

**ANALISIS PENGARUH FENOMENA *EL NINO* DAN *LA NINA*
TERHADAP PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN
(Studi Kasus: Kabupaten Serang, Banten)**

(Skripsi)

Oleh

**ANNISA ERSA AZZAHRA
NPM 2015071030**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

**ANALISIS PENGARUH FENOMENA *EL NINO* DAN *LA NINA*
TERHADAP PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN
(Studi Kasus: Kabupaten Serang, Banten)**

Oleh

ANNISA ERSAAZZAHRA

Skripsi

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

Pada

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



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

ANALISIS PENGARUH FENOMENA *EL NINO* DAN *LA NINA* TERHADAP PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN (Studi Kasus: Kabupaten Serang, Banten)

Oleh

ANNISA ERSA AZZAHRA

Fenomena *El Nino Southern Oscillation* (ENSO) merupakan salah satu fenomena iklim global yang memengaruhi pola cuaca, suhu permukaan daratan, dan kondisi vegetasi pada suatu wilayah. ENSO dapat memengaruhi perubahan tutupan lahan melalui perubahan kondisi iklim, terutama curah hujan dan suhu permukaan daratan yang menyebabkan kekeringan maupun peningkatan kelembapan. Penelitian ini bermaksud serta menganalisis pengaruh fenomena ENSO terhadap perubahan tutupan lahan di Kabupaten Serang, Banten.

Penelitian menggunakan data spatio-temporal periode 2019-2024 yang meliputi curah hujan CHIRPS, suhu permukaan daratan dari citra Sentinel-3, kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan dari citra Sentinel-2A. Metode yang digunakan meliputi interpolasi *Inverse Distance Weighted* (IDW) untuk menghasilkan persebaran curah hujan, *Split Window Algorithm* (SWA) untuk menghasilkan persebaran suhu permukaan daratan, *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk mengidentifikasi kerapatan vegetasi, dan *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) untuk mengidentifikasi kerapatan bangunan. Analisis hubungan antarvariabel dilakukan menggunakan korelasi *Pearson* dan regresi linier berganda.

Hasil penelitian menunjukkan terjadinya perubahan tutupan lahan yang ditandai dengan penurunan proporsi lahan nonbangunan dari sekitar 65% menjadi 45% selama periode penelitian. Berdasarkan hasil uji korelasi dan regresi linier berganda, fenomena ENSO berpengaruh signifikan terhadap perubahan tutupan lahan selama periode 2019-2024. Namun, pengaruh variabel curah hujan, suhu permukaan daratan, dan kerapatan vegetasi terhadap perubahan tutupan lahan hanya sebesar 40,1%, sedangkan sebesar 59,9% sisanya dipengaruhi oleh faktor lainnya.

Kata Kunci: ENSO, Curah Hujan, Suhu Permukaan Daratan, Kerapatan Vegetasi, Kerapatan Bangunan, Pengaruh

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE IMPACT OF EL NINO AND LA NINA PHENOMENA ON LAND COVER CHANGES (Case Study: Serang Regency, Banten)

By

Annisa Ersah Azzahra

The *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO) is a global climate phenomenon that influences weather patterns, land surface temperature, and vegetation conditions in a region. ENSO can affect land cover change through climate variability, particularly changes in rainfall and land surface temperature that may cause drought or increased humidity. This study aims to identify land cover changes and analyze the influence of ENSO on land cover change in Serang Regency. This study employed spatio-temporal data from 2019-2024, including CHIRPS rainfall data, land surface temperature derived from Sentinel-3 imagery, vegetation density and building density derived from Sentinel-2A imagery. The methods used consisted of the Inverse Distance Weighted (IDW) interpolation for rainfall processing, the Split Window Algorithm (SWA) for land surface temperature extraction, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for vegetation density analysis, and the Normalized Difference Built-up Index (NDBI) for building density analysis. Pearson correlation and multiple linear regression analyses were applied to examine the relationships among variables. The results indicate that land cover change occurred during the study period. As shown by a decrease in non-built-up land proportion from approximately 45%. Based on the correlation and multiple linear regression analyses, ENSO had a significant influence on land cover change during the 2019-2024 period. However, the contribution of rainfall, land surface temperature, and vegetation density variables to land cover change was only 40,1%, while the remaining 59,9% was influenced by other factors outside the variables examined in this study that also contributed to land cover change in the study area.

Keywords: ENSO, Rainfall, Land Surface Temperature, Vegetation Density, Built-up Density, Influence

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : ANALISIS PENGARUH FENOMENA *EL NINO* DAN *LA NINA* TERHADAP PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN (Studi Kasus: Kabupaten Serang, Banten)

Nama Mahasiswa : *Annisa Ersya Azzahra*

Nomor Pokok Mahasiswa : 2015071030

Program Studi : S1 Teknik Geodesi dan Geomatika

Fakultas : Teknik



Pembimbing 1

Pembimbing 2

[Signature]
Ir. Armijon, S.T., M.T., IPU
NIP 19730410200811008

[Signature]
Anggun Tridawati, S.T., M.T.
NIP 199501302022032016

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika


[Signature]

Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.
NIP 196410121992031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Ir. Armijon, S.T., M.T., IPU



Sekretaris : Anggun Tridawati, S.T., M.T



Penguji Utama Bukan Pembimbing : Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D



2. Dekan Fakultas Teknik



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 20 Februari 2026

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Annisa Ers Azzahra

Nomor Pokok Mahasiswa : 2015071030

Program Studi : S1 Teknik Geodesi

Jurusan : Teknik Geodesi dan Geomatika

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang berjudul “Analisis Pengaruh Fenomena *El Nino* dan *La Nina* Terhadap Perubahan Tutupan Lahan (Studi Kasus: Kabupaten Serang, Banten)” adalah hasil pekerjaan saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak berisi tentang karya yang telah dipublikasikan atau ditulis, kecuali sebagai kutipan atau acuan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah pada umumnya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku, apabila pernyataan ini tidak benar.

Bandar Lampung, 11 Juni 2026



Annisa Ers Azzahra

2015071030

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bekasi, pada 21 Juni 2001, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, pasangan Bapak Abdul Rahman Purwadi dan Ibu Surtini. Pendidikan penulis diawali bersekolah di Taman Kanak-Kanak Al-Fatah pada tahun 2005 hingga 2007, Sekolah Dasar Negeri Aren Jaya IX Bekasi pada tahun 2007 hingga 2013, Sekolah Menengah Pertama Negeri 3 Bekasi pada tahun 2013 hingga 2016, Sekolah Menengah Atas Negeri 18 Bekasi pada tahun 2016 hingga 2019. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung pada tahun 2020 melalui jalur SBMPTN.

Selama menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Geodesi, penulis aktif dalam Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM FT) sebagai Staff Ahli Dinas Advokesma pada tahun 2020 hingga 2021, Himpunan Mahasiswa Teknik Geodesi (HIMAGES) sebagai Sekretaris umum pada tahun 2021 hingga 2022, dan menjadi Anggota Forum Komunikasi Ikatan Mahasiswa Geodesi Indonesia (IMGI) pada tahun 2022 hingga 2023. Penulis melaksanakan Kemah Kerja (KK) di Dusun Sindangsari, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan selama 20 hari pada periode bulan Januari 2023. Penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kotabatu, Kecamatan Kota Agung, Kabupaten Tanggamus selama 40 hari pada periode bulan Juni hingga Agustus 2023. Selain itu, Penulis juga telah melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Kantor ATR/BPN Kota Administrasi Jakarta Barat selama 3 bulan pada bulan September hingga Desember 2023.

PERSEMBAHAN



Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya lah saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Karya tulis sederhana ini, kupersembahkan untuk:

Ibu (Surtini) dan Ayah (Abdul Rahman Purwadi) selaku kedua orang tua. Terima kasih atas segala kasih sayang, doa, serta dukungan yang tak pernah berhenti diberikan. Terima kasih pula karena selalu mempercayai setiap keputusan dan langkah yang saya ambil dalam menempuh Pendidikan ini. Segala pencapaian ini tidak akan terwujud tanpa doa dan keikhlasan kalian.

Kepada Suami (Muhammad Agus Alfazri) dan Anak (Chloe Shenaya Haelyn Aziza) saya, yang selalu memberikan motivasi dan semangat, serta mendukung saya tanpa henti hingga saat ini. Juga kepada teman-teman satu almamater jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Angkatan 2020.

Dosen Pembimbing Bapak Ir. Armijon, S.T., M.T., IPU. dan Ibu Anggun Tridawati, S.T., M.T. yang sudah membantu saya dalam mengarahkan, memberi nasihat, dan mengajari saya sampai skripsi ini terselesaikan.

MOTTO

“Barangsiapa bertakwa kepada Allah niscaya Dia akan
membukakan jalan keluar baginya”

(Qs. At-Talaq: 2)

*“Papa is getting old, mama is getting old. The clock
never stops ticking. I just pray God gives me enough
time to give back and show how grateful I am for all
their sacrifices”*

(Graciell)

“Chloe Shenaya Haelyn Aziza”

(Annisa Ersah Azzahra)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha esa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**ANALISIS PENGARUH FENOMENA *EL NINO* DAN *LA NINA* TERHADAP PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN (Studi Kasus: Kabupaten Serang, Banten)**”. terselesaikannya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, kerjasama, dan dukungan berbagai pihak. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., ASEAN Eng. selaku Rektor
2. Bapak Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, M.T. IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika.
4. Bapak Romy Fadly, S.T., M.Eng. selaku Dosen Koordinator Skripsi.
5. Bapak Eko Rahmadi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
6. Bapak Ir. Armijon, S.T., M.T., IPU. selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa membimbing dan memberikan arahan, ide, kritik, dan saran serta memberikan semangat dan motivasi kepada penulis selama proses pengerjaan skripsi ini.
7. Ibu Anggun Tridawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing, memberi masukan, memberikan motivasi dan juga semangat, serta mengarahkan penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
8. Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun kepada penulis selama proses penyelesaian skripsi ini.
9. Seluruh Dosen, Staf, dan Karyawan Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu pengetahuan.
10. Kedua orang tua penulis Ayah Rahman dan Mama Tini, Adik-Adik (Aulia dan Fira), Kakek-Nenek (Mbah Kung dan Mbah Nti), serta seluruh keluarga yang

penulis sayangi dan cintai selamanya. Terimakasih telah senantiasa memberikan do'a, kasih sayang, motivasi, semangat, dan dukungan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

11. Suami Muhammad Agus Alfazri dan anak penulis Chloe Shenaya Haelyn Aziza yang sangat penulis sayangi dan cintai. Terimakasih telah senantiasa memberikan do'a, kasih sayang, motivasi, semangat, dan dukungan apapun yang penulis butuhkan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
12. Teman-teman seperjuangan di dunia perkuliahan penulis (Almarhumah Shelfia Meylinda, Sisilia Helda Rotua, Gita Permata Sari, dan Luthfiana Aura Maharani). Terimakasih telah menemani dan tetap membersamai ketika penulis dalam keadaan suka maupun duka selama di perkuliahan sampai penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
13. Teman-teman Teknik Geodesi dan Survey Pemetaan Angkatan 2020. Terimakasih atas kebersamaan dan dukungannya selama masa perkuliahan.
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
15. Terakhir, untuk diri sendiri, Annisa Ers Azzahra. Terimakasih telah berjuang dan berusaha sangat keras untuk mewujudkan keinginan keluarga agar dapat menjadi Sarjana pertama di keluarga besar. Apresiasi sebesar-besarnya karena telah berani bertanggungjawab untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai.

Bandar Lampung, 10 Juni 2026
Penulis

Annisa Ers Azzahra
2015071030

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang dan Masalah	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Kerangka Pemikiran	3
1.4. Hipotesis.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Penelitian Terdahulu	7
2.2. Kerangka Konseptual	11
2.3. Landasan Konseptual	12
2.3.1. ENSO dan Pengaruhnya terhadap Tutupan Lahan.....	12
2.3.2. Iklim dan Curah Hujan.....	14
2.3.3. Suhu Permukaan Daratan (LST).....	15
2.3.4. Kerapatan Vegetasi	16
2.3.5. Kerapatan Bangunan dan Perubahan Tutupan Lahan	17
2.3.6. Tinjauan Wilayah Kabupaten Serang, Banten	20
2.3.7. Penginderaan Jauh dan Pengumpulan Data	22
2.3.8. Uji Akurasi.....	29
III. METODE PENELITIAN	33
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	33
3.2. Diagram Alir Penelitian	34
3.3. Tahap Persiapan Penelitian	35
3.3.1. Studi Literatur	35
3.3.2. Pengumpulan Data.....	36
3.4. Tahap Pengolahan Data.....	36

3.4.1. <i>Cropping</i> Citra	36
3.4.2. Pengolahan Data Curah Hujan.....	37
3.4.3. Pengolahan Data LST	39
3.4.4. Pengolahan Data Kerapatan Vegetasi	39
3.4.5. Pengolahan Data Kerapatan Bangunan	40
3.4.6. Validasi Lapangan dan Uji Akurasi.....	41
3.5. Tahap Analisis Data	43
3.5.1. Analisis Pengaruh Fenomena ENSO terhadap Perubahan Tutupan Lahan	43
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1. Hasil.....	45
4.1.1. Interpolasi Curah Hujan.....	45
4.1.2. Klasifikasi Suhu Permukaan Daratan (LST) 2019-2024.....	52
4.1.3. Kerapatan Vegetasi (NDVI) 2019-2024	59
4.1.4. Kerapatan Bangunan 2019-2024	76
4.1.5. Perubahan Tutupan Lahan Kabupaten Serang Selama Periode ENSO 2019-2024	94
4.2. Pembahasan	99
4.2.1. Hubungan Variabel terhadap Tutupan Lahan Hubungan Variabel Curah Hujan, LST, Kerapatan Vegetasi terhadap Tutupan Lahan	99
4.2.2. Pengaruh Hubungan Curah Hujan, Suhu Permukaan Daratan, Kerapatan Vegetasi terhadap Tutupan Lahan.....	106
4.2.3. Pengaruh ENSO Terhadap Perubahan Tutupan Lahan Selama Periode 2019 – 2024.....	112
4.2.4. Hasil Pengujian Hipotesis.....	113
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	115
5.1. Simpulan	115
5.2. Saran.....	115
DAFTAR PUSTAKA.....	117
LAMPIRAN A	125
LAMPIRAN B	169
LAMPIRAN C.....	177

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tabel 1. Penelitian Terdahulu	7
2. Tabel 2. Klasifikasi Intensitas El Nino dan La Nina	13
3. Tabel 3. Klasifikasi curah hujan	15
4. Tabel 4. Nilai LST	16
5. Tabel 5. Klasifikasi tutupan lahan	18
6. Tabel 6. Produk citra sentinel 3	23
7. Tabel 7. Karakteristik band sentinel-2a	24
8. Tabel 8. Klasifikasi NDVI	26
9. Tabel 9. Klasifikasi NDBI	27
10. Tabel 10. Interpretasi nilai korelasi	31
11. Tabel 11. Luas tiap kelas curah hujan 2019-2020	46
12. Tabel 12. Luas tiap kelas curah hujan 2020-2021	48
13. Tabel 13. Luas tiap kelas curah hujan 2021-2022	49
14. Tabel 14. Luas tiap kelas curah hujan 2022-2023	50
15. Tabel 15. Luas tiap kelas curah hujan 2023-2024	52
16. Tabel 16. Luas tiap kelas LST 2019-2020	53
17. Tabel 17. Luas tiap kelas LST 2020-2021	54
18. Tabel 18. Luas tiap kelas LST 2021-2022	56
19. Tabel 19. Luas tiap kelas LST 2022-2023	57
20. Tabel 20. Luas tiap kelas LST 2023-2204	58
21. Tabel 21. Hasil validasi peta kerapatan vegetasi 2019-2020	60
22. Tabel 22. Perhitungan confusion matrix peta kerapatan vegetasi 2019-2020 ..	61
23. Tabel 23. Luas tiap kelas kerapatan vegetasi 2019-2020	62
24. Tabel 24. Hasil validasi peta kerapatan vegetasi 2020-2021	64
25. Tabel 25. Confusion matrix peta kerapatan vegetasi 2020 - 2021	65
26. Tabel 26. Luas tiap kelas kerapatan vegetasi 2020-2021	66

27. Tabel 27. Hasil validasi peta kerapatan vegetasi 2021-2022.....	67
28. Tabel 28. Perhitungan confusion matrix peta kerapatan vegetasi 2021-2022..	68
29. Tabel 29. Luas tiap kelas kerapatan vegetasi 2021 - 2022	69
30. Tabel 30. Hasil validasi peta kerapatan vegetasi 2022-2023.....	71
31. Tabel 31. Perhitungan confusion matrix peta kerapatan vegetasi 2022-2023..	72
32. Tabel 32. Luas tiap kelas kerapatan vegetasi 2022 - 2023	73
33. Tabel 33. Hasil validasi peta kerapatan vegetasi 2023-2024.....	74
34. Tabel 34. Perhitungan confusion matrix peta kerapatan vegetasi 2023-2024..	75
35. Tabel 35. Luas tiap kelas kerapatan vegetasi 2023 - 2024	76
36. Tabel 36. Hasil validasi peta kerapatan bangunan 2019 - 2020	78
37. Tabel 37. Confusion matrix peta kerapatan bangunan 2019 - 2020	79
38. Tabel 38. Luas tiap kelas kerapatan bangunan 2019 - 2020.....	80
39. Tabel 39. Hasil validasi peta kerapatan bangunan 2020 - 2021	81
40. Tabel 40. Confusion matrix peta kerapatan bangunan 2020 - 2021	82
41. Tabel 41. Luas tiap kelas kerapatan bangunan 2020 - 2021	83
42. Tabel 42. Hasil validasi peta kerapatan bangunan 2021 - 2022	85
43. Tabel 43. Confusion matrix peta kerapatan bangunan 2021 - 2022	86
44. Tabel 44. Luas tiap kelas kerapatan bangunan 2021 - 2022.....	87
45. Tabel 45. Hasil validasi peta kerapatan bangunan 2022 - 2023	88
46. Tabel 46. Confusion matrix peta kerapatan bangunan 2022 - 2023	89
47. Tabel 47. Luas tiap kelas kerapatan bangunan 2022 - 2023.....	90
48. Tabel 48. Hasil validasi peta kerapatan bangunan 2023 - 2024	92
49. Tabel 49. Confusion matrix peta kerapatan bangunan 2023 - 2024.....	93
50. Tabel 50. Luas tiap kelas kerapatan bangunan 2023 - 2024.....	94
51. Tabel 51. Luas kerapatan bangunan Kabupaten Serang tahun 2019 - 2024.....	96
52. Tabel 52. Perubahan tutupan lahan 2019-2020 hingga 2020-2021	96
53. Tabel 53. Perubahan tutupan lahan tahun 2020-2021 hingga 2021-2022	97
54. Tabel 54. Perubahan tutupan lahan tahun 2021-2022 hingga 2022-2023	98
55. Tabel 55. Perubahan tutupan lahan tahun 2022-2023 hingga 2023-2024	99
56. Tabel 56. Data variabel korelasi dan regresi	102
57. Tabel 57. Hasil analisis korelasi p-value	102
58. Tabel 58. Hasil analisis korelasi derajat hubungan	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Gambar 1. Diagram kerangka konseptual.....	11
2. Gambar 2. Grafik fluktuasi index ONI	13
3. Gambar 3. Peta lokasi penelitian	33
4. Gambar 4. Diagram alir penelitian.....	35
5. Gambar 5. Hasil cropping peta	37
6. Gambar 6. Hasil interpolasi curah hujan.....	38
7. Gambar 7. Nilai maksimal, minimal, dan rata-rata curah hujan.....	38
8. Gambar 8. Perhitungan konversi suhu	39
9. Gambar 9. Rumus NDVI	40
10. Gambar 10. Rumus NDBI.....	41
11. Gambar 11. Sebaran titik sampel	42
12. Gambar 12. Peta curah hujan 2019-2020.....	46
13. Gambar 13. Peta curah hujan 2020-2021	47
14. Gambar 14. Peta curah hujan 2021-2022.....	48
15. Gambar 15. Peta curah hujan 2022-2023.....	50
16. Gambar 16. Peta curah hujan 2023-2024.....	51
17. Gambar 17. Peta LST 2019-2020	52
18. Gambar 18. Peta LST 2020-2021	54
19. Gambar 19. Peta LST 2021-2022	55
20. Gambar 20. Peta LST 2022-2023	56
21. Gambar 21. Peta LST 2023-2024	58
22. Gambar 22. Peta kerapatan vegetasi 2019-2020.....	59
23. Gambar 23. Peta kerapatan vegetasi 2020-2021	63
24. Gambar 24. Peta kerapatan vegetasi 2021-2022.....	66
25. Gambar 25. Peta kerapatan vegetasi 2022-2023.....	70

26. Gambar 26. Peta kerapatan vegetasi 2023-2024.....	73
27. Gambar 27. Peta kerapatan bangunan 2019-2020	77
28. Gambar 28. Peta kerapatan bangunan 2020-2021	80
29. Gambar 29. Peta kerapatan bangunan 2021-2022	84
30. Gambar 30. Peta kerapatan bangunan 2022-2023	87
31. Gambar 31. Peta kerapatan bangunan 2023-2204	91
32. Gambar 32. Grafik kerapatan bangunan Kabupaten Serang 2019-2024	95
33. Gambar 33. Grafik antar variabel terhadap ENSO periode 2019-2024.....	100

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Perubahan iklim global merupakan salah satu isu lingkungan paling signifikan yang saat ini sedang dihadapi di dunia. Fenomena ini ditandai dengan meningkatnya suhu permukaan bumi secara global akibat peningkatan emisi gas rumah kaca, perubahan sirkulasi atmosfer, serta ketidakseimbangan energi di sistem iklim bumi (Suadnyani dkk., 2023). Salah satu dampak nyata dari perubahan iklim global adalah meningkatnya intensitas dan frekuensi kejadian iklim ekstrem, termasuk terganggunya pola cuaca dan musim yang telah berlangsung secara alami selama ribuan tahun.

Salah satu fenomena iklim yang sangat dipengaruhi oleh perubahan iklim global adalah fenomena ENSO. *El Nino Southern Oscillation* atau yang biasa disebut dengan ENSO, yang merupakan suatu fenomena alam yang muncul di Samudra Pasifik dan memiliki dampak terhadap kondisi cuaca di sekitarnya. Fenomena ENSO adalah suatu pola iklim global yang ditandai dengan fluktuasi suhu permukaan laut (SST) di Samudra Pasifik tropis serta perubahan tekanan atmosfer di atasnya. Perubahan ini mempengaruhi pola angin pasat (*trade winds*), suhu permukaan laut, serta sistem tekanan udara pada kawasan tersebut. ENSO terdiri dari tiga fase utama, yaitu *El Nino*, *La Nina*, dan kondisi netral, yang menyebabkan curah hujan minim pada fase *El Nino* dan curah hujan tinggi pada fase *La Nina* (Nurkhalifah dkk., 2024).

Indonesia sebagai negara kepulauan di wilayah tropis sangat rentan terhadap dampak fluktuasi ENSO. Hal ini disebabkan karena fenomena ENSO dapat memicu perubahan pola curah hujan dan suhu permukaan daratan yang berimplikasi pada

pergeseran musim hujan dan kemarau yang tidak menentu (Alfiqri dkk., 2024). Berdasarkan data dari situs *ggweather.com*, tercatat bahwa sepanjang tahun 2019-2024 telah terjadi beberapa fase ENSO di dunia, dengan puncak *La Nina Moderate* pada tahun 2020-2021 dan fase *Strong El Nino* pada tahun 2023-2024 (Krisnanto dkk., 2024).

Di Indonesia, fenomena ENSO berkorelasi erat dengan perubahan curah hujan dan suhu permukaan tanah (*Land Surface Temperature/LST*) yang dapat menimbulkan kekeringan parah hingga kebakaran hutan dan lahan pada fase *el nino* seperti yang terjadi pada tahun 1997-1998 di Sebagian hutan Kalimantan dan Sumatra (Wibowo dkk., 2022), dan krisis air bersih di Bandung pada tahun 2023 (R Widiastutie, 2023), serta curah hujan ekstrem dan banjir pada fase *la nina* seperti terjadinya peningkatan kasus demam berdarah dengue selama periode *la nina* tahun 2016-2027 (Indriyati dan Mahanani, 2024). Dampak tersebut berimplikasi luas terhadap lingkungan, seperti deforestasi akibat kebakaran hutan, konversi hutan menjadi lahan pertanian atau perkebunan, terganggunya pola tanam, perubahan lahan basah akibat kelebihan air, hingga bencana longsor dan degradasi lahan di wilayah pegunungan (Ariani dkk., 2024).

Dalam jangka panjang, fenomena ini dapat menyebabkan perubahan spasial dan temporal terhadap tutupan lahan, termasuk meningkatnya luas lahan tidak terkelola, degradasi hutan, serta perubahan dalam penggunaan dan pemanfaatan lahan oleh masyarakat. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Ryadi dkk., 2019) juga dijelaskan bahwa variabilitas persebarahan curah hujan dan suhu permukaan laut secara spasio-temporal merupakan salah satu dampak dari fenomena ENSO. Perubahan ekstrem tersebut dapat menyebabkan kekeringan lahan. Persebaran curah hujan dan suhu permukaan laut memiliki hubungan yang searah dimana jika suhu permukaan laut tinggi maka curah hujan juga tinggi. Berdasarkan hubungan tersebut, ENSO memiliki peran signifikan terhadap perubahan luas kekeringan lahan di suatu wilayah.

Kabupaten Serang yang berada di Provinsi Banten merupakan salah satu provinsi yang berada di paling barat Pulau Jawa, secara geografis terletak pada posisi koordinat di antara 105°7' - 105°22' Bujur Timur dan 5°50' - 6°21' Lintang Selatan,

memiliki luas wilayah sebesar 1.469,66 km² dan terdiri dari daerah dataran rendah berbukit dengan ketinggian 1.778 meter di atas permukaan laut merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang terdampak langsung dari fenomena ENSO. Terdapat 573 hektar sawah mengalami kekeringan pada tahun 2023, selain itu Bupati Serang Ratu Chasanah bahkan menetapkan Keputusan Bupati Nomor 360/Kep.467-Huk.BPBD/2023 tentang Penetapan Status Tanggap Darurat Bencana Kekeringan di Kabupaten Serang akibat dampak kekeringan, krisis air bersih, dan kemarau yang panjang selama fase *El Nino* tahun 2023 (KIP, 2023). Kabupaten Serang, sebagai salah satu wilayah strategis dengan perubahan lahan yang cepat di Provinsi Banten, mengalami dinamika perubahan tutupan lahan yang dipengaruhi oleh fenomena ENSO. Melalui penelitian ini, penulis akan menganalisis pengaruh fenomena ENSO terhadap perubahan tutupan lahan di Kabupaten Serang, Banten pada periode 2019-2024.

Dengan mengetahui bagaimana fenomena ENSO mempengaruhi tutupan lahan dapat membantu Masyarakat untuk memahami perubahan ekologi dan lingkungan yang terjadi di Kabupaten Serang secara lebih akurat, dan dapat menjadi dasar bagi pemerintah daerah dalam membuat kebijakan pengelolaan lahan yang lebih tangguh terhadap perubahan iklim.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan perubahan tutupan lahan di Kabupaten Serang, Banten selama periode ENSO tahun 2019 - 2024
2. Menganalisis pengaruh fenomena ENSO terhadap perubahan tutupan lahan di Kabupaten Serang, Banten selama periode tahun 2019 - 2024.

1.3. Kerangka Pemikiran

Pada penelitian ini kerangka pemikiran dibagi menjadi dua bagian, yaitu Batasan masalah dan sistematika penulisan.

a. Batasan Masalah

Adapun penelitian ini memiliki ruang lingkup sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di Kabupaten Serang, Provinsi Banten.
2. Data acuan yang digunakan adalah data periode *Oceanic Nino Index* (ONI) selama 5 tahun sejak tahun 2019 - 2024 yang bersumber dari *website* resmi *National Weather Service, Climate Prediction Center*.
3. Data variabel yang digunakan berupa Data Curah Hujan dari satelit CHIRPS tahun 2019 - 2024, Citra Satelit Sentinel 3 tahun 2019 - 2024 dan Citra Satelit Sentinel 2-A tahun 2019 - 2024 yang diperoleh dari <https://browser.dataspace.copernicus.eu/> dan Peta Administrasi Kabupaten Serang yang diperoleh dari <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/>.
4. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah curah hujan, suhu permukaan daratan, kerapatan vegetasi, dan kerapatan bangunan (NDBI).
5. Metode yang digunakan dalam pengolahan data curah hujan adalah interpolasi *Inverse Distance Weighted* (IDW), data suhu permukaan daratan menggunakan metode *Split Window Algorithm* (SWA), data kerapatan vegetasi menggunakan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), dan kerapatan bangunan menggunakan metode *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI).
6. Dalam analisis pengaruh fenomena ENSO terhadap tutupan lahan menggunakan metode uji korelasi *Pearson* antara variabel curah hujan, suhu permukaan daratan, dan kerapatan vegetasi terhadap kerapatan bangunan, kemudian dilakukan analisis regresi linier berganda untuk mendeskripsikan hubungan antar variabel dan melihat perubahannya.
7. Pengolahan data citra menggunakan pengolahan data spasial *software* pengolah data spasial, serta untuk pengolahan korelasi dan regresi antar variabel menggunakan *software* IBM SPSS *Statistics* 25.

b. Sistematika Penulisan

Pada penulisan ini menggunakan sistematika penulisan yang mengacu pada Panduan Penulisan Karya Ilmiah Universitas Lampung 2020, di mana pada

acuan tersebut setiap bab menguraikan konsep dan penjelasan yang berbeda, tetapi saling berhubungan satu sama lain.

Pendahuluan penelitian yang terdapat pada Bab I memuat gambaran umum mengenai fenomena ENSO beserta dampaknya terhadap kondisi lingkungan. Pada bab ini dijelaskan latar belakang penelitian, masalah, tujuan penelitian, kerangka pemikiran, serta hipotesis penelitian yang menjadi dasar dalam menganalisis hubungan fenomena ENSO terhadap perubahan tutupan lahan di Kabupaten Serang, Banten selama periode 2019-2024. Selanjutnya, Bab II menyajikan landasan teori dan tinjauan pustaka yang mendukung penelitian, meliputi konsep ENSO, konsep dari setiap variabel, teori penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Selain itu, bab ini juga menjelaskan metode yang digunakan, serta analisis korelasi dan regresi sebagai dasar analisis penelitian.

Pada Bab III menjelaskan metode penelitian yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian. Pembahasan bab ini meliputi lokasi dan waktu penelitian, jenis dan sumber data, tahapan pengolahan data, variabel penelitian terkait fenomena ENSO, serta metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi perubahan tutupan lahan dan menganalisis pengaruh ENSO terhadap kondisi wilayah penelitian. Penjelasan metodologi disusun secara sistematis agar proses penelitian dapat dipahami secara jelas dan terarah.

Selanjutnya hasil penelitian dan pembahasan yang mencakup pemetaan parameter fisik wilayah, analisis perubahan tutupan lahan selama periode ENSO, serta hubungan antara fenomena ENSO dengan perubahan tutupan lahan di Kabupaten Serang, Banten dijelaskan pada Bab IV. Kesimpulan berdasarkan hasil penelitian mengenai keterkaitan fenomena ENSO terhadap perubahan tutupan lahan terdapat di dalam Bab V. Pada bab ini juga disampaikan saran yang diharapkan dapat menjadi rekomendasi bagi penelitian selanjutnya maupun sebagai bahan pertimbangan dalam upaya pengelolaan dan penanganan perubahan tutupan lahan akibat fenomena ENSO di Kabupaten Serang, Banten.

1.4. Hipotesis

Fenomena ENSO merupakan fenomena anomali iklim yang sangat berpengaruh pada keadaan pola cuaca di suatu wilayah atau kota. Akibat dari anomali cuaca tersebut adalah terjadinya kekeringan parah hingga kebakaran hutan dan lahan di beberapa wilayah pada fase *El Nino* serta terjadinya hujan dengan intensitas ekstrim hingga bencana banjir pada fase *La Nina*, hal ini secara tidak langsung juga akan mempengaruhi penggunaan lahan di suatu wilayah atau kota. Berdasarkan kajian awal yang telah dilakukan, fenomena ENSO diduga telah memengaruhi perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Serang, Banten saat terjadi kekeringan pada fase *El Nino* pada tahun 2023. Berdasarkan latar belakang tersebut, didapatkan bahwa fenomena ENSO berpengaruh signifikan terhadap perubahan tutupan lahan di Kabupaten Serang, Banten. Perubahan tersebut didasarkan pada variabel curah hujan, suhu permukaan daratan, dan kerapatan vegetasi yang memiliki signifikansi terhadap kerapatan bangunan di setiap fase fenomena ENSO.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Untuk mengetahui dampak-dampak perubahan tutupan lahan akibat pengaruh dari fenomena ENSO diperlukan penelitian lebih lanjut dengan berbagai macam metode dan beberapa variabel tertentu. Pada bab ini akan membahas penelitian terdahulu, landasan konseptual, serta kerangka konseptual penelitian.

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu yang serupa. Penelitian-penelitian terdahulu tersebut membantu menulis untuk memahami dan memberikan beberapa pertimbangan serta masukan untuk analisis lebih lanjut tentang penelitian ini. Penjelasan terkait penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No.	Penulis dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Hasil
1.	(Ryadi dkk., 2019)	Pengaruh Fenomena <i>El Nino</i> dan <i>La Nina</i> Pada Persebaran Curah Hujan dan Tingkat Kekeringan Lahan di Pulau Bali	Metode pengolahan yang digunakan adalah komposit data citra harian untuk data suhu permukaan laut dan curah hujan, sedangkan untuk pengamatan kekeringan lahan menggunakan metode NDDI dan VHI. Analisis pengaruh fenomena <i>El Nino</i> dan <i>La Nina</i> menggunakan analisis statistik regresi linier.	Hasil dari penelitian ini menunjukkan pengaruh <i>El Nino</i> dan <i>La Nina</i> terhadap persebaran curah hujan dan suhu permukaan laut memiliki hubungan searah yaitu jika suhu permukaan laut tinggi maka curah hujan juga tinggi. Selain itu, penelitian ini menyimpulkan bahwa terdapat pengaruh dari perubahan index ONI sebagai indikator <i>El Nino</i> dan <i>La Nina</i> terhadap perubahan luas kekeringan lahan dengan besar pengaruh sebesar 86%.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

2.	(Eboy dan Kemarau, 2023)	<i>Study Variability of the Land Surface Temperature of Land Cover during El Nino Southern Oscillation (ENSO) in a Tropical City</i>	Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode pengolahan data citra satelit.	Hasil dari penelitian ini adalah kekuatan ENSO memengaruhi variasi suhu di area studi. Selama peristiwa <i>El Nino</i> , pada area perkotaan menunjukkan suhu permukaan daratan yang lebih tinggi dibandingkan dengan vegetasi, lahan basah, dan badan air, pola sebaliknya secara konsisten juga terjadi selama peristiwa <i>La Nina</i> .
3.	(Imroah dan Setiawan, 2024)	<i>Integration of Landsat-8 OLI/TIRS and Sentinel-1A PolSAR for Analyzing Land Surface Temperature and It's Anomalies Linked to ENSO in Surakarta, Indonesia</i>	Metode penelitian ini menggunakan pemrograman <i>Python</i> untuk mengekstrak data LST dari sensor pasif <i>Landsat-8 OLI/TIRS</i> dengan algoritma <i>Mono-Window</i> . Untuk klasifikasi tutupan lahan dilakukan dengan citra sensor aktif <i>Sentinel-1A</i> menggunakan dekomposisi polarimetri dengan <i>Wishart</i> tanpa pengawasan. Hasil LST dan tutupan lahan tersebut kemudian dilakukan analisis regresi dan anomali berdasarkan fenomena ENSO.	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penutupan lahan berpengaruh langsung terhadap variasi LST selama periode penelitian, dibuktikan dengan nilai signifikansi masing-masing tipe penutup lahan dan menunjukkan korelasi positif. Namun, Korelasi tersebut tergolong rendah yang artinya perubahan tutupan lahan bukan merupakan suatu factor yang dominan yang menyebabkan perubahan LST.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

4.	(Bagus dkk., 2019)	Menyimak Fenomena Pemanasan Global/Perubahan Iklim (<i>La Nina</i>), Alih Fungsi Lahan dan Mitigasi Kerusakan Lingkungan di Pulau Bali	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan mengumpulkan data primer (langsung ke lapangan) dan data sekunder (informasi dari media cetak).	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa saat fenomena <i>La Nina</i> , komoditri Perkebunan seperti produksi kopi masa panennya menjadi lebih pendek, buah mengalami kerontokkan sebelum masak, sehingga produksi Perkebunan mengalami penurunan. Selain itu, beberapa Pantai di Bali permukaan air lautnya mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Air laut naik ke darat menggenangi areal persawahan seluas kurang lebih lima hektar. Fenomena <i>La Nina</i> juga bisa disaksikan dengan hilangnya habitat kepiting purba di Pulau Nusa Penida dan naik ke darat menempati sebuah Gua Giri Putri. Alih fungsi areal persawahan menjadi rumah tinggal penduduk terus berlangsung.
----	--------------------	--	--	---

1. Penelitian 1

Penelitian yang dilakukan oleh Ryadi dkk. pada tahun 2019 serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis. Penelitian Ryadi dkk. pada

tahun 2019 menggunakan metode komposit data citra harian untuk data suhu permukaan laut dan curah hujan, serta metode NDDI dan VHI untuk menganalisis kekeringan (Ryadi dkk., 2019). Penulis menggunakan juga metode komposit data citra harian, namun penulis menggunakan metode NDVI untuk menganalisis indeks vegetasi suatu wilayah, penulis juga menambahkan metode NDBI untuk mengidentifikasi kerapatan bangunan di Kabupaten Serang, Banten.

2. Penelitian 2

Penelitian yang dilakukan Eboy dan Kemarau pada tahun 2023 menggunakan data citra satelit untuk mengetahui variasi suhu saat fenomena ENSO terjadi (Eboy dan Kemarau, 2023). Pada penelitian ini penulis juga menggunakan data citra Sentinel-2A untuk mengetahui kerapatan vegetasi.

3. Penelitian 3

Pada penelitian yang dilakukan Imroah dan Setiawan pada tahun 2024 menjelaskan penggunaan analisis regresi untuk mengetahui dan membuktikan pengaruh tutupan lahan terhadap variasi suhu LST selama periode ENSO terjadi (Imroah dan Setiawan, 2024). Pada penelitian ini penulis menggunakan metode analisis korelasi dan regresi untuk membuktikan pengaruh fenomena ENSO terhadap perubahan tutupan lahan yang terjadi.

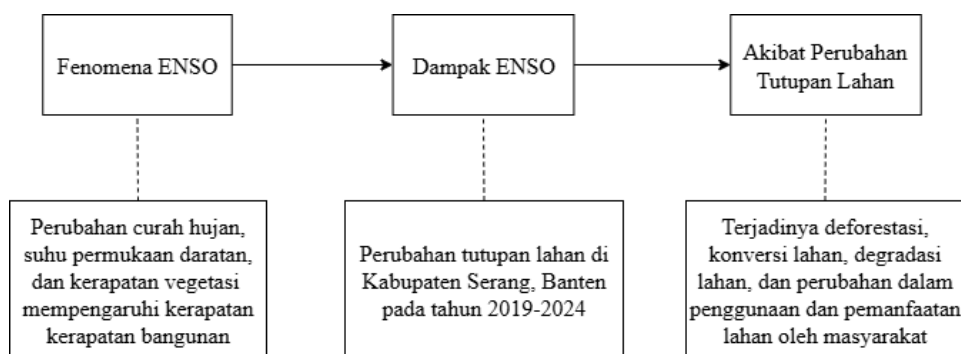
4. Penelitian 4

Penelitian yang dilakukan oleh Bagus dkk. pada tahun 2019 menganalisis perubahan tutupan lahan akibat fenomena ENSO yang mana penelitian ini relevan dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Pada penelitian ini, penulis menambahkan beberapa variabel dan analisis terbaru serta metode yang berbeda, seperti penulis menganalisis dengan 4 variabel yaitu curah hujan, kerapatan vegetasi, suhu permukaan daratan, dan kerapatan bangunan, dengan mempertimbangkan data acuan Index ONI. Penelitian ini menggunakan metode spasial interpolasi IDW pada variabel curah hujan, SWA pada variabel suhu permukaan daratan, NDVI pada variabel kerapatan vegetasi, serta NDBI pada variabel kerapatan bangunan, dan analisis korelasi *Pearson* serta regresi linier berganda untuk melihat pengaruh fenomena ENSO terhadap perubahan tutupan lahan.

Pada penelitian terdahulu umumnya hanya berfokus pada analisis pengaruh curah hujan (CH) dan suhu permukaan daratan (LST) terhadap tingkat kekeringan selama periode ENSO, sehingga kajian mengenai dampak fenomena ENSO terhadap perubahan tutupan lahan masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut dengan menganalisis pengaruh fenomena ENSO terhadap perubahan tutupan lahan menggunakan variabel curah hujan (CH), suhu permukaan daratan (LST), kerapatan vegetasi, dan kerapatan bangunan.

2.2. Kerangka Konseptual

Kabupaten Serang, Banten merupakan salah satu wilayah yang terdampak fenomena ENSO. Hal ini didukung dengan telah terjadinya bencana kekeringan akibat pengaruh *El Nino* di Kabupaten Serang, Banten pada tahun 2023. Fenomena tersebut perlu dianalisis lebih lanjut mengenai hubungan ENSO terhadap dampaknya kepada penggunaan tutupan lahan. Variabel curah hujan, LST, kerapatan vegetasi, dan penggunaan lahan diperhitungkan untuk melihat hubungan langsung dari fenomena ENSO. Setelah didapatkan hasil dari hubungan tersebut, kemudian dapat dianalisis lebih lanjut mengenai perubahan dan besar pengaruh fenomena tersebut terhadap tutupan lahan. Adapun diagram kerangka konseptual dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram kerangka konseptual

2.3. Landasan Konseptual

Penggunaan lahan di suatu wilayah dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah pola cuaca di wilayah tersebut. Pola cuaca tersebut yang dimaksud adalah curah hujan dan suhu permukaan. Pola cuaca ini akan mempengaruhi penggunaan lahan di wilayah tersebut. Terdapat suatu fenomena yang akan mempengaruhi pola cuaca, yang disebut dengan ENSO yang dapat diketahui dengan indikator ONI. Dengan adanya fenomena tersebut, akan berdampak pula pada perubahan penggunaan lahan di suatu wilayah.

2.3.1. ENSO dan Pengaruhnya terhadap Tutupan Lahan

ENSO yang merupakan singkatan dari *El Nino Southern Oscillation* merupakan suatu fenomena iklim alami yang melibatkan interaksi antara lautan dan atmosfer di wilayah Samudera Pasifik tropis dan memiliki dua fase utama, yaitu fase *El Nino* dan fase *La Nina* (Amalia dkk., 2025). Kedua fase tersebut memiliki pengertian terbalik, di mana *El Nino* seringkali disebut dengan fase “pemanasan” dan *La Nina* seringkali disebut dengan fase “pendinginan”. Fase *El Nino* ditandai dengan kenaikan suhu permukaan laut di bagian Tengah dan timur Samudera Pasifik tropis yang berdampak pada menurunnya curah hujan di wilayah Australia, Indonesia, dan Sebagian wilayah Asia Tenggara, sedangkan *La Nina* yang merupakan kebalikan dari *El Nino* merupakan penurunan suhu di kawasan yang sama yang berdampak pada meningkatnya curah hujan di Indonesia, Australia, dan sebagian wilayah Asia Tenggara (Silaban dan Johan, 2025).

Fenomena ENSO dapat dipantau intensitasnya dengan menggunakan indikator ONI (*Oceanic Nino Index*) yang dikelola oleh *National Oceanic and Atmospheric Administration*. Cara perhitungan indikator ONI menggunakan nilai rata-rata 3 bulan dari anomali suhu permukaan laut di wilayah Nino 3.4. Wilayah yang termasuk ke dalam Nino 3.4. terletak di Tengah Samudra Pasifik Tropis, antara 170° bujur timur sampai 120° bujur barat dan 5° lintang utara sampai 5° lintang Selatan, dimana pada wilayah tersebut termasuk Indonesia, Filipina, Australia bagian utara

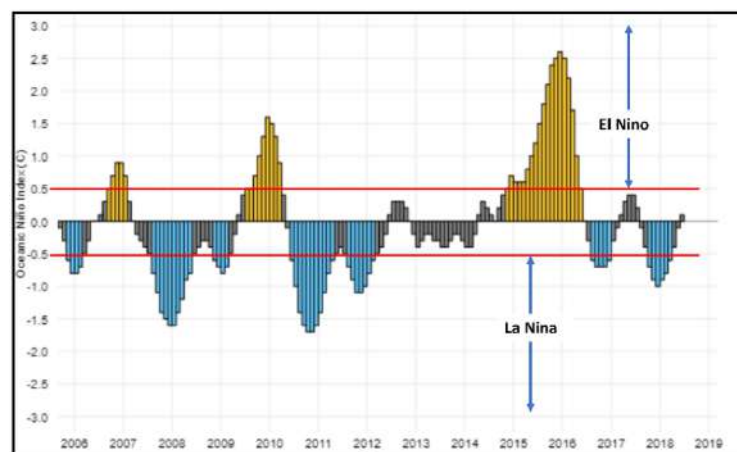
dan timur, Amerika Serikat bagian Selatan dan barat daya (Krisnanto dkk., 2024). Secara umum, rentang nilai ONI berada dalam kisaran sekitar -1,5 hingga 1,5, meskipun dapat berbeda pada kasus anomali ekstrem. Rentang nilai ONI secara spesifik terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Intensitas *El Nino* dan *La Nina*

Anomali SST	Keterangan
<-1,5	<i>Strong La Nina</i>
-1,5 hingga -1,0	<i>Moderate La Nina</i>
-1,0 hingga -0,5	<i>Weak La Nina</i>
-0,5 hingga 0,5	Normal
0,5 hingga 1,0	<i>Weak El Nino</i>
1,0 hingga 1,5	<i>Moderate El Nino</i>
>1,5	<i>Strong El Nino</i>

Sumber: BMKG (Nugraheni & Zakaria, 2023)

Pada saat nilai index ONI bernilai positif, maka suhu permukaan laut yang berada di Pasifik Timur akan lebih hangat dibandingkan biasanya. Sebaliknya pada saat nilai index ONI bernilai negatif, maka suhu permukaan laut di Pasifik Timur lebih tinggi dari suhu permukaan laut di Pasifik Tengah. Jika ONI positif ini mencapai nilai >5 , maka periode tersebut sudah termasuk fase episode *El Nino* dan jika ONI negatif ini mencapai nilai <-5 , maka periode tersebut sudah termasuk fase episode *La Nina* (Alamsyah dkk., 2025). Fluktuasi index ONI dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik fluktuasi index ONI
Sumber: *National Weather Service* (Amarillo, 2019)

Tutupan lahan di suatu wilayah seringkali berubah berdasarkan beberapa faktor, salah satunya dapat disebabkan oleh faktor iklim dan cuaca. Fenomena ENSO dapat menyebabkan perubahan tutupan lahan secara langsung maupun secara

tidak langsung melalui penurunan curah hujan dan lahan terdegradasi saat fase *el nino* dan peningkatann curah hujan saat fase *la nina* (Rizqi dan Rahayu, 2017). Fenomena ENSO tersebut dapat memiliki dampak panjang terhadap perubahan tutupan lahan seperti terjadinya perubahan struktur ekosistem, pengurangan keanekaragaman hayati, perubahan albedo dan siklus karbon, dan pemanasan permukaan bumi.

Umumnya pengaruh fenomena ENSO terhadap perubahan tutupan lahan bersifat kompleks dan signifikan, terutama di wilayah tropis seperti Indonesia. ENSO yang merupakan fenomena iklim global yang ditandai oleh anomali suhu permukaan laut di wilayah ekuator samudera Pasifik Tengah dan Timur tersebut juga mempengaruhi pola cuaca regional seperti suhu, curah hujan, kelembaban udara, dan frekuensi bencana, yang secara langsung maupun tidak langsung berdampak pada tutupan lahan (Pribadi dkk., 2006). Perubahan tersebut dapat melalui perubahan iklim mikro berupa peningkatan atau penurunan suhu yang berpengaruh pada vegetasi, peningkatan risiko kebakaran hutan akibat kekeringan ekstrim saat fase *el nino*, hingga perubahan aktivitas manusia.

2.3.2. Iklim dan Curah Hujan

Iklim merupakan keadaan cuaca secara rata-rata di suatu wilayah dalam jangka waktu yang panjang, biasanya 30 tahun atau lebih, sedangkan cuaca merupakan keadaan atmosfer pada suatu waktu dan tempat tertentu, yang dapat berubah dalam jangka pendek (Alfiandy dkk., 2020). Iklim dipengaruhi oleh letak geografis, ketinggian, arus laut, dan topografi. Iklim digunakan untuk mengklasifikasikan wilayah seperti iklim tropis, subtropic, kutub, dan sebagainya. Unsur-unsur yang terdapat dalam iklim adalah sama dengan unsur-unsur yang terdapat dalam cuaca, seperti curah hujan, suhu, kelembaban, angin, dan tekanan udara (Sugiharto dkk., 2025).

Curah hujan merupakan suatu bentuk presipitasi atmosfer yang diukur berdasarkan jumlah air cair yang jatuh ke permukaan tanah dalam suatu wilayah tertentu dan dalam periode waktu tertentu, yang biasanya dinyatakan dalam

satuan milimeter (mm) dalam satuan waktu tertentu (jam, hari, bulan, atau tahun) (Marvelino, 2024). Curah hujan dapat diukur menggunakan ombrometer atau *tipping bucket rain gauge*. Faktor-faktor yang mempengaruhi curah hujan meliputi suhu udara, kelembaban, keadaan topografi di suatu wilayah, sistem angin, kondisi laut dan fenomena iklim (seperti *el nino* dan *la nina*), vegetasi serta tutupan lahan. Terjadinya fenomena ENSO di suatu wilayah dapat menyebabkan perubahan curah hujan yang cukup signifikan pada wilayah terdampak, seperti terjadinya penurunan curah hujan di bawah rata-rata hingga kekeringan pada fase *el nino* dan terjadinya peningkatan curah hujan di atas rata-rata hingga perubahan musim kemarau pada fase *la nina*. Terdapat rentang nilai untuk mengklasifikasikan curah hujan yang tertulis pada Tabel 3 (Suryo Haryani dkk., 2012).

Tabel 3. Klasifikasi curah hujan

Variabel	Intensitas	Klasifikasi
Curah Hujan (CH)	0-100 mm/bulan	Rendah
	100-300 mm/bulan	Menengah
	300-500 mm/bulan	Tinggi
	>500 mm/bulan	Sangat Tinggi

Sumber: BMKG (Hidayat dkk., 2019)

2.3.3. Suhu Permukaan Daratan (LST)

LST atau *Land Surface Temperature* merupakan salah satu faktor yang menyebabkan pola perubahan cuaca di suatu wilayah. LST adalah suhu aktual di bagian permukaan bumi seperti tanah, vegetasi, bangunan, atau air yang diukur berdasarkan radiasi termal inframerah yang dipancarkan oleh permukaan tersebut. LST merepresentasikan jumlah energi panas yang tersimpan atau dipancarkan dari permukaan ke atmosfer, yang berbeda dengan suhu udara (*air temperature*) yang diukur pada ketinggian sekitar dua meter di atas permukaan tanah (Izah dkk., 2023). Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi LST di antaranya adalah jenis tutupan lahan, kelembaban tanah, jenis permukaan tanah, topografi dan ketinggian, serta waktu pengamatan.

ENSO yang merupakan fenomena iklim berdasarkan interaksi antara atmosfer dan laut di wilayah Samudera Pasifik tropis yang memiliki dua fase dapat mempengaruhi perubahan suhu permukaan laut sehingga menyebabkan gangguan sirkulasi atmosfer global, terutama pada pola angin, curah hujan, termasuk suhu permukaan tanah. LST yang merupakan salah satu variabel tersebut terjadi akibat dari berkurangnya curah hujan di wilayah tropis tertentu (termasuk sebagian besar wilayah Indonesia), kelembaban tanah menurun sehingga mengurangi evaporasi, meningkatnya akumulasi energi panas di permukaan bumi, serta terjadinya pemanasan daratan yang signifikan terutama di daerah yang mengalami kekeringan atau penurunan vegetasi selama fase *el nino*. Sebaliknya, terjadinya permukaan tanah lebih basah sehingga evaporasi menjadi lebih tinggi dan pertumbuhan vegetasi meningkat saat fase *la nina* (Darlina dkk., 2018).

Rentang klasifikasi suhu LST sangat bergantung pada Lokasi geografis, waktu pengamatan, jenis tutupan lahan, serta musim. Namun, secara umum untuk wilayah tropis berdasarkan berbagai studi dan pengamatan satelit terutama MODIS dan *Landsat* terdapat pada Tabel 4 (Munir dkk., 2015).

Tabel 4. Nilai LST

Kondisi ENSO	Rentang LST Umum (°C)	Karakteristik
Normal	28°C-38°C	Suhu permukaan tanah cenderung stabil, dipengaruhi oleh musim kemarau dan hujan
<i>El Nino</i>	32°C-45°C (bisa lebih tinggi pada lahan terbuka/kering)	LST meningkat karena penurunan curah hujan, kekeringan, dan degradasi vegetasi
<i>La Nina</i>	25°C-35°C (tergantung tutupan vegetasi dan curah hujan)	LST cenderung menurun karena kelembaban tanah tinggi dan vegetasi meningkat

Sumber: *National Weather Service* (Amarillo, 2019)

2.3.4. Kerapatan Vegetasi

Vegetasi merujuk pada Kumpulan tumbuhan yang menutupi suatu wilayah tertentu, baik dalam bentuk hutan, semak belukar, padang rumput, maupun lahan pertanian. Vegetasi memiliki peran yang sangat penting dalam sistem ekosistem

darat karena dapat berperan sebagai penyimpanan karbon, pengendalian erosi, pengaturan siklus air, dan stabilisasi iklim mikro. Sedangkan kerapatan vegetasi merupakan Tingkat atau intensitas tutupan vegetative yang berada dalam suatu wilayah, yang menunjukkan seberapa padat atau lebat wilayah tersebut tertutupi oleh tumbuhan (Nugroho dkk., 2016).

Fenomena ENSO pada kedua fase utamanya mempengaruhi kerapatan vegetasi suatu wilayah secara tidak langsung, melalui perubahan suhu dan pola curah hujan. Hubungan tersebut bersifat spasial-temporal, yaitu hubungan yang saling berkaitan antar kedua variabel berdasarkan lokasi dan waktu secara bersamaan. Kerapatan vegetasi dan fenomena ENSO dapat digambarkan seperti pada saat fase *el nino* terjadi penurunan curah hujan yang menyebabkan kekeringan, sehingga kekeringan tersebut berpengaruh kepada tingkat stress air pada tanaman hingga vegetasi menurun drastis. Sedangkan pada fase *la nina* dapat digambarkan bahwa terjadinya curah hujan yang meningkat menyebabkan peningkatan pula terhadap kelembaban tanah, sehingga kondisi ini mendukung pertumbuhan vegetasi secara optimal.

Kerapatan vegetasi dapat digunakan sebagai salah satu indikator respon vegetasi terhadap fenomena ENSO, yang kemudian dikombinasikan dengan variabel LST dan curah hujan. Dalam pengolahan data penginderaan jauh, kerapatan vegetasi seringkali dikaji menggunakan indeks vegetasi seperti NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) (Rahman dkk., 2017).

2.3.5. Kerapatan Bangunan dan Perubahan Tutupan Lahan

Kerapatan bangunan merupakan ukuran seberapa banyak atau seberapa padat bangunan yang terdapat dalam suatu satuan luas wilayah tertentu (Trinufi dan Rahayu, 2020). Kerapatan bangunan seringkali digunakan untuk mengukur intensitas pemanfaatan ruang terbangun di suatu wilayah, biasanya dalam bentuk jumlah bangunan atau luas bangunan per satuan luas wilayah. Kerapatan bangunan seringkali digunakan sebagai komponen tutupan lahan. Metode yang digunakan dalam klasifikasi kerapatan bangunan adalah metode NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*).

Tutupan lahan (*land cover*) merupakan representasi fisik dari permukaan bumi yang terlihat dari udara atau citra satelit, termasuk elemen-elemen alami dan buatan manusia seperti hutan, sawah, pemukiman, air, padang rumput, dan permukaan terbuka (Sampurno dan Thoriq, 2016). Tutupan lahan adalah deskripsi fisik atau biofisik permukaan bumi yang dapat diamati secara langsung, baik melalui observasi lapangan maupun teknologi penginderaan jauh. Tutupan lahan menggambarkan apa yang secara nyata menutupi permukaan tanah. Penggunaan lahan adalah representasi mengenai bagaimana manusia memanfaatkan lahan tersebut untuk berbagai kebutuhan sosial, ekonomi, dan budaya yang berkaitan dengan aktivitas, fungsi, atau tujuan dari suatu area lahan (Nuraeni dkk., 2017).

Dalam studi geospasial, kerapatan bangunan, tutupan lahan dan penggunaan lahan memiliki hubungan keterkaitan erat dan seringkali dipetakan secara bersamaan untuk memberikan informasi mengenai identifikasi konversi suatu lahan, menganalisis dampak ekologis dari perubahan penggunaan lahan, dan memprediksi perubahan tutupan vegetasi akibat aktivitas manusia. Tutupan lahan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori umum berdasarkan sistem klasifikasi seperti yang tertera pada Tabel 5 (Maksum dkk., 2016).

Tabel 5. Klasifikasi tutupan lahan

Kategori	Contoh
Vegetasi alami	Hutan hujan tropis, Semak belukar
Lahan pertanian	Sawah, ladang, kebun
Lahan terbangun	Pemukiman, jalan, bangunan
Lahan terbuka	Tanah kosong, padang rumput kering
Badan air	Sungai, danau
Lahan basah (<i>wetlands</i>)	Rawa-rawa, hutan mangrove

Sumber: BIG (Maksum dkk., 2016)

Untuk mendapatkan hasil dari klasifikasi penggunaan lahan, dapat dilakukan dengan metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) seperti *Maximum Likelihood* dan SVM, klasifikasi tak terbimbing (*unsupervised classification*) seperti *K-means*, dan menggunakan *machine learning* seperti *Random Forest*, *Decision Tree*, dan *Neural Network* (Arison dang dkk., 2015).

Lahan merupakan bagian dari bentang alam yang mencakup aspek-aspek lingkungan fisik seperti hidrologi, topografi atau bentuk permukaan, iklim, serta vegetasi alami yang secara potensial berpengaruh besar terhadap pola pemanfaatan lahan (Armijon, 2020). Perubahan tutupan lahan merupakan bentuk dari proses interaksi sejalan antara aktifitas manusia dengan sumberdaya lahan, yang terdistribusi secara spasial (Latue dkk., 2023). Seringkali perubahan tutupan lahan disebut dengan beralihnya fungsi lahan yang satu dengan lahan yang lain dan berhubungan langsung maupun tidak langsung. Perubahan ini dapat berupa pengurangan, penambahan, atau konversi jenis tutupan lahan, baik karena proses alami maupun aktivitas manusia (Ramadhan dan Nugroho, 2025).

Terdapat beberapa jenis perubahan tutupan lahan seperti degradasi tutupan lahan yang berarti penurunan kualitas atau fungsi ekosistem seperti hutan berubah menjadi semak belukar, konversi tutupan lahan yang berarti perubahan dari satu jenis tutupan ke jenis lainnya misalnya hutan menjadi sawah, dan regenerasi atau pemulihan yang berarti pertumbuhan vegetasi kembali misalnya lahan terbuka menjadi hutan sekunder.

Perubahan tutupan lahan dapat disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya faktor alam dan faktor manusia. Termasuk ke dalam faktor alam yaitu berupa perubahan iklim dan variabilitasnya seperti perubahan curah hujan dan suhu, faktor bencana alam seperti letusan gunung dan banjir, dan siklus ekologi alami seperti perubahan musiman. Faktor manusia yang dapat berakibat pada perubahan tutupan lahan dapat berupa konversi lahan, pertumbuhan jumlah penduduk, eksploitasi sumber daya alam, kebijakan tata ruang dan pembangunan, dan perubahan sosial-ekonomi.

Perubahan tutupan lahan seringkali membawa dampak, baik positif maupun negatif, namun seringkali dampak yang muncul adalah dampak negatif seperti kehilangan keanekaragaman hayati, perubahan iklim lokal dan global, gangguan siklus hidrologi, erosi dan degradasi tanah, serta emisi karbon. Perubahan tersebut terjadi karena beberapa faktor, salah satunya adalah berdasarkan faktor alam yang memaksa manusia untuk melakukan perubahan tersebut.

2.3.6. Tinjauan Wilayah Kabupaten Serang, Banten

Kabupaten Serang merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Banten, yang berada di ujung barat Pulau Jawa. Secara geografis Kabupaten Serang terletak pada koordinat 5°50' - 6°21' Lintang Selatan dan 105°0' - 106°22' Bujur Timur. Luas wilayah Kabupaten Serang yaitu seluas 146.966 Hektar. Kabupaten Serang memiliki 29 Kecamatan yang terdiri dari 326 desa. Selain itu, di Kabupaten Serang juga terdapat beberapa pulau yang terletak di wilayah perairan, yakni tercatat sebanyak 17 pulau. (Pemerintah Kabupaten Serang, 2021).

A. Topografi Kabupaten Serang, Banten

Wilayah Kabupaten Serang secara topografi meliputi dataran rendah dan pegunungan dengan ketinggian antara 0 sampai 1.778 meter di atas permukaan laut (mdpl). Sebagian besar dataran rendah memiliki ketinggian kurang dari 500 mdpl, sementara dataran tinggi berupa rangkaian pegunungan yang terdapat di perbatasan dengan Kabupaten Pandeglang. Secara umum lebih dari 97,5% wilayah Kabupaten Serang berada pada ketinggian rata-rata 25,66 mdpl.

Kondisi hidrologi di Kabupaten Serang dapat digambarkan dari Daerah Aliran Sungai (DAS) yang dimiliki. Pengelolaan sungai mengatur adanya Satuan Wilayah Sungai (SWS) dan DAS. Secara umum, baik SWS maupun DAS yang berada di Kabupaten Serang relatif sempit yaitu lebar sungai kurang dari 50 meter dan panjangnya kurang dari 100 Km. Jika ditinjau dari fisiografi dan morfologi permukaan tanahnya, Sebagian besar (sekitar 35%) bagian utara Kabupaten Serang merupakan hilir tata air permukaan yang mengarah ke Laut Jawa bagian barat daya, khususnya ke Teluk Banten. Sekitar 25% dari 35% hilir tata air permukaan tersebut, merupakan daerah perbukitan keperluan irigasi yang dialirkan melalui bendungan. Selain itu, Kabupaten Serang juga memiliki rawa, situ, dan waduk.

B. Tutupan Lahan Kabupaten Serang, Banten

Secara umum penggunaan lahan Kabupaten Serang pada tahun 2017 didominasi oleh penggunaan lahan untuk sektor pertanian, hortikultura, perkebunan, dan perikanan Dimana penggunaan lahannya hampir mencapai

tiga perempat dari luas wilayah keseluruhan Kabupaten Serang. Berdasarkan data Kabupaten Serang Dalam Angka tahun 2019, persentase penggunaan lahan terbesar didominasi oleh areal persawahan yaitu mencapai 40,28%. Penggunaan lahan terbesar selanjutnya yaitu lahan kebun campuran yaitu *mixed use* antara hutan dan kebun yang mencapai 22,64%. Penggunaan lahan terbesar ketiga yaitu lahan yang digunakan untuk perkampungan dengan luas lahan yang digunakan sebesar 8,49%. Sedangkan penggunaan lahan lainnya di bawah 7%.

Berdasarkan Indeks Resiko Bencana Indonesia (IRBI) Tahun 2015-2019 yang disusun oleh BNPB, Kabupaten Serang masuk dalam wilayah dengan risiko bencana tinggi. Jenis bencana alam yang berpotensi terjadi di wilayah Kabupaten Serang meliputi bencana banjir, gempa bumi, tsunami, kebakaran hutan, tanah longsor, gelombang ekstrem dan abrasi.

C. Curah Hujan Kabupaten Serang, Banten

Kabupaten Serang, Banten termasuk ke dalam wilayah iklim tropis basah, sehingga hujan terjadi sepanjang tahun dengan intensitas bervariasi. Wilayah ini secara umum memiliki kelembapan udara yang tinggi sepanjang tahun. Curah hujan di Kabupaten Serang, Banten bersifat musiman, dipengaruhi oleh pergerakan angin monsoon dan konveksi tropis. Musim hujan biasanya terjadi pada bulan Desember sampai Februari dengan curah hujan tertinggi pada Januari dan Februari. Curah hujan menurun pada Juni sampai September, namun hujan tidak sepenuhnya hilang karena daerah ini tetap menerima hujan meskipun lebih rendah.

D. Kependudukan Kabupaten Serang, Banten

Kabupaten Serang merupakan salah satu wilayah dengan jumlah penduduk terbesar di Provinsi Banten. Berdasarkan estimasi Badan Pusat Statistik Kabupaten Serang, 2023 jumlah penduduk Kabupaten Serang mencapai 1,7 juta jiwa, dengan persebaran yang cenderung tidak merata. Aktivitas penduduk Kabupaten Serang dipengaruhi oleh dua karakter wilayah utama yaitu wilayah industri dan wilayah agraris. Di bagian timur dan sebagian wilayah Tengah, penduduk banyak bekerja di sektor industri, baik sebagai operator pabrik, tenaga teknis, maupun pekerja informal yang mendukung

aktivitas industri. Sementara itu, di wilayah selatan dan barat, aktivitas utama penduduk masih berkaitan dengan pertanian, seperti mengolah sawah, kebun, peternakan, serta perdagangan hasil bumi. Aktivitas perikanan juga terdapat di wilayah pesisir utara yang berbatasan dengan Laut Jawa.

2.3.7. Penginderaan Jauh dan Pengumpulan Data

Penginderaan jauh (*remote sensing*) merupakan ilmu dan teknologi untuk memperoleh informasi tentang objek, area, atau fenomena di permukaan bumi tanpa kontak langsung, melainkan dengan mendeteksi dan merekam energi pantulan atau pancaran gelombang elektromagnetik oleh sensor dari jarak jauh (biasanya dari pesawat atau satelit) (Hayyan dan Haryanto, 2025). Penginderaan jauh bekerja berdasarkan interaksi antara gelombang elektromagnetik dengan objek yang ada di permukaan bumi.

Sumber tenaga penginderaan jauh biasanya sinar matahari (pasif) atau gelombang buatan (aktif). Objek dari penginderaan jauh adalah permukaan bumi seperti tanah, air, vegetasi, dan bangunan. Penginderaan jauh menggunakan alat perekam di pesawat, satelit, drone sebagai sensor atau wahana. Hasil dari perekaman sensor tersebut dapat berupa citra atau foto udara yang dimanfaatkan untuk penelitian dan menginterpretasikan informasi (Farid, 2015).

Penginderaan jauh seringkali diaplikasikan untuk menganalisis tutupan lahan dan perubahan lahan, mendeteksi kebakaran hutan dan titik api (*hotspot*), estimasi suhu permukaan (LST) dan kelembaban tanah, pemantauan indeks vegetasi, pemodelan bencana, kehutanan, pertanian, kelautan, dan *urban planning*.

A. Citra Sentinel 3

Sentinel 3 merupakan satelit pengamatam bumi yang merupakan bagian dari program *Copernicus* milik *European Space Agency* (ESA) dan Komisi Eropa. Satelit ini dirancang secara khusus untuk memantau lingkungan global, termasuk samudera, daratan, dan atmosfer (AlQadri dkk., 2022). Citra sentinel 3 memiliki tujuan utama, di antaranya mengukur suhu

permukaan laut dan daratan (LST dan SST), mengamati vegetasi dan produktivitas lahan, mengukur tinggi permukaan laut dan permukaan es, serta memantau warna laut, klorofil, dan kualitas air. Terdapat beberapa produk yang dihasilkan oleh citra sentinel 3, di antaranya 23 adalah yang terdapat pada Tabel 6 (Kurnyawati dkk., 2024).

Tabel 6. Produk citra sentinel 3

Nama Produk	Fungsi Utama	Resolusi Spasial	Resolusi Spektral	Resolusi Temporal
OLCI (<i>Ocean dan Land Colour Instrument</i>)	Seperti MODIS/Landsat, untuk vegetasi, NDVI, dan warna laut	300 m	21 <i>band</i> (400-1020 nm)	1-2 hari
SLSTR (<i>Sea and Land Surface Temperature Radiometer</i>)	Untuk suhu permukaan laut (SST) dan daratan (LST)	500 m (VNIR), 1 km (TIR)	9 <i>band</i> (VIS-TIR)	1-2 hari
SRAL (<i>Synthetic Aperture Radar Altimeter</i>)	Pengukuran ketinggian laut dan daratan	10 km	Radar (Ku/C <i>band</i>)	1-10 hari
MWR (<i>Microwave Radiometer</i>)	Koreksi atmosfer untuk SLSTR dan SRAL	-	2 <i>band</i>	-

Sumber: *Copernicus Data Space Ecosystem* (Kurnyawati dkk., 2024)

Sama seperti citra lainnya, citra sentinel 3 juga memiliki beberapa kelebihan maupun kekurangan. Kelebihan dari citra sentinel 3 di antaranya memiliki frekuensi tinggi yang cocok digunakan untuk analisis temporal, memiliki cakupan yang luas untuk skala regional atau nasional, multi-spektral yang baik untuk kajian vegetasi dan klasifikasi tutupan lahan, serta mudah untuk diakses. Kekurangan dari citra sentinel 3 yaitu resolusi spasial yang relative rendah, serta memiliki data yang besar dan kompleks (Syariz, 2022).

B. Citra Sentinel-2A

Sentinel-2A adalah satelit penginderaan jauh yang merupakan bagian dari program *Copernicus* milik *European Space Agency* (ESA) dan Komisi Eropa. Diluncurkan pada 23 Juni 2015, sentinel-2a memiliki misi untuk menyediakan data pengamatan bumi berkualitas tinggi dengan cakupan luas dan revisi waktu tinggi (Putri dkk., 2018). Satelit sentinel-2a memiliki sensor utama yaitu MSI

(*Multi Spectral Instrument*) yang merekam 13 *band* spektral mulai dari Cahaya tampak (VIS), inframerah dekat (NIR), hingga inframerah pendek (SWIR), sensor pasif menggunakan adalah matahari sebagai sumber energi (Tridawati dkk., 2025).

Resolusi dari citra sentinel-2a untuk spasial 10 meter (*band* 2,3,4,8), 20 meter (*band* 5,6,7,8A,11,12), 60 meter (*band* 1,9,10), untuk spektral 13 *band*, temporal revisi setiap 5 hari (bersama sentinel-2B), dan untuk 24 adalah 12 bit memungkinkan deteksi kontras tinggi. Produk yang dihasilkan dari data sentinel-2a adalah Level-1C yaitu citra *top of atmosphere* (TOA), *reflectance*, koreksi geometrik, Level-2A yaitu citra *bottom of atmosphere* (BOA), *reflectance*, koreksi atmosfer lengkap (menggunakan Sen2Cor), dengan format JPEG2000, GeoTIFF (pada *platform* seperti *Google Earth Engine*) (Mulyani, 2007). Karakteristik dari *band* sentinel-2a terdapat pada Tabel 7.

Tabel 7. Karakteristik *band* sentinel-2a

<i>Band</i>	<i>Spektrum</i>	<i>Rentang Spektral (μm)</i>	<i>Resolusi</i>	<i>Fungsi Umum</i>
1	<i>Coastal Aerosol</i>	0,443	60	Koreksi atmosfer, aerosol laut
2	<i>Blue</i>	0,490	10	Air, vegetasi muda, fitur perairan
3	<i>Green</i>	0,560	10	Kesehatan vegetasi, klasifikasi vegetasi
4	<i>Red</i>	0,665	10	Indeks vegetasi (NDVI), deteksi lahan terbuka
5	<i>Red Edge 1</i>	0,705	20	Sensitivitas terhadap klorofil, analisis pertanian
6	<i>Red Edge 2</i>	0,740	20	Struktur tajuk vegetasi
7	<i>Red Edge 3</i>	0,783	20	Kerapatan vegetasi dan klasifikasi tutupan lahan
8	<i>Near Infrared (NIR)</i>	0,842	10	NDVI, biomassa, kelembaban vegetasi
8A	<i>Narrow NIR</i>	0,865	20	Sensitivitas vegetasi tinggi
9	<i>Water Vapour</i>	0,945	60	Koreksi atmosferik

<i>Band</i>	<i>Spektrum</i>	<i>Rentang Spektral (μm)</i>	<i>Resolusi</i>	<i>Fungsi Umum</i>
10	SWIR- <i>Cirrus</i>	1,375	60	Deteksi awan <i>cirrus</i>
11	SWIR 1	1,610	20	Kelembaban tanah, kebakaran, klasifikasi batuan
12	SWIR 2	2,190	20	Deteksi perubahan tutupan lahan, kondisi kekeringan

Sumber: ESA (Mulyani, 2007)

Citra sentinel-2a dapat digunakan secara luas dalam pemantauan dan analisis geospasial karena resolusi tinggi dan revisi temporal cepat. Sentinel-2a seringkali diaplikasikan pada bidang vegetasi (NDVI, SAVI, klasifikasi kerapatan vegetasi), kehutanan (deteksi deforestasi, degradasi hutan, kebakaran hutan), pertanian (monitoring kesehatan tanaman, estimasi produksi), urbanisasi (perluasan kota, pemetaan area terbangun), perairan (pemantauan kualitas air, deteksi sedimentasi, pemantauan banjir), bencana (deteksi kebakaran, kekeringan, longsor, dampak ENSO), dan tutupan lahan (klasifikasi, perubahan lahan). Sentinel-2a memiliki beberapa keunggulan di antaranya resolusi tinggi (10 meter), revisi cepat (5 hari), cakupan spektral luas (VIS, NIR, *Red Edge*, SWIR), data gratis dan terbuka, sangat cocok untuk monitoring vegetasi dan tutupan lahan, dan dapat diolah menggunakan berbagai macam aplikasi pengolah data.

C. *Normalized Difference Vegetation Index*

NDVI (*Normalized Difference Vegetation index*) merupakan indeks spektral berbasis citra satelit yang digunakan untuk menghitung kerapatan dan kesehatan vegetasi suatu lahan dengan memanfaatkan sifat reflektansi spectral dari tumbuhan hijau (Yuniasih dan Adjie, 2022). Indeks vegetasi mentransformasikan citra berbasis data spectral yang dimanfaatkan untuk pengamatan tumbuhan dan dimodifikasi untuk berbagai keperluan. Untuk mendapatkan nilai NDVI dari suatu wilayah dapat dihitung berdasarkan perbedaan reflektansi inframerah-dekat (NIR) dan merah (red) menggunakan Persamaan 1 (Hardianto dkk., 2021).

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \dots \dots \dots (1)$$

Sumber: NASA, 1973

Dimana:

NDVI : *Normalized Difference Vegetation Index*

NIR : Sinar infrared dekat

Red : Sinar merah

Indeks vegetasi NDVI didasarkan pada pengamatan bahwa permukaan yang berbeda-beda merefleksikan berbagai jenis gelombang Cahaya yang berbeda. Rentang nilai klasifikasi NDVI terdapat pada Tabel 8 (Andini dkk., 2018).

Tabel 8. Klasifikasi NDVI

Kelas	Nilai	Tingkat Kerapatan
1	-1 – 0,12	Lahan Tidak Bervegetasi
2	0,12 – 0,22	Kehijauan Sangat Rendah
3	0,22 – 0,42	Kehijauan Rendah
4	0,42 – 0,72	Kehijauan Sedang
5	0,72 – 1	Kehijauan Tinggi

Sumber: USGS (Andini dkk., 2018)

D. *Normalized Difference Built-up Index*

Normalized Difference Built-up Index (NDBI) merupakan indeks spektral yang digunakan dalam penginderaan jauh untuk mengidentifikasi dan memetakan wilayah terbangun dari citra satelit (Susetyo dkk., 2024). NDBI seringkali digunakan untuk mendeteksi dan memetakan area terbangun/pemukiman, mengklasifikasikan perubahan penggunaan lahan dari vegetasi ke lahan terbangun, dan monitoring urbanisasi, pertumbuhan kota, dan perluasan Kawasan. Untuk mendapatkan nilai NDBI digunakan perhitungan dengan menggunakan Persamaan 2.

$$NDBI = \frac{SWIR-NIR}{SWIR+NIR} \dots \dots \dots (2)$$

Sumber: NASA, 1973

Dimana:

SWIR : *Short Wave Infrared*

NIR : *Near Infrared*

Pada citra sentinel-2a menggunakan band 8 yang berperan sebagai NIR dan band 11 yang berperan sebagai SWIR, sedangkan pada citra landsat 8 menggunakan band 5 yang berperan sebagai NIR dan band 6 sebagai SWIR. Dalam pengolahannya, terdapat rentang nilai dan klasifikasi yang dapat diinterpretasikan pada Tabel 9 (Pranata dan Kurniadin, 2021).

Tabel 9. Klasifikasi NDBI

Nilai	Keterangan
-1 - -0,15	Non Bangunan (Badan air, hutan, Perkebunan, lereng legunungan, lahan kosong)
-0,15 - -0,1	Kerapatan Bangunan Rendah (Lahan pertanian, lahan terbangun, jalan)
-0,1 - 0,1	Kerapatan Bangunan Sedang (Ladang, lahan terbangun)
0,1 - 1	Kerapatan Bangunan Tinggi (Pemukiman, perkotaan)

Sumber: USGS (Pranata dan Kurniadin, 2021)

E. Interpolasi IDW

Interpolasi IDW (*Inverse Distance Weighting*) merupakan metode interpolasi deterministic yang digunakan untuk memperkirakan nilai pada lokasi yang tidak memiliki data berdasarkan nilai dari titik-titik terdekat di sekitarnya (Mahfudz dkk., 2025). IDW mengasumsikan bahwa semakin dekat suatu titik data, maka semakin besar pengaruhnya terhadap titik yang diestimasi. Interpolasi IDW bekerja berdasarkan prinsip semakin jauh titik sumber data dari lokasi target, maka semakin kecil pula kontribusinya. Secara matematis dapat dijelaskan pada Persamaan 3 (Shepard, 1968).

$$Z(x_0) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z(x_i)}{d(x_i, x_0)^P}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d(x_i, x_0)^P}} \dots\dots\dots(3)$$

Sumber: Penelitian Donald Shepard, 1968

Dimana:

$Z(x_0)$: Nilai interpolasi di lokasi yang ingin diperkirakan

$Z(x_i)$: Nilai data di titik ke- i

$d(x_i, x_0)$: Jarak antara titik ke- i dengan titik target

- p : Eksponen pembobot jarak
 n : Jumlah titik data yang digunakan

Interpolasi IDW seringkali digunakan dalam mengestimasi data curah hujan, suhu, dan kelembaban dari stasiun cuaca, mengestimasi konsentrasi polutan di lokasi yang tidak terukur, dan pembuatan peta sebaran nilai lingkungan. Meskipun demikian, hasil dari pengolahan interpolasi IDW seringkali sangat sensitive terhadap parameter seperti eksponen dan radius.

F. *Split Window Algorithm* (SWA)

Split Window Algorithm (SWA) merupakan metode pengolahan data penginderaan jauh termal yang digunakan untuk menghitung suhu permukaan daratan (LST) dengan memanfaatkan dua kanal termal inframerah (TIR) yang berdekatan panjang gelombangnya. Metode ini seringkali digunakan untuk mengurangi efek gangguan atmosfer, khususnya uap air terhadap pengukuran suhu permukaan dan memberikan estimasi LST yang lebih akurat dibanding hanya menggunakan satu kanal. Perhitungan LST dengan metode SWA secara matematis dapat dijelaskan pada Persamaan 4 (Sahana dkk., 2016).

$$LST = T_1 + a(T_1 - T_2) + b(T_1 - T_2)^2 + c(1 - \varepsilon) + d\Delta\varepsilon \dots \dots \dots (4)$$

Sumber: USGS

Dimana:

- LST : Suhu permukaan daratan
 T_1, T_2 : *Brightness Temperature* dari dua kanal TIR
 ε : Emisivitas rata-rata permukaan daratan
 $\Delta\varepsilon$: Perbedaan emisivitas antar dua panjang gelombang
 a, b, c, d : Koefisien yang diperoleh dari kalibrasi atau model atmosferik

Metode SWA dapat digunakan pada citra sentinel 3 SLSTR dengan bantuan *software* SNAP menggunakan dua kanal TIR yaitu S8 dan S9, dan menghasilkan *output* berupa data raster suhu permukaan daratan dalam satuan

Kelvin. Selain itu, metode SWA juga dapat digunakan pada citra MODIS (*Terra/Aqua*) yang dapat dihitung menggunakan band 31 dan band 32.

G. Metode Slovin

Dalam setiap penelitian, terdapat sampel dan populasi pengumpulan data. Populasi merupakan keseluruhan objek yang memiliki karakteristik tertentu yang menjadi focus penelitian. Sedangkan sampel merupakan bagian dari populasi yang diambil untuk dianalisis dan digunakan sebagai representasi keseluruhan populasi (Candra Susanto dkk., 2024). Metode *Slovin* seringkali digunakan untuk menentukan ukuran sampel dari suatu populasi yang jumlahnya diketahui, jika belum terdapat informasi statistik seperti standar deviasi populasi (Majdina dkk., 2024). Metode *Slovin* dapat digunakan untuk menentukan sampel dengan persamaan berikut.

$$n = \frac{N}{1+N \cdot e^2} \dots\dots\dots(5)$$

Sumber: Penelitian Sevilla, 1960

Keterangan:

- n : Ukuran sampel
- N : Jumlah populasi
- e : Tingkat kesalahan

2.3.8. Uji Akurasi

Untuk menguji hasil pengolahan data kerapatan bangunan dengan data *google earth pro* digunakan metode uji akurasi *confusion matrix* dan koefisien kappa, sedangkan untuk menguji kekuatan dan pengaruh parameter ENSO terhadap perubahan tutupan lahan digunakan uji korelasi Pearson dan analisis regresi linier berganda.

A. *Confusion Matrix* dan Koefisien Kappa

Confusion matrix merupakan tabel yang seringkali digunakan untuk mengevaluasi akurasi klasifikasi dengan cara membandingkan hasil klasifikasi otomatis dengan data referensi atau *ground truth* (Danoedoro,

2016). Terdapat beberapa parameter yang dihitung dari *confusion matrix*, yaitu:

1. *Overall Accuracy* (OA)

Jumlah dari seluruh klasifikasi yang benar dibandingkan total pengamatan. Dapat dihitung dengan Persamaan 6.

$$OA = \frac{X_{11} + X_{22} + X_{33} + \dots + X_{nn}}{N} \times 100\% \dots \dots \dots (6)$$

2. *User's Accuracy* (UA)

Akurasi berdasarkan hasil prediksi, yaitu seberapa benar prediksi untuk kelas tertentu. Dapat dihitung dengan Persamaan 7.

$$UA = \frac{X_{ii}}{\sum_{j=1}^n X_{ij}} \times 100\% \dots \dots \dots (7)$$

3. *Producer's Accuracy* (PA)

Akurasi berdasarkan referensi, yaitu seberapa banyak piksel dari kelas sebenarnya berhasil dikenali dengan benar. Dapat dihitung dengan Persamaan 8.

$$PA = \frac{X_{ii}}{\sum_{j=1}^n X_{ji}} \times 100\% \dots \dots \dots (8)$$

Koefisien Kappa digunakan untuk mengukur kesesuaian antara hasil klasifikasi dan referensi, dengan mempertimbangkan peluang kesesuaian yang terjadi secara acak. Koefisien Kappa dapat dihitung menggunakan Persamaan 9 (Danoedoro, 2016).

$$k = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e} \dots \dots \dots (9)$$

Sumber: Penelitian Jacob Cohen, 1960

Keterangan:

P_o : Proporsi observasi yang sesuai (*Overall Accuracy*)

P_e : Proporsi kesesuaian yang terjadi secara acak

B. Korelasi Pearson

Uji korelasi merupakan uji statistik yang digunakan untuk mengetahui Tingkat dan arah hubungan antara dua variabel. Hasil dari uji korelasi berupa koefisien korelasi (r) yang menunjukkan seberapa kuat hubungan antar variabel dan *p-value* yang menunjukkan apakah hubungan tersebut

signifikan secara statistik (Yanti dan Akhri, 2022). Terdapat beberapa jenis metode uji korelasi, di antaranya adalah metode *Pearson* dan metode *Spearman*.

Uji korelasi metode *Pearson* seringkali digunakan pada data berdistribusi normal (parametrik), memiliki kedua variabel berskala interval atau rasio, dan hubungan yang diuji linier. Metode ini dapat digunakan dengan Persamaan 10 (Yanti & Akhri, 2022).

$$r = \frac{\Sigma(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\Sigma(X_i - \bar{X})^2 \cdot \Sigma(Y_i - \bar{Y})^2}} \dots\dots\dots(10)$$

Sumber: Penelitian Karl Pearson, 1895

Keterangan:

r : Koefisien korelasi *Pearson*

X, Y : Data variabel X dan Y

\bar{X}, \bar{Y} : Rata-rata X dan Y

Uji korelasi metode *Pearson* memiliki hasil dan interpretasi yaitu nilai r di antara -1 sampai +1, di mana:

$r = +1$ berarti memiliki hubungan positif sempurna

$r = -1$ berarti memiliki hubungan negative sempurna

$r = 0$ berarti tidak memiliki hubungan

Untuk mengetahui hasil kekuatan hubungan antar variabel, baik metode *Pearson* dapat diinterpretasikan dengan nilai yang tertera pada Tabel 10.

Tabel 10. Interpretasi nilai korelasi

Nilai Korelasi	Interpretasi Kekuatan
0,00 – 0,19	Sangat Lemah
0,20 – 0,39	Lemah
0,40 – 0,59	Cukup
0,60 – 0,79	Kuat
0,80 – 1,00	Sangat Kuat

Sumber: Penelitian Karl Pearson (Yanti dan Akhri, 2022)

C. Analisis Regresi Linier Berganda

Regresi linier berganda merupakan metode statistik yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara satu variabel terikat (dependen) dengan dua atau lebih variabel bebas (independen) (Kenanga dkk., 2025). Metode regresi linier berganda dapat dinyatakan dengan Persamaan 11.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + e \dots \dots \dots (11)$$

Sumber: Penelitian Galton dan Pearson (Kenanga dkk., 2025)

Dimana:

Y : Variabel terikat (dependen)

β_0 : *Intercept*

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$: Koefisien regresi

X_1, X_2, \dots, X_n : Variabel bebas (independen)

e : Error/residu (selisih antara nilai prediksi dan nilai aktual)

Terdapat beberapa hasil yang perlu diperhatikan dalam perhitungan analisis regresi linier berganda, di antaranya:

1. Koefisien Regresi (B)

Menunjukkan seberapa besar perubahan Y jika X naik 1 unit, tanda (+/-) menunjukkan arah hubungan.

2. Nilai p (Sig.)

Untuk uji signifikansi variabel, jika $p < 0,05$ maka variabel tersebut berpengaruh signifikan terhadap Y.

3. R Square (R^2)

Menunjukkan berapa persen variasi Y dijelaskan oleh X.

4. *Adjusted R²*

Digunakan saat jumlah variabel bebas lebih dari 1, mengoreksi nilai R^2 .

5. Uji F (ANOVA)

Menunjukkan apakah model secara keseluruhan signifikan, jika $p < 0,05$ maka model layak digunakan.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Secara astronomis, letak Kabupaten Serang berada di antara 5°50' - 6°21' Lintang Selatan dan 105°0' - 106°22' Bujur Timur. Kabupaten Serang, Banten memiliki luas wilayah sebesar 146.966 Hektar. Adapun peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.

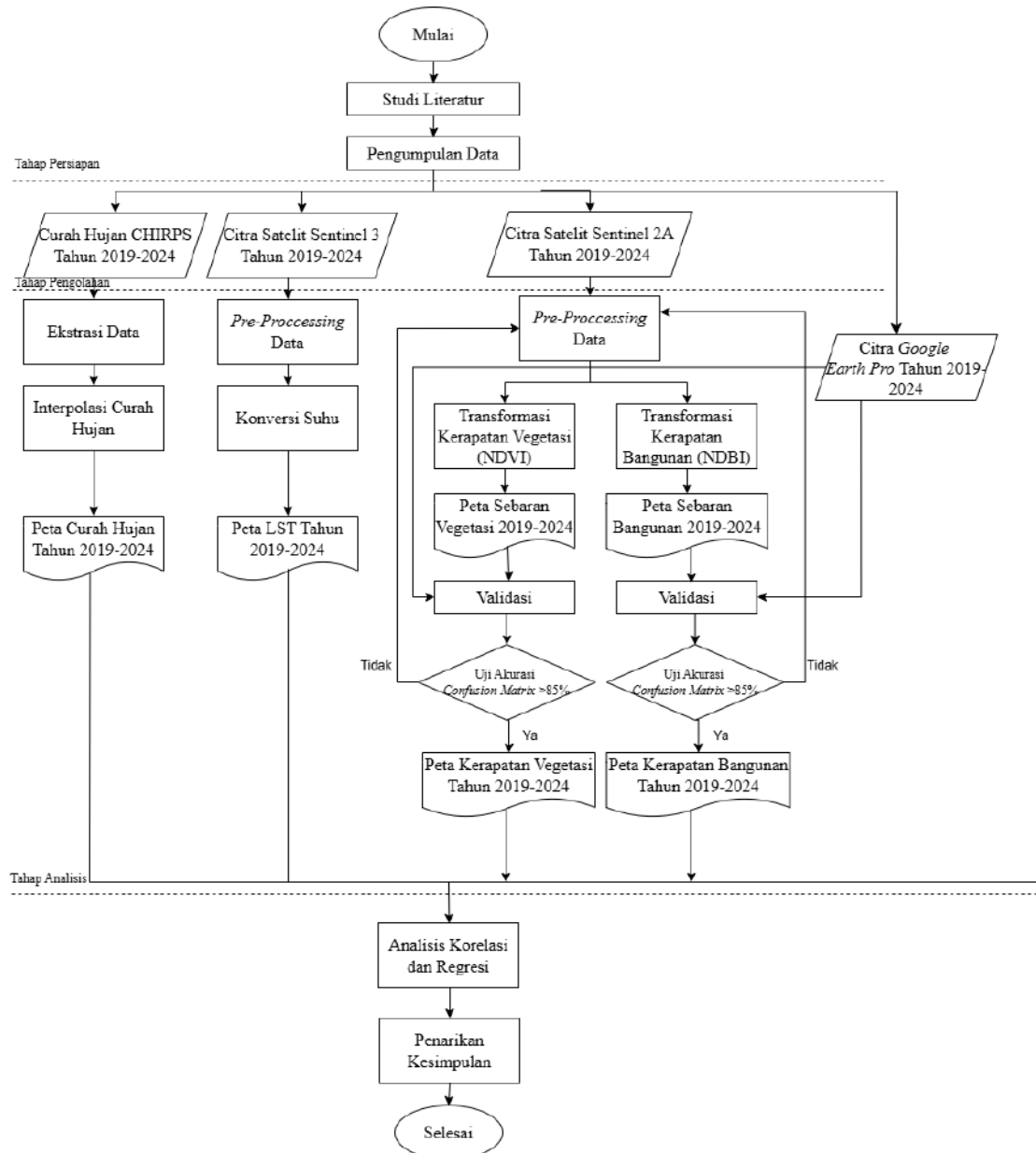


Gambar 3. Peta lokasi penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dilaksanakan kurang lebih selama delapan bulan, dimulai sejak bulan Januari 2025 sampai dengan bulan Juli 2025. Waktu pelaksanaan penelitian diawali dengan studi literatur yang dilakukan oleh penulis untuk menggali rumusan masalah dan teori terkait penelitian, kemudian dilanjutkan dengan penyusunan dan seminar proposal, lalu pengumpulan data variabel yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian, menganalisis variabel tersebut untuk mendapatkan hasil penelitian, dan penyusunan laporan akhir penelitian, hingga sidang akhir penelitian.

3.2. Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur untuk menggali rumusan permasalahan yang akan dibahas dan teori terkait, lalu pengumpulan data curah hujan CHIRPS tahun 2019-2024, citra sentinel 3 tahun 2019-2024 untuk pengolahan data suhu permukaan daratan, citra sentinel 2A untuk pengolahan data kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan, dan citra *google earth pro* untuk validasi data kerapatan bangunan, kemudian data tersebut diolah menjadi peta curah hujan tahun 2019-2024, peta LST tahun 2019-2024, peta kerapatan vegetasi tahun 2019-2024, dan peta kerapatan bangunan tahun 2019-2024. Hasil pengolahan data tersebut selanjutnya dilakukan analisis korelasi dan regresi linier berganda untuk melihat besar pengaruh fenomena ENSO terhadap perubahan tutupan lahan, dan bagaimana bentuk perubahannya. Tahapan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Diagram alir penelitian

3.3. Tahap Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian yang dilaksanakan adalah sebagai berikut.

3.3.1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahap paling awal yang dilakukan untuk mendapatkan konsep atau teori pendukung mengenai permasalahan yang akan diteliti. Pada tahap ini penulis membanca dan mengumpulkan sumber informasi melalui buku, jurnal ilmiah, situs *web*, dan sumber-sumber lainnya. Informasi yang dikumpulkan pada

tahap ini berfungsi untuk memahami topik penelitian yang diambil. Tahapan ini perlu dilakukan untuk merumuskan hipotesis awal sehingga penelitian dapat dilakukan lebih terarah.

3.3.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah tahapan di mana peneliti mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk penelitian, baik data primer maupun data sekunder. Data yang diperlukan dikumpulkan dari berbagai instansi-instansi terkait atau sumber lainnya. Adapun data penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 11. Data penelitian

No	Bahan	Jenis	Sumber	Kegunaan
1.	Citra Sentinel 3 Tahun 2019-2024	Raster	https://browser.dataspace.copernicus.eu/	Untuk membuat peta suhu permukaan bumi
2.	Citra Sentinel-2A Tahun 2019-2020	Raster	https://browser.dataspace.copernicus.eu/	Untuk membuat peta kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan
3.	Data Curah Hujan	Raster	https://www.chc.usb.edu/data/chirps	Untuk membuat peta curah hujan
4.	Peta Administrasi Kabupaten Serang Tahun 2019	Vektor	https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/	Untuk memotong citra sesuai dengan batas wilayah penelitian

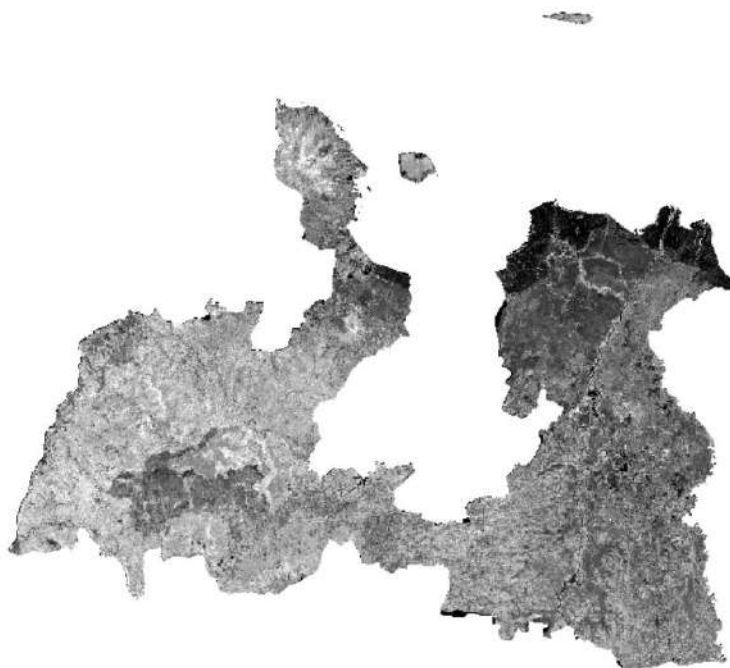
3.4. Tahap Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data terbagi atas beberapa tahapan, Adapun tahapan pengolahan data adalah sebagai berikut.

3.4.1. *Cropping* Citra

Cropping citra ini dilakukan dengan pemotongan citra sentinel-2a yang didapatkan dari situs *Copernicus* <https://browser.dataspace.copernicus.eu/> dan peta batas administrasi yang didapatkan dari situs Badan Informasi Geospasial (BIG)

<https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web>. *Cropping* citra dihasilkan dari pengolahan data pada *software* pengolah data spasial. *Cropping* citra dilakukan untuk membatasi daerah penelitian agar mempermudah pengolahan data. Hasil dari *cropping* citra dapat dilihat pada Gambar 5.



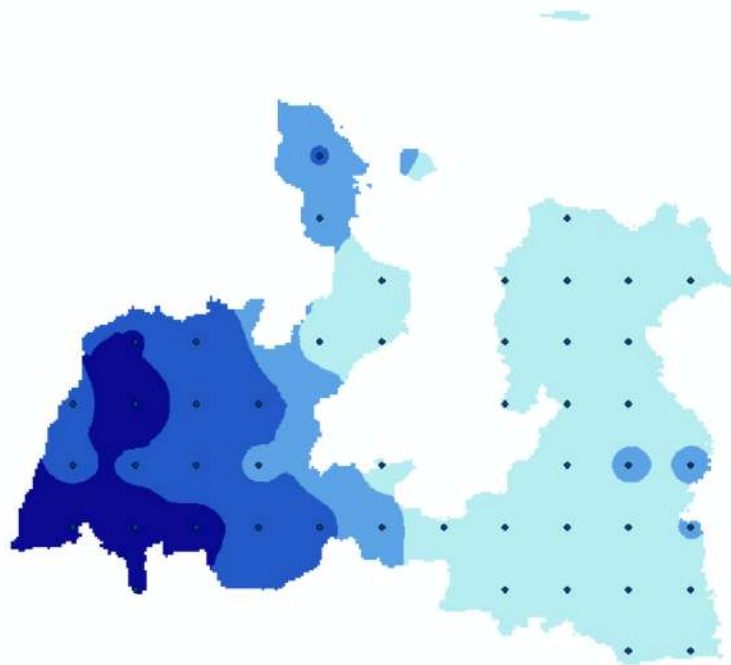
Gambar 5. Hasil *cropping* peta

3.4.2. Pengolahan Data Curah Hujan

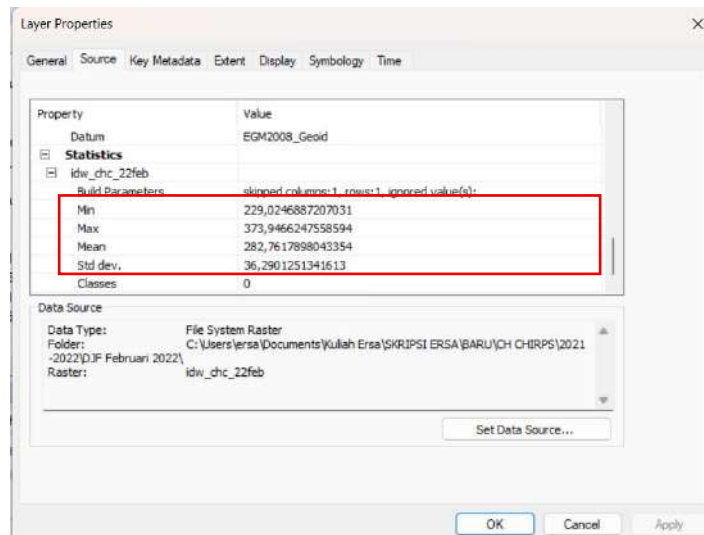
Pengolahan data curah hujan pada penelitian ini menggunakan metode Interpolasi IDW (*Inverse Distance Weighting*). Metode interpolasi IDW digunakan untuk memetakan distribusi curah hujan secara kontinyu berdasarkan data dari titik-titik pengamatan. Pendistribusian curah hujan ini selanjutnya akan diklasifikasikan menjadi empat kelas intensitas curah hujan. Pengolahan data curah hujan dilakukan perhitungan menggunakan Persamaan 3.

Pada penelitian ini, pengolahan interpolasi IDW menggunakan *software* pengolah data spasial dengan bantuan *tools raster to point* untuk membuat pola titik sebaran curah hujan dan *tools spatial analyst tools interpolation idw* untuk mendapatkan

hasil interpolasi idw. Setelah itu, maka distribusi curah hujan telah terlihat seperti pada Gambar 6. Nilai maksimal, minimal, dan rata-rata curah hujan juga dapat dilihat pada menu *properties* dan akan terlihat seperti pada Gambar 7.



Gambar 6. Hasil interpolasi curah hujan



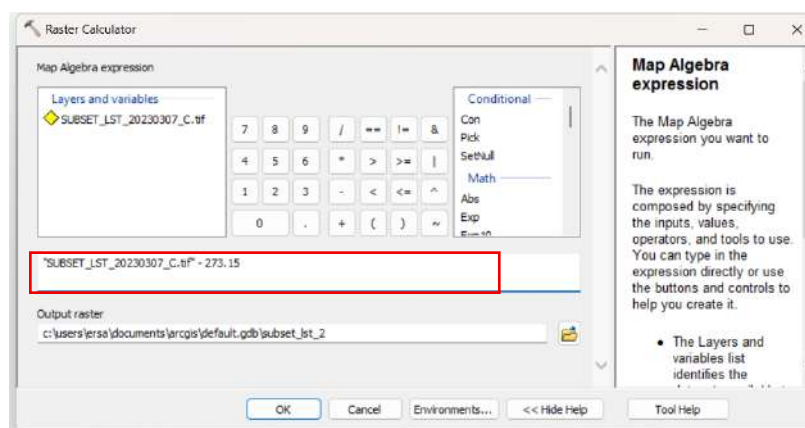
Gambar 7. Nilai maksimal, minimal, dan rata-rata curah hujan

Setelah didapatkan hasil interpolasi idw, kemudian hasil tersebut diklasifikasikan berdasarkan ketentuan Tabel 3 dan dilihat seberapa luas area berdasarkan hasil klasifikasi intensitas curah hujan tersebut.

3.4.3. Pengolahan Data LST

Pengolahan data suhu permukaan daratan dilakukan menggunakan aplikasi pengolah data spasial SNAP dengan metode SWA. Pengolahan data suhu permukaan tersebut diawali dengan memproyeksikan data citra sentinel 3 pada *software* SNAP dengan bantuan *tools geometric operation reprojection*. Langkah selanjutnya dapat dilakukan dengan bantuan *tools S3 SLSTR LST Processor* yang secara otomatis akan menghitung LST dari citra sentinel 3 tersebut, dan akan menghasilkan peta LST dalam satuan Kelvin.

Setelah didapatkan peta LST dalam satuan kelvin, kemudian peta tersebut dikonversi menjadi celcius dengan bantuan *tools raster calculator* pada *software* pengolah data spasial yang terlihat seperti pada Gambar 8, sehingga akan terbentuk peta LST dalam satuan celcius.

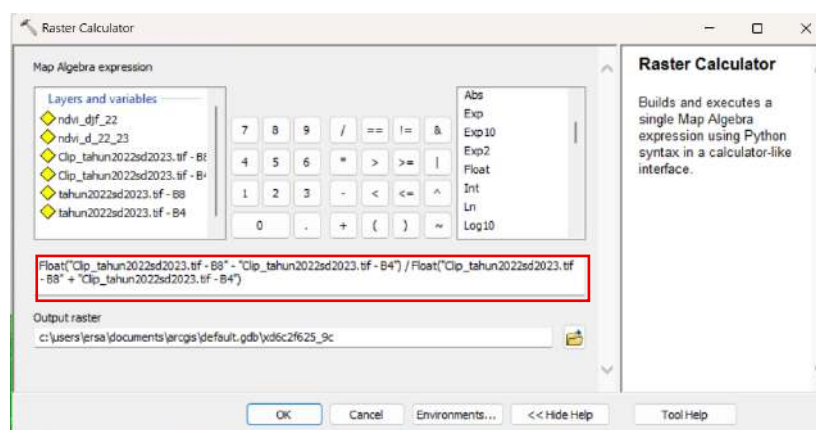


Gambar 8. Perhitungan konversi suhu

3.4.4. Pengolahan Data Kerapatan Vegetasi

Pengolahan data kerapatan vegetasi menggunakan metode NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Metode NDVI digunakan untuk menggambarkan

tingkat kehijauan lahan vegetasi. Perhitungan NDVI menggunakan kanal NIR (*band* 8) dan kanal RED (*band* 4). Klasifikasi dari pengolahan NDVI ini terdiri dari lima kelas. NDVI diolah menggunakan *software* pengolah data spasial yang dibantu menggunakan *tools raster calculator* berdasarkan Persamaan 1 seperti yang tertera pada Gambar 9.

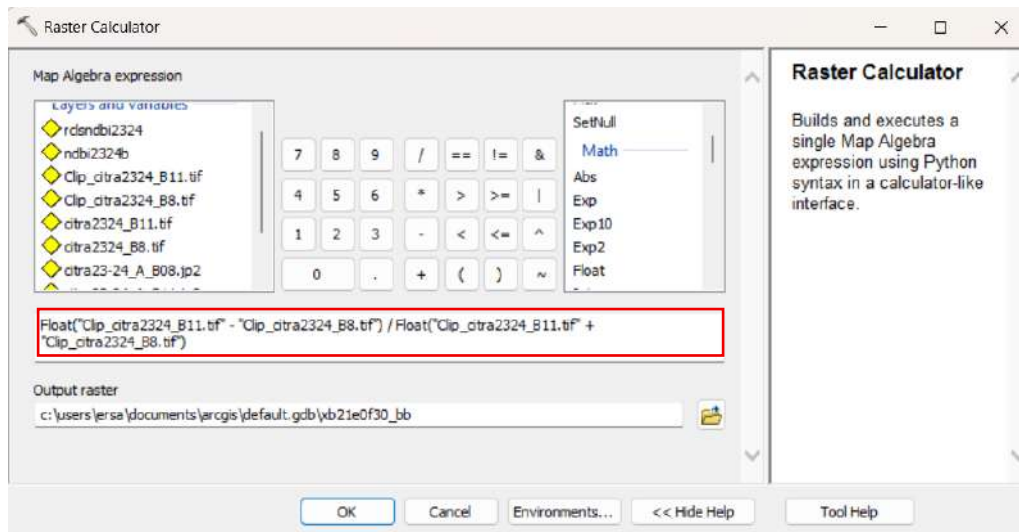


Gambar 9. Rumus NDVI

Setelah didapatkan hasil, langkah selanjutnya adalah mengklasifikasikan berdasarkan ketentuan Tabel 8 dan dilihat seberapa luas area berdasarkan hasil klasifikasi intensitas curah hujan tersebut.

3.4.5. Pengolahan Data Kerapatan Bangunan

Pengolahan data kerapatan bangunan menggunakan metode NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*). Metode NDBI digunakan untuk menggambarkan tingkat kerapatan lahan di suatu wilayah. Perhitungan NDBI pada citra sentinel-2a menggunakan kanal NIR (*band* 8) dan kanal SWIR (*band* 11). Klasifikasi dari pengolahan NDBI ini terdiri dari empat kelas. NDBI diolah menggunakan *software* pengolah data spasial yang dibantu menggunakan *tools raster calculator* berdasarkan Persamaan 2 seperti yang tertera pada Gambar 10.



Gambar 10. Rumus NDBI

Setelah didapatkan hasil, langkah selanjutnya adalah mengklasifikasikan berdasarkan ketentuan Tabel 9 dan dilihat seberapa luas area berdasarkan hasil klasifikasi intensitas curah hujan tersebut.

3.4.6. Validasi Lapangan dan Uji Akurasi

Setelah diduplikannya peta kerapatan bangunan, selanjutnya dilakukan validasi lapangan dan uji akurasi untuk memverifikasi secara visual tingkat keakuratan peta kerapatan bangunan tersebut. Sebelum melakukan validasi lapangan, diperlukan titik sampel yang mewakili setiap klasifikasi dari hasil pengolahan peta klasifikasi tutupan lahan. Penentuan titik sampel dilakukan dengan menggunakan metode Slovin (Zulkarnain, 2016). Perhitungan jumlah titik sampel yang digunakan pada penelitian ini ditentukan dengan rumus sebagai berikut.

$$n = \frac{N}{1+Ne^2} \dots\dots\dots(12)$$

Di mana:

N : Jumlah sampel

N : Jumlah populasi

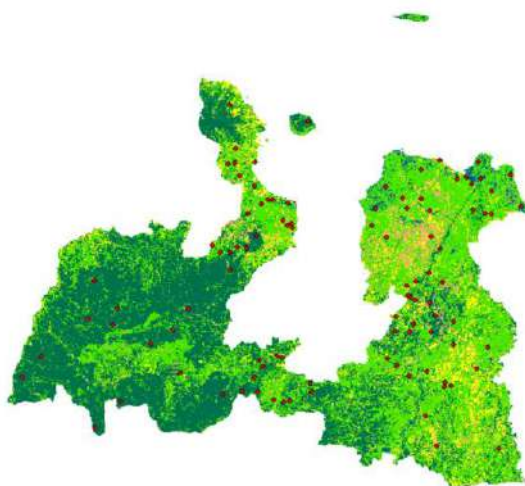
e : Persen kelonggaran ketidaktelitian karena kesalahan pengambilan

sampel yang masih dapat ditolerir atau diinginkan, yaitu 10%

Pada penelitian ini, populasi yang didefinisikan merupakan jumlah seluruh piksel yang tertera pada peta citra sentinel-2a Kabupaten Serang di mana ukuran tiap piksel tersebut adalah 10x10 meter. Populasi penelitian ini terhitung berjumlah 37.986.000 piksel, yang mencakup seluruh wilayah Kabupaten Serang, maka jumlah sampel yang harus diambil adalah sebagai berikut.

$$n = \frac{37.986.000}{1+(37.986.000)(0,10)^2} = 99,99$$

Hasil perhitungan titik sampel adalah 99,99 yang mana dibulatkan menjadi 100 titik sampel. Adapun sebaran titik sampel dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Sebaran titik sampel

Setelah melakukan penentuan titik sampel tersebut, dilakukan validasi setiap titik sampel untuk perhitungan uji akurasi. Validasi dilakukan dengan melihat citra *google earth* untuk mengetahui apakah hasil klasifikasi sesuai dengan sebenarnya di lapangan atau tidak sesuai. Validasi lapangan dilakukan pada lima data kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan berbeda, dengan periode 2019-2020, 2020-2021, 2021-2022, 2022-2023, dan 2023-2024.

Setelah dilakukan validasi lapangan, selanjutnya dilakukan uji akurasi untuk mengetahui tingkat ketelitian antara hasil pengolahan peta klasifikasi tutupan lahan dengan keadaan yang sebenarnya di lapangan. Uji akurasi dilakukan dengan cara

menghitung matriks kesalahan (*confussion matrix*) untuk mengetahui nilai *overall accuracy* dan koefisien Kappa.

3.5. Tahap Analisis Data

Setelah dilakukan pengolahan data, kemudian hasil dari pengolahan tersebut dianalisis menggunakan korelasi Pearson dan analisis regresi linier berganda.

3.5.1. Analisis Pengaruh Fenomena ENSO terhadap Perubahan Tutupan Lahan

Untuk mengetahui pengaruh fenomena ENSO terhadap perubahan tutupan lahan, maka dilakukan analisis regresi. Pada penelitian ini analisis regresi dilakukan untuk mengetahui apakah perubahan curah hujan, suhu permukaan daratan dan kerapatan vegetasi berpengaruh terhadap perubahan tutupan lahan. Untuk mengetahui pengaruh tersebut, data yang digunakan merupakan perbandingan data selama 2019-2020, 2020-2021, 2021-2022, 2022-2023, dan 2023-2024.

Sebelum dilakukan analisis regresi, akan dilakukan terlebih dahulu analisis korelasi. Analisis korelasi digunakan untuk mengetahui korelasi antara dua variabel atau lebih. Adapun dalam penelitian ini digunakan uji korelasi *Pearson* untuk mengetahui korelasi antara curah hujan, suhu permukaan daratan, dan kerapatan vegetasi terhadap kerapatan bangunan. Besarnya korelasi yang dihasilkan diinterpretasikan melalui table pedoman interpretasi koefisien korelasi pada Tabel 10. Analisis regresi linier berganda dilakukan dengan bantuan *software* SPSS untuk menghasilkan nilai dengan Persamaan sebagai berikut.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + e \dots \dots \dots (13)$$

Dimana:

Y : Variabel terikat (dependen)
 β_0 : *Intercept*

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$: Koefisien regresi

X_1, X_2, \dots, X_n : Variabel bebas (independen)

e : Error/residu (selisih antara nilai prediksi dan nilai aktual)

Pada penelitian ini hasil dari nilai Persamaan tersebut terdapat di dalam Bab Hasil dan Pembahasan.

Data curah hujan, suhu permukaan daratan, kerapatan vegetasi, dan kerapatan bangunan pada penelitian ini merupakan data bertipe skala. Data curah hujan, suhu permukaan daratan, dan kerapatan vegetasi merupakan data independent yang diasumsikan sebagai penyebab atau faktor yang berkontribusi terhadap perubahan data dependen, sedangkan data kerapatan bangunan merupakan data yang dipengaruhi dan akan dipahami perubahannya.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

1. Selama periode ENSO 2019-2024, Kabupaten Serang mengalami perubahan tutupan lahan yang cukup konstan, dengan penurunan luas non-bangunan dan peningkatan kawasan terbangun, terutama pada kerapatan sedang dan tinggi. Non-bangunan menurun dari sekitar 63-65% menjadi sekitar 42-45%, kerapatan bangunan rendah relatif stabil di kisaran 10-13% dengan perubahan kecil antar tahun, kerapatan bangunan sedang meningkat cukup signifikan dari sekitar 22-23% menjadi sekitar 40-42%, dan kerapatan bangunan tinggi naik sekitar 1-2% menjadi sekitar 5% dari total luas Kabupaten Serang, Banten.
2. Berdasarkan hasil uji statistik yang telah dilakukan, fenomena ENSO menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan tutupan lahan selama periode 2019-2024, yang ditunjukkan oleh nilai *p-value* sebesar 0. Hasil analisis koefisien determinasi (R^2) tertinggi sebesar 0,401 pada periode tahun 2023-2024 menunjukkan bahwa variabel curah hujan, suhu permukaan daratan, dan kerapatan vegetasi secara bersama-sama memengaruhi perubahan tutupan lahan sebesar 40,1%, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain di luar variabel penelitian.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat penulis berikan untuk mengembangkan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan kerapatan bangunan, terutama pada kelas kerapatan sedang dan tinggi, perlu diimbangi dengan penyediaan ruang terbuka hijau, sistem drainase yang memadai, serta infrastruktur pendukung lainnya guna

meminimalkan dampak negatif seperti banjir, penurunan kualitas lingkungan, dan degradasi lahan setelah terjadinya ENSO.

2. Berdasarkan hasil penelitian bahwa fenomena ENSO memiliki pengaruh terhadap perubahan tutupan lahan di Kabupaten Serang, diharapkan bagi pemerintah dan instansi terkait dapat melakukan pemetaan resiko perubahan tutupan lahan akibat fenomena ENSO, serta Menyusun strategi mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan lingkungan yang mungkin terjadi, terutama di daerah rawan kekeringan atau banjir.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, M. Z., Rizqullah, F. J., Lista, B., Sulhana, A., & Rizky, R. (2025). Analisis Dampak ENSO terhadap Presipitasi dan Evaporasi di Selat Makassar. *14*(1), 25–36. <https://doi.org/10.14710/buloma.v14i1.60285>
- Alfiandy, S., Permana, D. S., Nurjaman, A. W., Kurnia, W. G., Prastika, L., Panggabean, H., Rahman, M. S. D. P., Wulandari, S., Setiawan, H., Hendrawan, A., & Miranda. (2020). Analisis Iklim Provinsi Sulawesi Tengah berdasarkan Data Pemantau Cuaca Otomatis BMKG. *Buletin GAW Bariri*, *1*(1), 1–11. <https://doi.org/10.31172/bgb.v1i1.5>
- Alfiqri, M. Z., Handoyo, G., & Widiaratih, R. (2024). Pengaruh El Niño 2015-2016 dan La Niña 2020-2021 Terhadap SPL, Klorofil-A, dan Intensitas Curah Hujan di Laut Sulawesi. *Indonesian Journal of Oceanography*, *6*(3), 239–248. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v6i3.20009>
- AlQadri, G. R., Kunarso, K., & Muslim, M. (2022). Perbandingan Pola Distribusi Klorofil-A Data Insitu dan Citra Sentinel-3 Serta Keterkaitannya Dengan Kualitas Air di Perairan Muara Sungai Bodri, Kendal. *Indonesian Journal of Oceanography*, *4*(3), 96–106. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v4i3.15013>
- Amalia, I., Lubis, A. M., Cahyarini, S. Y., Matematika, F., Alam, P., Bengkulu, U., Paleoklimatologi, K. P., Riset, P., Riset, B., Cobleng, J. S., & Indonesia, J. B. (2025). Pengaruh ENSO dan IOD terhadap Suhu Permukaan Laut di Perairan Pulau Enggano. *28*(1), 71–81.
- Amarillo. (2019). *Information About The El Nino and La Nina Cycles*. National Weather Service. https://www.weather.gov/ama/el_nino
- Andini, S., Prasetyo, Y., & 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>
- Ariani, N. M. E., Trigunasih, N. M., & Narka, I. W. (2024). Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Faktor Erosivitas Hujan di DAS Buleleng. *Nandur*, 4(1), 7–16.
- Arison dang, V., Sudarsono, B., & Prasetyo, Y. (2015). Klasifikasi Tutupan Lahan menggunakan Metode Segmentasi Berbasis Algoritma Multiresolusi (Studi Kasus Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat). *Jurnal Geodesi Undip*, 4(1), 9–19.
- Armijon. (2020). Identifikasi Lahan Kritis untuk Penentuan Kawasan Konservasi Berbasis Sig Wilayah-1 Kabupaten Lampung Selatan. *JGE*, 06(03), 228–242.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Serang. (2023). Kependudukan dan Migrasi. *BPS Kabupaten Serang*. <https://serangkab.bps.go.id/id/statistics-table/2/OTYjMg==/laju-pertumbuhan-penduduk.html>
- Bagus, I., Gunam, W., Campus, B. J., & Campus, B. J. (2019). Menyimak Penomena Pemanasan Global / Perubahan Iklim (La-Nina), Alih Fungsi Lahan dan Mitigasi Kerusakan Lingkungan Di Pulau Bali. *September*, 1–9.
- Candra Susanto, P., Ulfah Arini, D., Yuntina, L., Panatap Soehaditama, J., & Nuraeni, N. (2024). Konsep Penelitian Kuantitatif: Populasi, Sampel, dan Analisis Data (Sebuah Tinjauan Pustaka). *Jurnal Ilmu Multidisplin*, 3(1), 1–12. <https://doi.org/10.38035/jim.v3i1.504>
- Danoedoro, P. (2016). Pengaruh Jumlah dan Metode Pengambilan Titik Sampel Penguji terhadap Tingkat Akurasi Klasifikasi Citra Digital Penginderaan jauh. *ResearchGate*, May.
- Darlina, S., Sasmito, B., & Yuwono, B. (2018). Analisis Ketertiban Tata Letak Bangunan terhadap Sempadan Sungai di Sungai Banjir Kanal Timur Kota Semarang (Studi Kasus : Sepanjang Banjir Kanal Timur dari Muara Sampai Jembatan Brigjend Sudiarto (STA 0-STA 7)). *Jurnal Geodesi Undip*, 4(April), 86–94.
- Eboy, O. V., & Kemarau, R. A. (2023). *Analysis of Extreme Heat Land Surface*

Temperature at a Tropical City (1988-2022): A Study on the Variability of Hot Spot during El Niño Southern Oscillation (ENSO). Science and Technology Indonesia, 8(3), 388–396. <https://doi.org/10.26554/sti.2023.8.3.388-396>

Farid, F. (2015). Penginderaan Jauh (Remote Sensing). In *UTM Press* (Cetakan Pe, Vol. 1, Issue 1). UTM PRESS. http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI

Hardianto, A., Dewi, P. U., Feriansyah, T., Sari, N. F. S., & Rifiana, N. S. (2021). Pemanfaatan Citra Landsat 8 dalam Mengidentifikasi Nilai Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI) Tahun 2013 dan 2019 (Area Studi: Kota Bandar Lampung). *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 2(1), 8–15. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2021.v2i1.38>

Hayyan, R. H., & Haryanto, Y. D. (2025). Analisis Trend Global Suhu Permukaan Laut (SST) Filipina Menggunakan Data Penginderaan Jauh. 5(1), 42–48.

Hidayat, N. M., Pandiangan, A. E., & Pratiwi, A. (2019). Identifikasi Perubahan Curah Hujan dan Suhu Udara Menggunakan Rclimindex di Wilayah Serang. *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 5(2), 37–44. <https://doi.org/10.36754/jmkg.v5i2.57>

Imroah, F. F. K., & Setiawan, N. (2024). *Integration of Landsat-8 OLI/TIRS and Sentinel-1A PolSAR for analyzing land surface temperature and its anomalies linked to ENSO in Surakarta, Indonesia. Geomatica*, 76(2), 100038. <https://doi.org/10.1016/j.geomat.2024.100038>

Indriyati, L., & Mahanani, U. (2024). Pengaruh La Nina dan El Nino terhadap Penyakit Demam Berdarah Dengue dan Malaria di Indonesia. *EnviroScienteeae*, 20(1), 90. <https://doi.org/10.20527/es.v20i1.18877>

Izah, A., Shafarani, F. K., Afrianto, F., & Permana, M. (2023). Hubungan Antara Kepadatan Vegetasi dan Land Surface Temperature di Kabupaten Pasuruan. *Jurnal Plano Buana*, 4(1), 12–21. <https://doi.org/10.36456/jpb.v4i1.7533>

- Kenanga, A. B., Wulandari, M., Wahdah, F. A., Farida, S. N., & Syaharani, F. (2025). Penentuan Ketepatan pada Klasifikasi Tingkat Kedalaman Kemiskinan di Indonesia dengan Regresi Logistik Biner. *Neraca Akuntansi Manajemen, Ekonomi*, 19, 1–23.
- KIP, B. (2023). Bupati Serang Tetapkan Tanggap Darurat Bencana Kekeringan. Serangkab.Go.Id. <https://www.serangkab.go.id/berita/bupati-serang-tetapkan-tanggap-darurat-bencana-kekeringan>
- Krisnanto, W. F., Sartimbul, A., Pranowo, W. S., Hikmah, S., Sari, J., & Setyawan, F. O. (2024). Studi Eksperimen Kopling Indeks El Nino Southern Oscillation dan Indian Ocean Dipole di Indonesia dengan Memanfaatkan Oceanic Nino Index dan Dipole Mode Index (Studi Kasus: Tahun 2009-2020). *10*(1), 23–38.
- Kurnyawati, P., Handoko, E. Y., & Syariz, M. A. (2024). WILAYAH JAWA TIMUR MENGGUNAKAN SENTINEL-3 SLSTR. 30–37. <https://doi.org/10.12962/jpji.v4i1.3390>
- Latue, P. C., Septory, J. S. I., & 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>
- Mahfudz, A. A., Azis, A. R., Bilyaro, W., & Dani, M. (2025). Pemetaan Spasial Curah Hujan dan Distribusi Populasi Ternak sebagai Informasi Dukung Sektor Peternakan di Provinsi Bengkulu. *1*(1), 303–311.
- Majdina, N. I., Pratikno, B., & Tripena, A. (2024). Penentuan Ukuran Sampel Menggunakan Rumus Bernoulli dan Slovin: Konsep dan Aplikasinya. *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Pendidikan Matematika*, *16*(1), 73. <https://doi.org/10.20884/1.jmp.2024.16.1.11230>
- Maksum, Z. U., Prasetyo, Y., & Haniah. (2016). Perbandingan Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Metode Klasifikasi Berbasis Objek dan Klasifikasi Berbasis Pikel pada Citra Resolusi Tinggi dan Menengah. *3*(April), 332–346.
- Marvelino, M. (2024). Optimasi Pertanian di Bekasi Utara : Prediksi Curah Hujan dan Rekomendasi Tanaman dengan Menggunakan Model Regresi Linier

Optimizing Agriculture In North Bekasi : Rainfall Prediction And Crop Recommendations Using. 02.

Mulyani, D. & S. (2007). Pemanfaatan Citra Sentinel-2A untuk Estimasi Produksi Pucuk Teh di Kecamatan Ilir Timur I Kota Palembang, (14 June 2007), 1–13. <https://core.ac.uk/download/pdf/11715904.pdf>

Munir, M. M., Sasmito, B., & Haniah. (2015). Analisis Pola Kekeringan Lahan Pertanian di Kabupaten Kendal dengan Menggunakan Algoritma Thermal Vegetation Index dari Citra Satelit Modis Terra. *Jurnal Geodesi Undip*, 4(4), 174–180.

Nugraheni, M., & Zakaria, A. (2023). Analisis Pengaruh Fenomena Iklim El-Nino dan La-Nina terhadap Curah Hujan di Kalimantan Tengah. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 3(2), 117–128. <https://doi.org/10.56860/jtsda.v3i2.83>

Nugroho, S. A., Wijaya, A. P., & Sukmono, A. (2016). Analisis Pengaruh Perubahan Vegetasi terhadap Suhu Permukaan di Wilayah Kabupaten Semarang Menggunakan Metode Penginderaan Jauh. *Jurnal Geodesi Undip*, 5, 253–263.

Nuraeni, R., Sitorus, S. R. P., & Panuju, D. R. (2017). Analisis Perubahan Penggunaan Lahan dan Arah Penggunaan Lahan Wilayah di Kabupaten Bandung. *Buletin Tanah Dan Lahan*, 1(1), 79–85.

Nurkhalifah, F., Khakim, M. Y. N., Virgo, F., Affandi, A. K., Hadi, Sutopo, Supardi, Koriyanti, E., Safrina, S., Irfan, M., & Bama, A. A. (2024). Analisis terhadap Dinamika Curah Hujan di Kota Palembang Tahun 2019-2023 dan Kaitannya Dengan Fenomena ENSO dan IOD. *Jurnal Penelitian Sains*, 26(3), 343–348.

Pemerintah Kabupaten Serang. (2021). *RPJMD Kabupaten Serang*.

Pranata, S., & Kurniadin, N. (2021). Identifikasi Perubahan Indeks Kerapatan Bangunan Pasca Likuifaksi di Kota Palu. *Buletin Poltanesa*, 22(1), 27–32. <https://doi.org/10.51967/tanesa.v22i1.469>

Pribadi, D. O., Shiddiq, D., & Ermyanila, M. (2006). Model Perubahan Tutupan

- Lahan dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 7(1), 35–51.
- Putri, D. R., Sukmono, A., & Sudarsono, B. (2018). Analisis Kombinasi Citra Sentinel-1A dan Citra Sentinel-2A untuk Klasifikasi Tutupan Lahan (Studi Kasus: Kabupaten Demak, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*, 4(April), 86–94.
- R Widiastutie. (2023). Dampak Krisis Air Bersih terhadap Kesehatan dan Strategi dalam Mengatasi Permasalahan di Perkampungan Ciwantani RW 17. *Jurnal Ilmiah Ekonomi Dan Manajemen*, 2(2), 114–120.
- Rahman, F., Sukmono, A., & Yuwono, B. D. (2017). Analisis Kekeringan pada Lahan Pertanian Menggunakan Metode NDDI dan Perka BNPB Nomor 02 Tahun 2012 (Studi Kasus: Kabupaten Kendal Tahun 2015). *Geodesi Undip*, 6(02), 274–284.
- Ramadhan, G. D., & Nugroho, H. (2025). Analisis Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan Algoritma CART untuk Evaluasi Kesesuaian Lahan terhadap RTRW Kabupaten Tangerang. 9(2019), 44–57.
- Rizqi, B., & Rahayu, S. (2017). Kajian Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Suhu Permukaan di Kota Surakarta. 9, 1–23. <https://doi.org/10.29408/geodika.v9i1.25540>
- Ryadi, G. Y., Sukmono, A., & Sasmito, B. (2019). Pengaruh Fenomena El Nino dan La Nina pada Persebaran Curah Hujan dan Tingkat Kekeringan Lahan di Pulau Bali. *Jurnal Geodesi Undip*, 8(4), 41–49. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/25143/22353>
- Sahana, M., Ahmed, R., & Sajjad, H. (2016). *Analyzing land surface temperature distribution in response to land use/land cover change using split window algorithm and spectral radiance model in Sundarban Biosphere Reserve, India. Modeling Earth Systems and Environment*, 2(2), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0135-5>
- Sampurno, R. M., & Thoriq, A. (2016). Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan

- Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) di Kabupaten Sumedang. *Jurnal Teknotan*, 10(2), 62–71. <https://doi.org/10.24198/jt.vol10n2.1>
- Shepard, D. (1968). *A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data* $i \sim j \sim$. <https://doi.org/10.1145/800186.810616>
- Silaban, A., & Johan, S. (2025). Pengaruh ENSO terhadap Kejadian Upwelling di Perairan Kota Bengkulu (Studi Kasus : El Nino 2023) The Effect of ENSO on Upwelling Events in Bengkulu City Waters (Case Study : El Nino 2023). 25(October 2023), 37–47.
- Suadnyani, D. P. N., Muliana, I. G. N. A., Sumertayasa, K., & Dwipayana, A. D. (2023). Adaptasi Perubahan Iklim Global terhadap Dampak Perubahan Iklim Transportasi Darat Melalui Pendekatan Mitigasi. *Berkala Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi*, 1(3), 687–696. <https://doi.org/10.19184/berkalafstpt.v1i3.599>
- Sugiharto, B. S., Amruddin, Ma'sum, R. D., Hadidjah, K., Bakara, S. M., Suatmi, B. D., Sele, Y., & Indriani, I. K. (2025). *Paradigma Climate Change (Perubahan Iklim)* (Issue May).
- Suryo Haryani, N., Zubaidah, A., Dirgahayu, D., Fajar Yulianto, H., & Junita Pasaribu Peneliti Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh -LAPAN, dan. (2012). Model Bahaya Banjir Menggunakan Data Penginderaan Jauh di Kabupaten Sampang (Flood Hazard Model Using Remote Sensing Data in Sampang District). *Jurnal Penginderaan Jauh*, 9(1), 52–66.
- Susetyo, J. A., Rachmadian, R. H., Lestari, H. D., Cendikia, R., Marshanda, U. F., & Bachri, S. (2024). Evaluasi dan Penilaian Kepadatan Bangunan Perkotaan menggunakan Analisis Spasial NDBI di Kota Malang Jawa Timur. 25(2), 320–331.
- Syariz, M. A. (2022). *A Convolutional Neural Network With Transfer Learning For Chlorophyll-A Concentrations Retrieval In Mesotrophic Lakes Using Sentinel-3 Imagery - ITS Repository*. <https://repository.its.ac.id/93239/>
- Tridawati, A., Sari, A., & Darmawan, S. (2025). Distribusi Spasial Kesehatan

- Mangrove pada Citra Satelit Multitemporal sebagai Upaya Mitigasi Perubahan Iklim. *14*(01), 47–56.
- Trinufi, R. N., & Rahayu, S. (2020). Analisis Perubahan Kerapatan Vegetasi dan Bangunan di Kota Banda Aceh Pasca Bencana Tsunami. *Ruang*, *6*(1), 28–37. <https://doi.org/10.14710/ruang.6.1.29-39>
- Wibowo, A. D., Riswan, & Rahmawati. (2022). Model Kebijakan dalam Pengendalian Bencana Kebakaran Hutan dan Lahan. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, *21*(1), 13–18.
- Yanti, C. A., & Akhri, I. J. (2022). Perbedaan Uji Korelasi Pearson, Spearman dan Kendall Tau dalam Menganalisis Kejadian Diare. *Jurnal Endurance*, *6*(1), 51–58. <https://doi.org/10.22216/jen.v6i1.137>
- Yuniasih, B., & Adjie, A. R. P. (2022). Evaluasi Kondisi Kebun Kelapa Sawit Menggunakan Indeks NDVI dari Citra Satelit Sentinel 2. *Jurnal Teknotan*, *16*(2), 127. <https://doi.org/10.24198/jt.vol16n2.10>
- Zulkarnain, R. C. (2016). Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Perubahan Suhu Permukaan di Kota Surabaya. *Skripsi Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 1–307.