lahan

Kelas tutupan lahan yang digunakan dalam penelitian ini disesuaikan dengan tutupan lahan di Kota Metro secara umum. Tutupan lahan di Kota Metro diklasifikasikan menjadi jenis – jenis berikut :

Tabel 6. Klasifikasi Tutupan Lahan

No.	Kelas Tutupan Lahan	Rincian
1.	Hutan Tanaman	Hutan Kota Hutan Industri Jalur Hijau
2.	Pertanian Lahan Kering	Lahan Pertanian
3.	Sawah	Sawah
4.	Lahan Terbangun	Permukiman
5.	Badan Air	Sungai, Jaringan Irigasi, Bendungan

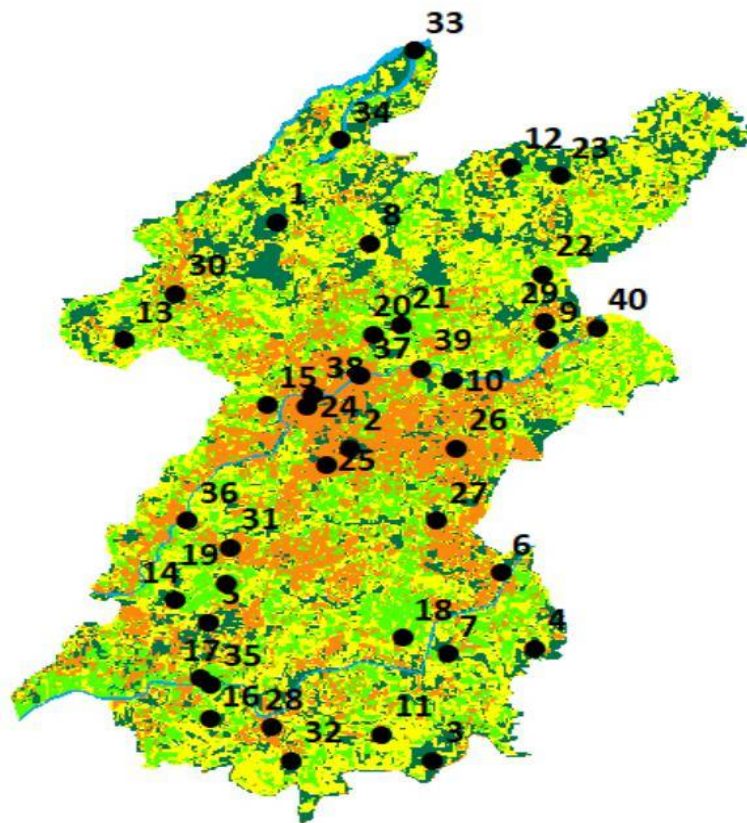


Gambar 5. Klasifikasi Tutupan Lahan

Setelah membuat *training sampel*, kemudian lakukan klasifikasi dengan metode *Maximum Likelihood Classification*. Setelah proses selesai, maka klasifikasi tutupan lahan telah selesai.

3.4.3.1.5. Validasi Lapangan

Uji validasi dilakukan untuk mengetahui tingkat ketelitian hasil klasifikasi citra satelit terhadap kondisi tutupan lahan yang sebenarnya. Dalam penelitian ini, uji akurasi dilakukan dengan bantuan *Google Earth* untuk penyesuaian tahun penelitian. Pada penelitian ini, sebanyak 40 titik sampel ditentukan berdasarkan perhitungan BIG peraturan Nomor 3 Tahun 2014. Setiap titik sampel tersebut kemudian dibandingkan menggunakan citra *Google Earth* dengan memperhatikan kondisi tutupan lahan pada tahun yang sesuai dengan penelitian. Hasil perbandingan ini kemudian dimasukkan ke dalam tabel *confusion matrix*, yaitu matriks yang memperlihatkan kesesuaian dan ketidaksesuaian antar kelas.



Gambar 6. *Titik Sampel*

Gambar 6 diatas menunjukkan peta tutupan lahan di wilayah penelitian yang dibagi menjadi lima kelas berdasarkan jenis penutup lahan. Kelas-kelas ini digunakan sebagai acuan dalam analisis spasial yang dilakukan dalam penelitian ini, terutama dalam proses pemetaan tutupan lahan dan penghitungan stok karbon.

Pada peta juga terdapat titik-titik sampel yang digunakan saat mengumpulkan data referensi. Titik sampel tersebut ditunjukkan dengan tanda titik berwarna hitam dan diberi nomor agar lebih mudah dikenali di lapangan. Dalam penelitian ini, digunakan 40 titik sampel yang tersebar di seluruh area penelitian dan mewakili setiap jenis tutupan lahan. Penempatan titik sampel ini bertujuan agar data yang didapat lebih mewakili dan membantu dalam proses klasifikasi serta pengujian ketepatan hasil pemetaan tutupan lahan.

3.4.4.1.6. Uji Akurasi

Setelah data hasil klasifikasi ditentukan, selanjutnya dibuat dalam *bentuk eror matriks* atau *confusion matrix*, yaitu tabel yang membandingkan antara kelas hasil klasifikasi dengan kelas yang sebenarnya terdapat di lapangan. Dari tabel tersebut dihitung beberapa parameter penting, yaitu:

Pada Tahun 2014

1. *Producer's Accuracy*

Hutan Tanaman	$= 8/8 = 1$
Pertanian Lahan Kering	$= 5/8 = 0,625$
Sawah	$= 8/8 = 1$
Lahan Terbangun	$= 8/8 = 1$
Badan Air	$= 7/8 = 0,875$

2. *User's Accuracy*

Hutan Tanaman	$= 8/9 = 0,88$
Pertanian Lahan Kering	$= 5/5 = 1$
Sawah	$= 8/10 = 0,8$
Lahan Terbangun	$= 8/9 = 0,88$
Badan Air	$= 7/7 = 1$

3. *Overall Accuracy*

$$\begin{aligned} OA &= 8+5+8+8+7 / 40 \\ &= 0,9 \end{aligned}$$

4. *Kappa*

$$\begin{aligned} \sum_i^r (x_i \times x_i) &= (8 \times 9) + (8 \times 5) + (8 \times 10) + (8 \times 9) + (8 \times 7) \\ &= 320 \end{aligned}$$

$$K = \frac{(40 \times 36) - 320}{(40^2) - 320} = 0,875$$

Pada Tahun 2024

1. *Producer's Accuracy*

Hutan Tanaman	$= 8/8 = 1$
Pertanian Lahan Kering	$= 7/8 = 0,875$
Sawah	$= 8/8 = 1$
Lahan Terbangun	$= 8/8 = 1$
Badan Air	$= 8/8 = 1$

2. *User's Accuracy*

Hutan Tanaman	$= 8/8 = 1$
Pertanian Lahan Kering	$= 7/7 = 1$
Sawah	$= 8/9 = 0,88$
Lahan Terbangun	$= 8/8 = 1$
Badan Air	$= 8/8 = 1$

3. *Overall Accuracy*

$$\begin{aligned} OA &= 8+7+8+8+8 / 40 \\ &= 0,975 \end{aligned}$$

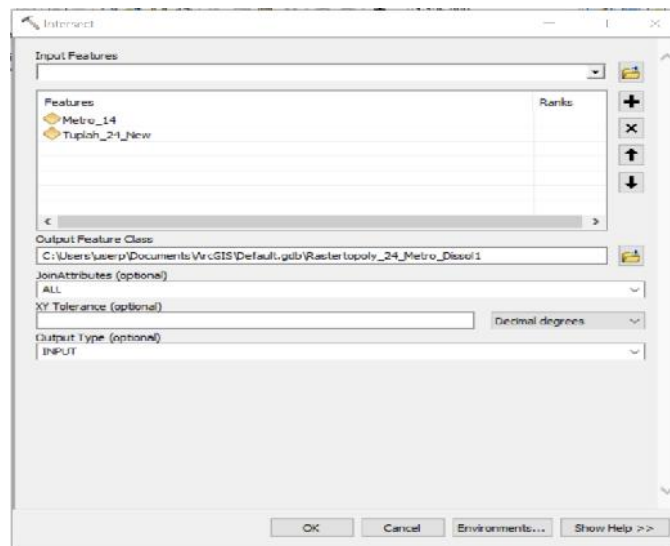
4. *Kappa*

$$\begin{aligned} \sum_i^r (x_i \times x_i) &= (8 \times 8) + (8 \times 7) + (8 \times 9) + (8 \times 8) + (8 \times 8) \\ &= 320 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K &= \frac{(40 \times 39) - 320}{(40^2) - 320} \\ &= 0,968 \end{aligned}$$

3.4.3.1.7. *Overlay* Tutupan Lahan Tahun 2014 dan 2024

Tumpang susun (*overlay*) merupakan metode untuk menyatukan dari tutupan lahan tahun 2014 dan 2024 yang berfungsi untuk melihat perbedaan perubahan penutupan lahan wilayah Kota Metro.



Gambar 7. Proses *Intersect*

3.4.3.2. Tahapan Pengolahan Stok Karbon

Pengolahan stok karbon dalam penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap, mulai dari persiapan data hingga perhitungan stok karbon. Adapun tahapan pengolahannya sebagai berikut:

3.4.3.2.1. Persiapan Data Pengolahan Stok Karbon

Persiapan data dilakukan dengan menggunakan hasil luasan tutupan lahan yang sudah diklasifikasikan dari citra dan tabel nilai stok karbon per hektar untuk setiap kelas tutupan lahan. Data tersebut disiapkan untuk tahap perhitungan stok karbon.

3.4.3.2.2. Join (penggabungan)

Tahap selanjutnya adalah menggabungkan *layer* peta tutupan lahan dengan tabel stok karbon menggunakan *tools join* di *Arcgis*. Proses ini dilakukan dengan menggabungkan atribut yang sama, seperti kode kelas atau nama kelas tutupan lahan. Hasil Penggabungan menghasilkan berupa satu *layer* baru, dimana setiap area tutupan lahan memiliki informasi tambahan berupa nilai konstanta stok karbon per hektar sesuai dengan kelasnya.



FID	Shape *	gridcode	Kelas	Luas	Nilai_konstnta
0	Polygon	0	Hutan Tanaman	1403,012952	64
1	Polygon	1	Pertanian Lahan Kering	2681,420079	10
2	Polygon	2	Sawah	1690,383845	2
3	Polygon	3	Lahan Terbangun	1534,258336	5

Gambar 8. Join Atribut Tabel

3.4.3.2.3. Perhitungan Stok Karbon

Setelah nilai stok karbon dimasukkan ke atribut tabel peta tutupan lahan, selanjutnya dilakukan perhitungan total stok karbon untuk setiap kelas tutupan lahan. Perhitungan ini dilakukan dengan cara mengalikan luas masing-masing kelas tutupan lahan (Ha) dengan nilai konstanta stok karbon per hektar pada tabel 8. Rumus yang digunakan menggunakan persamaan 6.

Tabel 7. Nilai Konstanta stok karbon berdasarkan jenis tutupan lahan

Kelas Tutupan Lahan	Konstanta Stok Karbon (ton C/ha)
Hutan Tanaman (Hutan Kota, Hutan Industri, Jalur Hijau)	64
Perkebunan / Kebun	63
Semak Belukar	30
Semak belukar rawa	30
Savanna / Padang rumput	4,5
Pertanian Lahan Kering	10

Lanjutan Tabel 7

Pertanian Lahan Kering Campur	30
Semak / Kebun Campur	
Sawah	2
Tambak	0
Lahan Terbangun	5
Lahan Terbuka	2,5
Tubuh Air	0
Pertambangan	0
Rawa	0
Awan	0
Bandara / Pelabuhan	0

Sumber : (Alfaya dan Danardono, 2024)

3.6. Perubahan Tutupan Lahan terhadap Perubahan Stok Karbon

Perubahan tutupan lahan terhadap perubahan stok karbon dilakukan dengan membandingkan hasil klasifikasi peta tutupan lahan tahun 2014 dan 2024. Setiap jenis tutupan lahan memiliki nilai stok karbon yang berbeda tergantung pada kerapatan vegetasi dan fungsi ekologisnya. Perubahan dari tutupan vegetatif seperti (hutan tanaman, pertanian lahan kering , dan sawah) menjadi lahan terbangun (permukiman atau infrastruktur) akan menyebabkan berkurangnya stok karbon di wilayah Kota Metro.

Estimasi perubahan stok karbon dilakukan menggunakan pendekatan metode *stock difference*, dengan persamaan rumus 7. Analisis ini dilakukan secara spasial menggunakan bantuan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG). Peta tutupan lahan dari kedua tahun dianalisis menggunakan metode *overlay* untuk menghitung perubahan luas tiap kelas penutup lahan. Kemudian setiap kelas tersebut dikalikan dengan nilai stok karbon per hektar sesuai referensi IPCC atau hasil penelitian yang dilakukan di lapangan. Dengan demikian, diperoleh gambaran kuantitatif tentang penurunan atau peningkatan stok karbon akibat konversi penggunaan lahan di Kota Metro selama periode 2014 dan 2024.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai Analisis Dinamika Tutupan Lahan dan Stok Karbon di Kota Metro pada tahun 2014 dan 2024, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Klasifikasi tutupan lahan di Kota Metro pada Tahun 2014 dan 2024 terbagi menjadi lima kelas yang terdiri dari Hutan Tanaman, Pertanian Lahan kering, Lahan Terbangun, Sawah, dan Badan Air. Dalam sepuluh tahun terakhir, dari tahun 2014 hingga 2024 terjadi perubahan besar pada tutupan lahan di Kota Metro, terutama terjadi perubahan dari lahan ber vegetasi ke lahan non-vegetasi, luas yang menurun adalah luas lahan hutan tanaman berkurang secara drastis dari 1.403,01 hektar pada tahun 2014 menjadi hanya 446,51 hektar pada tahun 2024, luas yang meningkat Luas lahan terbangun meningkat dari 1.534,26 hektar menjadi 1.863,45 hektar.
2. Berdasarkan hasil perhitungan total stok karbon yang tersimpan pada tutupan lahan di wilayah Kota Metro, diperoleh data kuantitatif pada dua periode yang diteliti. Total stok karbon pada tahun 2014 adalah sebesar 127.658,09 ton karbon. Selanjutnya, hasil perhitungan pada tahun 2024 menunjukkan total stok karbon sebesar 70.105,71 ton karbon. .
3. Perubahan stok karbon di Kota Metro memiliki hubungan yang erat dengan perubahan tutupan lahan, hasil perhitungan menggunakan metode stock difference, Dalam periode 2014 dan 2024 terjadi penurunan stok karbon sebesar 57.553,19 ton karbon per hektar. Konversi lahan vegetasi menjadi lahan

terbangun menjadi faktor utama yang menyebabkan menurunnya kapasitas wilayah dalam menyerap dan menyimpan karbon. Hasil ini menunjukkan bahwa dinamika tutupan lahan memiliki dampak langsung terhadap keseimbangan karbon di kawasan perkotaan.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Pemerintah Kota Metro perlu lebih memperhatikan perubahan penggunaan lahan, terutama dalam upaya menjaga dan mempertahankan kawasan hutan tanaman serta ruang terbuka hijau yang berfungsi sebagai penyerap karbon.
2. Perencanaan tata ruang sebaiknya lebih fokus pada aspek keberlanjutan lingkungan agar perubahan fungsi lahan tidak menyebabkan penurunan jumlah karbon yang berdampak besar.
3. Perlu dilakukan upaya mitigasi seperti rehabilitasi hutan, penghijauan kota, dan agroforestri untuk menggantikan hilangnya karbon akibat perubahan penggunaan lahan.
4. Masyarakat perlu lebih mengerti pentingnya tutupan vegetasi. Untuk itu, perlu dilakukan sosialisasi, pelatihan, atau kebijakan insentif agar masyarakat lebih peduli terhadap pelestarian lingkungan.
5. Penelitian berikutnya dapat menggunakan data citra satelit dengan resolusi lebih tinggi serta mengukur biomassa langsung di lapangan untuk membuat estimasi stok karbon lebih akurat.
6. Selain itu, analisis tambahan seperti perhitungan emisi karbon dan dampak sosial-ekonomi akibat perubahan tutupan lahan juga diperlukan agar hasil penelitian lebih lengkap dan menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmada, N., dan Imam Sarifudin. 2023. Analisis Penggunaan Lahan Berdasarkan Aspek Geologi Lingkungan di Kecamatan Tembalang. *Perwira Journal of Science & Engineering*, 3(2), 6–17. <https://doi.org/10.54199/pjse.v3i2.201>
- Alfaya, H. H., dan Danardono. 2024. Dinamika Perubahan Tutupan Lahan Dan Stok Karbon Di Kabupaten Grobogan. *Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 1–15. [https://eprints.ums.ac.id/129044/1/Naskah Publikasi.pdf](https://eprints.ums.ac.id/129044/1/Naskah%20Publikasi.pdf)
- Andini, S., Prasetyo, Y., dan Sukmono, A. 2018. Analisis Sebaran Vegetasi dengan Citra Satelit Sentinel menggunakan Metode NDVI dan Segmentasi (Studi Kasus: Kabupaten Demak). *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1), 14–24. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/19295>
- Anisa, R., Dewi, C., dan Fadly, R. 2024. *Kajian perubahan spasial lahan vegetasi dan cadangan karbon tersimpan*. 13(02), 44–50.
- Anisa, R., Dewi, C., Murdapa, F., dan Rahmadi, E. 2024. Kabupaten Lampung Selatan *Land Use Mapping of Sukamaju Hamlet , Natar Village , South Lampung*. 23–29.
- Badan Informasi Geospasial. 2014. Peraturan BIG Nomor 3 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Mangrove. *Badan Informasi Geospasial*, 14.
- Garcia, A. R., Filipe, S. B., Fernandes, C., Estevão, C., dan Ramos, G. (n.d.). *Metro dalam angka 2015*.
- Hariyatno Dwiprabowo. 2018. Dinamika Tutupan Lahan : Pengaruh Faktor Sosial Ekonomi (Issue May).
- Indriani, M. A. 2018. Estimasi Cadangan Karbon Sebagai Indikator Hijau Di Wilayah Pembangkit Listrik. *Jurnal Tekno Global UIGM Fakultas Teknik*,
- Karizal, I. 2013. *Skenario Perubahan Penggunaan Lahan Berdasarkan Emisi Rendah Karbon Di Daerah Aliran Sungai Maros*. 319–324.
- Kaswanto, R. L., Aurora, R. M., Yusri, D., dan Sjaf, S. 2021. Analisis Faktor Pendorong Perubahan Tutupan Lahan selama Satu Dekade di Kabupaten

- Labuhanbatu Utara. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(1), 107–116.
- Kurniawati, U. F. 2021. Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Besaran Stok Karbon di Kota Surabaya. July.
- Latue, P. C., Septory, J. S. I., dan Rakuasa, H. 2023. Perubahan Tutupan Lahan Kota Ambon Tahun 2015, 2019 dan 2023. *JPG (Jurnal Pendidikan Geografi)*, 10(1), 177–186. <https://doi.org/10.20527/jpg.v10i1.15472>
- Lukiawan, R., Hari, E., dan Ayundyahrini, M. 2019. Manfaat Bagi Pengguna *Standards of Geometric Correction of Satellite Images Medium Resolution and*. 45–54.
- Manuri, S., Agung, C., dan Dwi, A. 2011. *Teknik Pencadangan Carbon*.
- Moh Firdaus Rahawarin. 2025. Biomassa Tumbuhan Bawah Pada Berbagai Tipe Hutan Alam Di Negeri Hatusua . Provinsi Maluku . Understory Biomass In Various Types Of Natural Forests In *Hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan berisi sumberdaya alam hayati yang didominasi pepoh*. 1(41), 1113–1128.
- Nadzir, Z. A., Simarmata, N., Agustina, L. K., dan Welly, T. K. 2024. Identifikasi Permukiman Kumuh Dari Citra Pleiades Dengan Metode Maximum Likelihood Classification , Obia Dan Neural Network Classification Di Bumiwaras , Bandar Lampung Maximum Likelihood Classification , Obia Dan Neural Network Classification Di Bumiwaras , Bandar Lampung (*Slums Identification using Pleiades Satellite Imagery with Maximum Likelihood Classification , OBIA and Neural Network Classification Method in Bumiwaras , Bandar Lampung*). June. <https://doi.org/10.24895/gm.v30i1.145>
- Noer, M., dan Wibowo, A. 2024. Identifikasi Perubahan Tutupan Lahan dengan Metode Klasifikasi Terbimbing menggunakan Data *Google Earth*. 12(1), 32–41.
- Nurazizah, R., dan Surabaya, U. N. 2022. *Pemanfaatan citra penginderaan jauh dalam bidang kelautan*. March.
- Purwanto, E. H., dan Lukiawan, R. 2019. Parameter Teknis Dalam Usulan Standar Pengolahan Penginderaan Jauh : Metode Klasifikasi Terbimbing *Technical Parameter on Proposed of Remote Sensing Processing Data : Supervised*. 67–78.
- Putri, R., dan Jaelani, L. M. 2017. Analisis Perubahan Tutupan Lahan Daerah Aliran Sungai Rawapening dengan Sentinel-1A Tahun 2015-2016. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Rachman, T. A., Bagus, I., Widiartha, K., dan Afwani, R. (n.d.). Mataram Berbasis Web (*Web-Based Geographic Information System for Mapping Cafes in*

- Rezekiah, A. A., Fithria, A., Syam'ani, Shiba, Y. N., dan Najla, S. 2024. Cadangan Karbon Pada Berbagai Tipe Tutupan Lahan Di Kalimantan Selatan (Vol. 17).
- Risky, M., Malik, I. B. I., dan Saraswati, Z. F. 2023. Studi Model Pengaruh Perubahan Jumlah Penduduk Terhadap Penggunaan Lahan Di Kota Metro Tahun 2010-2020. 03(August).
- Rizaldi, B. M. 2021. Analisis Perubahan Stock Karbon Berdasarkan Perubahan Penutupan Lahan Dari Tahun 1990 – Tahun 2020 Di Wilayah Pesisir Kabupaten Lamongan, Provinsi Jawa Timur [Skripsi]. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 3(2), 6.
- Rizki, F. P., Hermawan, E., dan Susanto, A. 2024. Penyerapan Karbon Berdasarkan Perubahan Tutupan Lahan Pada Taman Nasional Tesso Nilo. 17(September 2023), 187–204. <https://doi.org/10.31258/jil.17.2.p>.
- Saputra, R., Tjahjono, B., dan Pravitasari, A. E. 2022. Analisis Kemandirian Pangan Berbasis Perubahan Penggunaan Lahan di Kota Metro, Provinsi Lampung. *Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Kota*, 18(4), 336–350.
- Statistik, B. P., dan Langkat, K. 2025. *Volume 18, 2025. 18*.