

**STUDI TINGKAT KERENTANAN PESISIR TERHADAP BANJIR ROB
MENGUNAKAN METODE *COASTAL VULNERABILITY INDEX* (CVI)
DI PESISIR KABUPATEN KARAWANG, JAWA BARAT**

(Skripsi)

Oleh

**KIREINA PUTRI IWASAKI
NPM 1915013011**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**STUDI TINGKAT KERENTANAN PESISIR TERHADAP BANJIR ROB
MENGUNAKAN METODE *COASTAL VULNERABILITY INDEX* (CVI)
DI PESISIR KABUPATEN KARAWANG, JAWA BARAT**

Oleh

KIREINA PUTRI IWASAKI

Skripsi

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

Pada

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



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

STUDI TINGKAT KERENTANAN PESISIR TERHADAP BANJIR ROB MENGUNAKAN METODE *COASTAL VULNERABILITY INDEX* (CVI) DI PESISIR KABUPATEN KARAWANG, JAWA BARAT

Oleh

KIREINA PUTRI IWASAKI

Pesisir merupakan kawasan yang dinamis, kompleks, serta rentan terhadap tekanan dari aktivitas darat maupun fenomena laut, termasuk banjir rob. Kabupaten Karawang secara geografis berbatasan langsung dengan Laut Jawa, sehingga memiliki potensi kerentanan tinggi terhadap banjir rob, yang diperkuat oleh kondisi topografi yang cenderung landai serta tingginya intensitas pasang surut. Pada periode 2017-2022 tercatat 21 kejadian banjir rob yang berdampak signifikan pada permukiman dan tambak masyarakat pesisir. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi tingkat kerentanan pesisir Kabupaten Karawang.

Penelitian ini menggunakan data periode tahun 2019-2024 di 9 kecamatan pesisir Kabupaten Karawang. Analisis tingkat kerentanan pesisir dilakukan dengan memanfaatkan metode *Coastal Vulnerability Index* (CVI) yang kemudian dinormalisasi untuk memetakan tingkat kerentanan wilayah pesisir berdasarkan 7 variabel kerentanan, yaitu geomorfologi, kemiringan pesisir, tutupan lahan, jenis tanah, jenis batuan, perubahan garis pantai, dan pasang surut.

Secara keseluruhan, nilai CVI normalisasi berada pada kisaran 0,067 hingga 0,799 dan terbagi ke dalam empat tingkat kerentanan, yaitu rendah (0,067-0,245), sedang (0,253-0,494), tinggi (0,504-0,715), dan sangat tinggi (0,799). Proporsi wilayah yang dihasilkan adalah sebesar 22,60% untuk kategori rendah, 32,45% untuk sedang, 43,28% untuk tinggi, dan 1,66% untuk sangat tinggi.

Analisis lebih lanjut dengan regresi linier sederhana dan berganda menunjukkan bahwa kemiringan pesisir berpengaruh terhadap tingkat kerentanan, namun bukan sebagai faktor utama. Pengaruhnya menjadi lebih signifikan ketika dikaji bersama faktor lain, seperti perubahan garis pantai, sehingga kerentanan pesisir Kabupaten Karawang dipahami sebagai hasil kombinasi berbagai faktor.

Kata kunci: Pesisir Kabupaten Karawang, Kerentanan Pesisir, *Coastal Vulnerability Index* (CVI), Regresi Linier Sederhana, Regresi Linier Berganda

ABSTRACT

ASSESSMENT OF COASTAL VULNERABILITY TO TIDAL FLOODING USING THE COASTAL VULNERABILITY INDEX (CVI) IN KARAWANG, WEST JAVA

By

KIREINA PUTRI IWASAKI

Coastal zones are dynamic and complex environments that are vulnerable to pressures from both land-based activities and marine phenomena, including tidal flooding. Geographically, Karawang Regency directly borders the Java Sea, making the region highly susceptible to tidal flooding—an issue further exacerbated by its low-lying topography and high tidal range. Between 2017 and 2022, a total of 21 tidal flooding events were recorded, causing significant impacts on coastal settlements and aquaculture areas. This study aims to assess the potential level of coastal vulnerability in Karawang. The research utilizes data from 2019-2024 across nine coastal districts in Karawang Regency. Coastal vulnerability was analyzed using the Coastal Vulnerability Index (CVI), which was subsequently normalized to map vulnerability levels based on seven variables: geomorphology, coastal slope, land cover, soil type, lithology, shoreline change, and tidal range. Overall, the normalized CVI values range from 0.067 to 0.799, classified into four vulnerability levels: low (0.067-0.245), moderate (0.253-0.494), high (0.504-0.715), and very high (0.799). The spatial distribution indicates that 22.60% of the area falls into the low category, 32.45% into moderate, 43.28% into high, and 1.66% into the very high category. Further analysis using simple and multiple linear regression reveals that coastal slope influences vulnerability levels but is not a primary factor. Its influence becomes more pronounced when analyzed alongside other variables, particularly shoreline change, indicating that coastal vulnerability in Karawang results from the combined effects of multiple physical factors.

Keywords: Karawang Regency Coast, Coastal Vulnerability, Coastal Vulnerability Index (CVI), Simple Linear Regression, Multiple Linear Regression

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : **STUDI TINGKAT KERENTANAN PESISIR
TERHADAP BANJIR ROB MENGGUNAKAN
METODE *COASTAL VULNERABILITY INDEX*
(CVI) DI PESISIR KABUPATEN
KARAWANG, JAWA BARAT**

Nama Mahasiswa : **Kireina Putri Iwasaki**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1915013011

Program Studi : S1 Teknik Geodesi

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.
NIP 196705141993031002

Romi Fadly, S. T., M. Eng
NIP 197708242008121001

2. Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

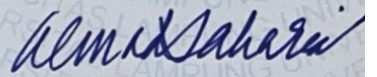
Ir. Fauzan Murdapa, M. T., IPM.
NIP 196410121992031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

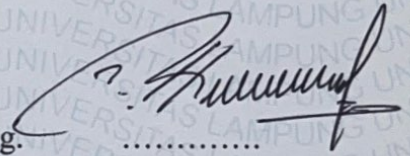
Ketua

: Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.

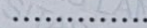


Sekretaris

: Romi Fadly, S. T., M. Eng.



Penguji Utama Bukan Pembimbing : Citra Dewi, S. T., M. Eng



2. Dekan Fakultas Teknik



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

NIP 196910302000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 05 Desember 2025

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Kireina Putri Iwasaki

NPM : 1915013011

Program Studi : Teknik Geodesi

Jurusan : Teknik Geodesi dan Geomatika

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "*Studi Tingkat Kerentanan Pesisir Terhadap Banjir Rob Menggunakan Metode Coastal Vulnerability Index (CVI) Di Pesisir Kabupaten Karawang, Jawa Barat*" ini 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.

Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan saya bersedia menanggung segala akibat yang ada, apabila pernyataan ini tidak benar.

Bandar Lampung, 13 Februari 2026



Kireina Putri Iwasaki

NPM. 1915013011

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir pada tanggal 29 November 2001 di Kota Jakarta Timur, Provinsi DKI Jakarta. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Hartono dan Ibu Nurbaiti.

Penulis memulai pendidikan formalnya di TK Ar-Rahman Cikarang Barat pada tahun 2006-2007. Kemudian, melanjutkan pendidikan dasar di SDIT Al-Arabi yang diselesaikan pada tahun 2013. Selanjutnya, melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMPIT Al-Arabi yang diselesaikan pada tahun 2016, serta melanjutkan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Cikarang Barat dan lulus pada tahun 2019. Pada tahun yang sama, penulis tercatat sebagai mahasiswa Perguruan Tinggi Negeri Universitas Lampung pada Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik (FT), melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di berbagai organisasi antara lain BEM Universitas Lampung sebagai Staff Ahli Kepemudaan (2020-2021), BEM Fakultas Teknik sebagai Staff Ahli Divisi Pengembangan Sumber Daya Manusia (2021-2022), Himpunan Mahasiswa Teknik Geodesi UNILA sebagai Staff Hubungan Luar (2021-2022). Menjadi peserta pertukaran pelajar dalam program Permata Kita antara Universitas Lampung dengan Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (2020). Penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT PLN (Persero) dengan judul “*Survey Perencanaan Proyek Gardu Induk dan Transmisi Saluran Udara Tekanan Tinggi (SUTT) 150 KV Telukjambe I-Telukjambe II di Kabupaten Karawang*” pada tahun 2022, serta pada tahun yang sama melakukan kegiatan Magang Bersama Kampus

Merdeka (MBKM) di PT Berau Coal dengan proyek “*Pemutakhiran Dokumen Be GEMS di PT Berau Coal*”. Penulis juga telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kabupaten Karawang, Jawa Barat pada tahun 2021.

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.), penulis membuat skripsi yang berjudul “*Studi Tingkat Kerentanan Pesisir Terhadap Banjir Rob Menggunakan Metode Coastal Vulnerability Index (CVI) di Pesisir Kabupaten Karawang, Jawa Barat*” dengan bimbingan Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D., dan Bapak Romi Fadly, S.T., M.Eng., pada tahun 2024.

LEMBAR PERSEMBAHAN

الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي بِنِعْمَتِهِ تَتِمُّ الصَّالِحَاتُ

“Segala puji bagi Allah yang dengan nikmat-Nya segala kebaikan menjadi sempurna.”

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

Karya sederhana ini di persembahkan kepada:

Dua sosok luar biasa dalam hidupku, Ibu Nurbaiti dan Bapak Hartono selaku orang tua. Terima kasih atas cinta tanpa syarat, untaian doa yang tak pernah putus, serta pengorbanan yang dilakukan untuk membawaku sampai di titik ini.

Adikku tercinta, Aisyah Amalia. Terima kasih sudah menjadi alasanku untuk berusaha memberikan yang terbaik, serta terima kasih untuk selalu menjadi pendengar dan tempat untuk bertukar pendapat dan pikiran.

Bapak/Ibu dosen yang telah senantiasa memberikan ilmu dan bimbingannya selama menempuh perjalanan akademik ini. Terkhusus kepada dosen pembimbingku, terima kasih sebesar-besarnya atas arahan, motivasi, koreksi, kritik, serta masukan yang telah diberikan hingga ditahap ini. Semoga dari ilmu yang telah diberikan, menjadi amal kebaikan yang terus mengalir.

Diriku sendiri. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini, dan selamat atas pencapaianmu dalam menyelesaikan salah satu tanggung jawab besar berupa gelar sarjana yang merupakan impian dari Bapak dan Ibu.

MOTTO

I don't know how, but Allah will.

(Anonim)

Masa depan kita, Allah yang tentukan. Tinggal bagaimana kita lebih mendekatkan diri dan berserah diri sama Allah.

(Hartono, ayah penulis)

You won't be late if you walk slowly. Right, everyone's life and his/her path is different. I guess each and everyone spends different time to walk. I don't think being late is something bad. The one who goes slower may enjoy the landscape and views around. When you go slower than other, you can see things that others miss.

(Dokyeom Seventeen)

Kita tidak pernah ditakdirkan untuk tahu jalan yang besok kita lewati, maka hiduplah diatas bumimu hari ini sebijaksana yang kamu bisa.

(Anonim)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu wa ta'ala karena atas rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi ini dengan judul **“STUDI TINGKAT KERENTANAN PESISIR TERHADAP BANJIR ROB MENGGUNAKAN METODE *COASTAL VULNERABILITY INDEX* (CVI) DI PESISIR KABUPATEN KARAWANG, JAWA BARAT”**. Shalawat serta salam semoga tercurahkan kepada junjungan kita, Nabi Muhammad Shallallahu'alaihi Wa Sallam sebagai teladan umat manusia.

Skripsi ini disusun sebagai prasyarat untuk meraih gelar sarjana di Jurusan Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung. Skripsi ini tidak terlepas dari dukungan secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada segenap pihak yang membantu dalam penyusunan Skripsi ini:

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D., selaku Dosen pembimbing I yang telah membimbing, mendukung, serta memberikan saran, arahan, dan motivasi kepada penulis.
4. Bapak Romi Fadly, S.T., M.Eng., selaku selaku Koordinator Skripsi Program Studi S1 Teknik Geodesi Universitas Lampung serta Dosen Pembimbing II yang telah membimbing, mendukung, serta memberikan saran, arahan, dan motivasi kepada penulis.

5. Ibu Citra Dewi, S.T., M.Eng., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik serta saran dalam pengerjaan Skripsi.
6. Bapak Hartono dan Ibu Nurbaiti selaku orang tua, serta Aisyah Amalia selaku adik yang selalu memberikan doa, dukungan, motivasi serta semangat kepada penulis.
7. Rahma Ristya Giana, Santi, dan Vivin Shafira Wirdayana selaku teman-teman Magang Kampus Merdeka Batch II di PT Berau Coal sekaligus penghuni grup “SUKSES GAJI DUA DIJIT FG” yang masih setia mendukung penulis hingga saat ini.
8. Teman-teman “Partai Gerabah”, Azizah Risma Widya, Riska Fikriyah Abduh, dan Siti Badriyah yang selalu mendengarkan cerita *random* dan keluh kesah penulis saat penyusunan Skripsi.
9. Rekan Teknik Geodesi dan Geomatika Angkatan 2019, beserta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang mendukung perjalanan penulis.

Skripsi ini disusun dengan sebaik-baiknya, namun penulis mengucapkan permohonan maaf apabila masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari sempurna dalam penulisan Skripsi ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi setiap pembaca.

Bandar Lampung, Februari 2026



Kireina Putri Iwasaki
NPM 1915013011

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Pertanyaan Penelitian	4
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian	5
1.6. Ruang Lingkup Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Banjir Rob	7
2.2. Wilayah Pesisir	7
2.3. Kerentanan	8
2.4. Kerentanan Pesisir	8
2.4.1. Geomorfologi	9
2.4.2. Kemiringan Pesisir	10
2.4.3. Tutupan Lahan	11
2.4.4. Jenis Tanah	11
2.4.5. Jenis Batuan (Geologi)	13
2.4.6. Perubahan Garis Pantai	14
2.4.7. Pasang Surut	15
2.5. <i>Coastal Vulnerability Index</i> (CVI)	16
2.6. Normalisasi	19
2.7. Sistem Informasi Geografis (SIG)	20
2.8. Penginderaan Jauh	20
2.9. Uji Regresi Linier	21
2.10. Penelitian Terdahulu	23
III. METODE PENELITIAN	25
3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian	25
3.2. Diagram Alir Penelitian	26
3.3. Tahap Persiapan	28
3.3.1. Studi Literatur	28
3.3.2. Penentuan Variabel Kerentanan	28
3.3.3. Alat yang Digunakan Dalam Penelitian	30

3.3.4. Data yang Digunakan Dalam Penelitian	30
3.4. Tahap Pengumpulan Data	31
3.5. Tahap Pengolahan Data.....	32
3.5.1. Pengolahan Data Variabel Kerentanan Pesisir	32
3.5.2. Pembuatan Basis Data Kerentanan Pesisir	52
3.5.3. Klasifikasi dan <i>Scoring</i> Variabel Kerentanan Pesisir.....	52
3.5.4. Perhitungan Nilai Indeks Kerentanan (CVI)	53
3.5.5. Normalisasi dan Kategorisasi Tingkat Kerentanan.....	53
3.6. Tahap Analisis	54
3.6.1. Penentuan Tingkat Kerentanan Pesisir	54
3.6.2. Analisis Tingkat Kerentanan Wilayah Secara Keseluruhan	54
3.6.3. Uji Regresi Linier	54
3.7. Tahap Penarikan Kesimpulan	55
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	56
4.1. Hasil Pengolahan Tiap Variabel	56
4.1.1. Geomorfologi Pesisir Kabupaten Karawang	56
4.1.2. Kemiringan Pesisir Kabupaten Karawang	58
4.1.3. Tutupan Lahan Pesisir Kabupaten Karawang	60
4.1.4. Jenis Tanah Pesisir Kabupaten Karawang	62
4.1.5. Jenis Batuan (Geologi) Pesisir Kabupaten Karawang	63
4.1.6. Perubahan Garis Pantai Karawang	65
4.1.7. Pasang Surut Karawang	74
4.2. Hasil Perhitungan dan Normalisasi Indeks Kerentanan Pesisir (CVI) ...	78
4.3. Tingkat Kerentanan Pesisir Kabupaten Karawang	85
4.4. Hasil Uji Regresi Linier	91
V. PENUTUP.....	92
5.1. Kesimpulan	92
5.2. Saran Penelitian	93
DAFTAR PUSTAKA.....	94
LAMPIRAN A	106
LAMPIRAN B	109
LAMPIRAN C.....	121

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta Kabupaten Karawang, Jawa Barat	1
2. Kegiatan usaha ekonomi sektor perikanan di Pesisir Kabupaten Karawang	2
3. Kampung wisata laut pesisir Kabupaten Karawang.....	2
4. Kondisi salah satu rumah di pesisir Kabupaten Karawang.....	3
5. Kondisi jalan di Kecamatan Cibuaya, Kabupaten Karawang	3
6. Wilayah pesisir	8
7. Pemodelan kemiringan pesisir	10
8. Terminologi wilayah pesisir	14
9. Lokasi penelitian	25
10. Diagram alir penelitian.....	27
11. <i>Cropping area</i> dan <i>reprojection</i> peta sistem lahan.....	33
12. <i>Symbolology</i> peta sistem lahan.....	33
13. Penerjemahan tiga tabel sistem lahan untuk klasifikasi geomorfologi	33
14. <i>Cropping area</i> , dan <i>reprojection</i> DEM SRTM.....	34
15. Pembuatan <i>slope</i> pesisir Kabupaten Karawang	34
16. <i>Cropping area</i> , dan <i>reprojection</i> Citra Sentinel-2 10m LULC	35
17. Penerjemahan kode numerik sesuai <i>key properties</i>	35
18. <i>Cropping area</i> , <i>reprojection</i> , dan pengubahan <i>symbolology</i> jenis tanah Karawang	36
19. Klasifikasi jenis tanah Karawang.....	36
20. <i>Cropping area</i> , <i>reprojection</i> , dan pengubahan <i>symbolology</i> jenis batuan Karawang	37
21. Klasifikasi jenis batuan Karawang.....	37
22. Penerjemahan kode batuan berdasarkan literatur terkait	38

23. Ilustrasi perhitungan jarak koreksi	41
24. <i>Reprojecting</i> , <i>resample</i> dan pembuatan MNDWI Citra Sentinel-2	42
25. <i>Cropping area</i> dan pembuatan <i>threshold</i>	42
26. Perhitungan <i>slope</i> (kelerengan) pesisir	43
27. Koreksi pasang surut garis pantai	43
28. Pembuatan <i>baseline</i> dan <i>shoreline</i>	43
29. Hasil DSAS garis pantai	44
30. Perubahan garis pantai tahun 2019-2024	44
31. Implementasi <i>script</i> MATLAB pada pengolahan data pasang surut.....	51
32. <i>Output</i> pengolahan data pasang surut dalam bentuk visual	51
33. Geomorfologi pesisir Kabupaten Karawang.....	56
34. Kemiringan pesisir Kabupaten Karawang	58
35. Peta sebaran tambak Kabupaten Karawang	59
36. Tutupan lahan pesisir Kabupaten Karawang.....	60
37. Jenis tanah pesisir Kabupaten Karawang	62
38. Jenis batuan (geologi) di pesisir Kabupaten Karawang	63
39. Garis pantai Karawang 2019-2024.....	65
40. Peta perubahan garis pantai Karawang	67
41. Laju perubahan garis pantai pesisir Kabupaten Karawang	68
42. Kondisi lokasi abrasi tertinggi berdasarkan DSAS	69
43. Kondisi lokasi akresi tertinggi berdasarkan DSAS	70
44. Validasi wilayah yang terjadi akresi.....	71
45. Validasi wilayah yang terjadi abrasi.....	72
46. Grafik pasang surut Karawang (a) Januari 2019 dan (b) Agustus 2024	77
47. Visualisasi penilaian indeks kerentanan variabel geomorfologi	79
48. Visualisasi penilaian indeks kerentanan variabel kemiringan pesisir	79
49. Visualisasi penilaian indeks kerentanan variabel tutupan lahan	80
50. Visualisasi penilaian indeks kerentanan variabel jenis tanah.....	80
51. Visualisasi penilaian indeks kerentanan variabel jenis batuan.....	81
52. Visualisasi penilaian indeks kerentanan variabel perubahan garis pantai.....	81
53. Visualisasi penilaian indeks kerentanan variabel pasang surut.....	82
54. Hasil perhitungan dan normalisasi indeks kerentanan pesisir (CVI)	84

55. Sebaran tingkat kerentanan pesisir Kabupaten Karawang	87
56. Peta distribusi tingkat kerentanan pesisir Kabupaten Karawang	87
57. Contoh area tingkat kerentanan pesisir sangat tinggi (grid A1-A6).....	88
58. Variabel fisik penyusun indeks CVI pada area terpilih (grid A1-A6).....	88
59. Contoh area tingkat kerentanan pesisir sangat tinggi (grid A47-A47).....	89
60. Variabel fisik penyusun indeks CVI pada area terpilih (grid A47-A57).....	90
61. QR-code data perhitungan kemiringan pesisir keseluruhan.....	107
62. QR-code data perhitungan koreksi garis pantai keseluruhan.....	108
63. QR-code data pasang surut keseluruhan	110
64. Grafik pasut tahun 2019 (1a-1e)	112
65. Grafik pasut tahun 2020 (2a-2e)	114
66. Grafik pasut tahun 2021 (3a-3e)	115
67. Grafik pasut tahun 2022 (4a-4e)	117
68. Grafik pasut tahun 2023 (5a-5e)	119
69. Grafik pasut tahun 2024 (6a-6e)	120

DAFTAR TABEL

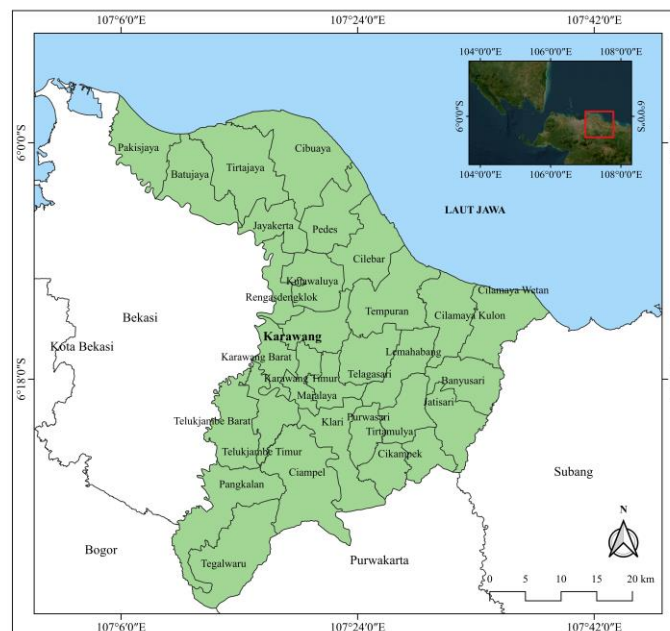
Tabel	Halaman
1. Klasifikasi dan skoring variabel geomorfologi	9
2. Klasifikasi dan skoring variabel kemiringan pesisir	10
3. Klasifikasi dan skoring variabel tutupan lahan	11
4. Daftar jenis-jenis tanah menurut beberapa sistem klasifikasi	12
5. Klasifikasi dan skoring variabel jenis tanah	12
6. Klasifikasi dan skoring variabel jenis batuan (geologi).....	14
7. Klasifikasi dan skoring variabel perubahan garis pantai.....	15
8. Klasifikasi dan skoring variabel pasang surut.....	16
9. Klasifikasi dan skoring keseluruhan variabel dengan metode CVI	17
10. Kategori tingkat kerentanan pesisir.....	19
11. Tingkat kekuatan model berdasarkan koefisien determinasi.....	22
12. Penelitian terdahulu.....	23
13. Keterkaitan antara variabel dengan kerentanan	28
14. Jenis dan sumber data variabel kerentanan pesisir terhadap banjir rob	31
15. Pemanggilan dan visualisasi data awal	46
16. Pembersihan data (identifikasi <i>outlier</i>) dan visualisasi awal	47
17. Estimasi parameter pasut untuk konstituen lemah	48
18. Analisis harmonik pasut menggunakan T_TIDE	48
19. Ekstraksi amplitudo komponen pasut utama	49
20. Perhitungan dan visualisasi TR dan RMSE	50
21. Sistem lahan Kabupaten Karawang	57
22. Klasifikasi tutupan lahan ESRI LULC.....	60
23. Tingkat kerentanan tutupan lahan di pesisir Kabupaten Karawang.....	61
24. Formasi batuan di pesisir Kabupaten Karawang.....	64

25. Klasifikasi CVI pada jenis formasi batuan.....	64
26. Konstanta harmonik pasut dan Tidal Range (TR).....	75
27. Hasil perhitungan dan normalisasi indeks kerentanan pesisir (CVI).....	83
28. Hasil analisis kerentanan pesisir Kabupaten Karawang.....	85
29. Sebaran tingkat kerentanan pesisir Kabupaten Karawang.....	86
30. Hasil regresi linier sederhana	91
31. Hasil R ² regresi linier sederhana	91
34. Contoh perhitungan kemiringan pesisir (tahun 2019).....	107
35. Contoh perhitungan koreksi garis pantai terhadap pasut (tahun 2019).....	108
36. Contoh data pasang surut (Januari 2019).....	110

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pesisir merupakan kawasan dengan sistem yang dinamis dan kompleks serta merupakan zona peralihan antara darat dan laut yang terpengaruh oleh keduanya (Fauzi dkk., 2020; Rumahorbo dkk., 2023; Šimac dkk., 2023). Situasi tersebut menyebabkan wilayah pesisir mengalami tekanan dari berbagai aktivitas yang terjadi di darat seperti banjir, abrasi, dan sedimentasi serta sangat terpengaruh oleh fenomena alam laut seperti perubahan iklim, pasang surut, dan kenaikan muka air laut (Pinto, 2016; Azuga, 2021; Oloyede dkk., 2022). Interaksi yang terjadi secara kontinu antara wilayah darat dan laut berpengaruh pada kemampuan wilayah pesisir untuk terus berada pada kondisi kesetimbangan alami sehingga memicu potensi kerentanan pesisir (Suhana dkk., 2021).



Gambar 1. Peta Kabupaten Karawang, Jawa Barat

Kabupaten Karawang merupakan sebuah wilayah di Indonesia yang secara geografis letaknya berbatasan langsung dengan Laut Jawa (Agus dkk., 2020; Haryani, 2022). Pesisir Kabupaten Karawang memiliki garis pantai yang membentang sepanjang $\pm 84,23$ km dan berfungsi sebagai pemukiman, destinasi wisata, serta berperan aktif bagi perekonomian masyarakat, khususnya dalam sektor perikanan tangkap dan budidaya (Bappeda Kabupaten Karawang, 2022; Haryani, 2022).



Gambar 2. Kegiatan usaha ekonomi sektor perikanan di Pesisir Kabupaten Karawang



Gambar 3. Kampung wisata laut pesisir Kabupaten Karawang

Hubungan dinamis dan kompleks antara pesisir Kabupaten Karawang dengan Laut Jawa juga memberikan dampak negatif. Pesisir Kabupaten Karawang merupakan salah satu wilayah yang rentan mengalami banjir rob (Marlianah dan Bahri, 2021; Sagala dkk., 2021). Kondisi pesisir Kabupaten Karawang yang cenderung landai

serta intensnya aktivitas pasang surut disinyalir sebagai faktor mudahnya air dari Laut Jawa masuk ke daratan ketika proses kenaikan muka air laut sehingga menyebabkan banjir rob (Pasaribu dkk., 2019; Marlianah dan Bahri, 2021; Lubis dkk., 2022). Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat sebanyak 21 kasus banjir rob telah terjadi di wilayah Kabupaten Karawang dalam rentang waktu tahun 2017-2022 (Lubis dkk., 2022). Pada Desember 2024, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Karawang mendata sebanyak 1.153 rumah serta sekitar 200 hektare tambak ikan milik warga di sejumlah wilayah terdampak banjir rob. Wilayah tersebut antara lain Kecamatan Pakisjaya, Tirtajaya, Cibuaya, Pedes, Cilebar, Tempuran, Cilamaya Kulon serta Cilamaya Wetan dengan ketinggian banjir rob berkisar antara 30 cm hingga 70 cm (Ajeng, 2024; Khumaini, 2024).



Gambar 4. Kondisi salah satu rumah di pesisir Kabupaten Karawang



Gambar 5. Kondisi jalan di Kecamatan Cibuaya, Kabupaten Karawang

Wilayah pesisir Kabupaten Karawang yang persisten merespons dampak buruk dari banjir rob akan memicu potensi kerentanan pesisir. Kerentanan pesisir merupakan isu yang krusial bagi negara kepulauan yang dikelilingi oleh lautan termasuk Indonesia karena dianggap memiliki integrasi terhadap masalah lain seperti kerentanan sosial-ekonomi wilayah pesisir (Gargiulo dkk., 2020; Pamungkas dkk., 2021). Kondisi ini menjadi semakin mendesak bagi Kabupaten Karawang karena Kabupaten Karawang digolongkan sebagai wilayah padat penduduk dimana banyak masyarakat yang tinggal, beraktivitas, hingga mencari nafkah di sekitar wilayah pesisir (Haryani dkk., 2021; Roukounis dan Tsihrintzis, 2022). Atas dasar kondisi tersebut, studi tingkat kerentanan pesisir terhadap banjir rob khususnya dalam segi fisik perlu dilakukan.

1.2. Rumusan Masalah

Interaksi yang terjadi antara pesisir Kabupaten Karawang dan Laut Jawa telah menimbulkan sejumlah fenomena alam fisik salah satunya banjir rob, sehingga mengakibatkan berbagai kerusakan fisik yang meliputi objek-objek yang dianggap bernilai seperti rumah, fasilitas umum, dan infrastruktur.

1.3. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan masalah tersebut, maka dapat diajukan pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana nilai indeks dan tingkat kerentanan pesisir di Kabupaten Karawang berdasarkan perhitungan *Coastal Vulnerability Index* (CVI), serta bagaimana pengaruh kemiringan pesisir yang diduga sebagai faktor utama penyebab kerentanan pesisir di Kabupaten Karawang?
2. Bagaimana hasil distribusi sebaran spasial tingkat kerentanan pesisir yang terjadi di pesisir Kabupaten Karawang berdasarkan hasil pengolahan CVI?

1.4. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui nilai indeks dan tingkat kerentanan pesisir di Kabupaten Karawang berdasarkan hasil perhitungan dan analisis *Coastal Vulnerability Index* (CVI), serta menganalisis pengaruh kemiringan pesisir yang diduga sebagai faktor utama penyebab kerentanan pesisir di Kabupaten Karawang.
2. Mengetahui distribusi dan sebaran spasial tingkat kerentanan pesisir di wilayah pesisir Kabupaten Karawang berdasarkan hasil pengolahan *Coastal Vulnerability Index* (CVI).

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk memperoleh gambaran serta informasi tentang kerentanan wilayah pesisir terhadap banjir rob khususnya di pesisir Kabupaten Karawang berdasarkan variabel yang dikaji serta proses analisis yang telah diterapkan. Hasil penelitian ini kemudian diharapkan dapat menjadi bahan masukan dan pertimbangan bagi pihak pemangku kepentingan dalam upaya pengelolaan dan perbaikan wilayah pesisir Kabupaten Karawang kedepannya, sebagai dasar dalam perencanaan mitigasi, serta menjadi dasar dalam pembentukan serta penentuan strategi adaptasi bagi masyarakat dalam menghadapi dampak banjir rob yang dapat terjadi di kemudian hari.

1.6. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini yaitu:

1. Wilayah lokasi penelitian berada di wilayah pesisir Kabupaten Karawang, Provinsi Jawa Barat, dengan cakupan area sejauh 500 meter ke arah darat dari garis pantai.
2. Identifikasi kerentanan pesisir meliputi parameter fisik dengan memanfaatkan variabel geomorfologi, kemiringan pesisir, tutupan lahan, jenis tanah, jenis batuan (geologi), perubahan garis pantai, dan pasang surut.
3. Periode data yang digunakan dalam penelitian adalah tahun 2019-2024.

4. Metode pengolahan kerentanan pesisir yang digunakan adalah *Coastal Vulnerability Index* (CVI).
5. Data dalam penelitian ini meliputi peta sistem lahan, DEM SRTM, citra sentinel-2 *Land Use/Land Cover* (LULC) tahun 2024, peta jenis tanah Provinsi Jawa Barat, peta geologi digital Kabupaten Karawang, citra sentinel-2A dan 2B Level 2A tahun 2019-2024, data tinggi muka air laut.
6. Uji regresi linier dalam penelitian ini dibatasi hanya pada analisis pengaruh variabel kemiringan pesisir terhadap tingkat kerentanan pesisir di wilayah studi, yang secara umum dianggap sebagai salah satu penyebab utama terjadinya kerentanan pesisir.
7. Hasil penelitian mencakup informasi tingkat kerentanan pesisir pada masing-masing *grid cell*, tingkat kerentanan pesisir secara keseluruhan yang menggambarkan distribusi spasial kerentanan di pesisir Kabupaten Karawang, serta hasil uji regresi linier untuk memahami pengaruh kemiringan pesisir terhadap pola distribusi kerentanan secara lebih mendalam.

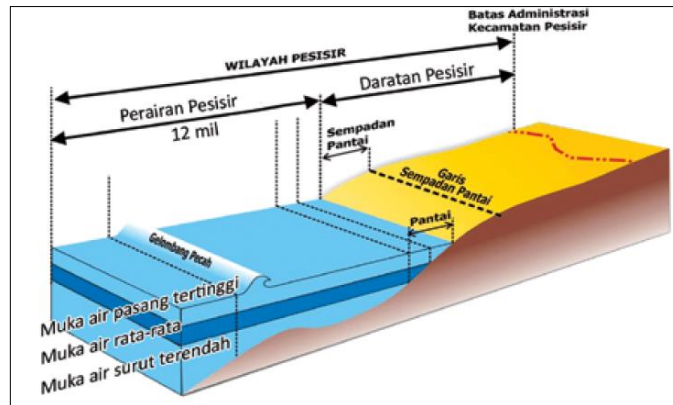
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Banjir Rob

Banjir pasang surut atau banjir rob merupakan banjir yang terjadi akibat proses hidro-oseanografi yang disebabkan oleh adanya tarikan gravitasi benda-benda langit, khususnya bulan dan matahari, terhadap massa air laut di bumi (Sunarno, 2003 dalam Nabella dkk., 2022; Syafitri dan Rochani, 2022). Banjir rob ditandai dengan naiknya permukaan air laut pada saat air pasang serta masuknya air laut ke daratan (Marfai, 2004 dalam Ikhsyan dkk., 2017). Banjir rob dapat memberikan dampak yang cukup signifikan terhadap masyarakat dan pemerintah karena menyebabkan kerusakan pada infrastruktur dan fasilitas umum hingga seringkali mengubah daerah yang terdampak menjadi daerah kumuh setelah banjir rob terjadi (Syafitri dan Rochani, 2021).

2.2. Wilayah Pesisir

Pesisir merupakan zona pertemuan atau peralihan antara darat dan laut dengan wilayah ke arah darat masih dipengaruhi oleh laut, dan wilayah ke arah laut masih dipengaruhi oleh darat (Fauzi dkk., 2020; Rumahorbo dkk., 2023). Wilayah pesisir dapat dikatakan sebagai zona dengan dinamika dan kompleksitas geomorfologi, akumulasi banyak aktivitas sosial, dan ekonomi (Lins-de-Barros, 2017). Menurut UU No. 27/2007 jo UU No. 1/2014, Perairan Pesisir ke arah darat mencakup wilayah administrasi kecamatan dan ke arah laut sejauh 12 (dua belas) mil laut diukur dari garis pantai. Wilayah pesisir meliputi pesisir, pantai, perairan laut yang dekat dengan pantai yang diuraikan dalam sektor sumber daya alam, infrastruktur, ekonomi, pariwisata, sosial, dan bencana alam (Kurniasari dkk., 2023).



Gambar 6. Wilayah pesisir (Dinas PUPRKIM Provinsi Bali, 2023)

2.3. Kerentanan

Kerentanan merupakan suatu kondisi dimana individu, komunitas, atau sistem tidak mampu menghadapi atau meminimalkan dampak yang disebabkan oleh bahaya baik secara sosial, ekonomi, lingkungan, dan fisik (Aisha dkk., 2019; Choirunisa dan Giyarsih, 2020). Suatu sistem dapat mengalami kerentanan terhadap risiko bahaya ketika terjadi perubahan pada aspek kerentanan yang melebihi nomor batas toleransi. Tingkat risiko suatu bencana dipengaruhi oleh kondisi kerentanan pada saat bahaya terjadi, semakin besar kerentanan, semakin besar risiko bencana, sebaliknya, semakin kecil kerentanan, maka semakin kecil risiko bencana (Refnitasari dkk., 2022).

2.4. Kerentanan Pesisir

Kerentanan pesisir mengacu pada kondisi dimana suatu sistem pesisir rentan atau tidak mampu menahan dampak buruk yang disebabkan oleh tekanan aktivitas manusia maupun faktor alam. Hal ini ditandai dengan meningkatnya proses kerusakan di wilayah pesisir (Musekiwa dkk., 2015; Helfinalis dkk., 2020). Kerentanan pesisir juga merupakan sebuah konsep spasial untuk mengidentifikasi orang serta tempat yang rentan terhadap ancaman bahaya pesisir (Bevacqua dkk., 2018). Tingkat kerentanan yang terjadi di setiap wilayah pesisir memiliki variasi yang berbeda-beda sesuai dengan gangguan yang diterima (Handiani dkk., 2019). Estimasi kerentanan pesisir yang akurat didasarkan pada interaksi yang kompleks

dari segi fisik, kimia, biologi, dan manusia yang terjadi di wilayah pesisir sehingga mempengaruhi kondisinya (Musekiwa dkk., 2015; Rumahorbo dkk., 2023).

2.4.1. Geomorfologi

Geomorfologi diartikan sebagai ilmu yang mempelajari kenampakan permukaan bumi sebagai indikasi proses geologis suatu wilayah berdasarkan faktor endogen (berasal dari dalam bumi) dan faktor eksogen (berasal dari luar bumi), dengan objek utama kajian berupa bentuk lahan (*landform*) yang meliputi permukaan daratan maupun laut (Raharjo, 2013; Adiba dkk., 2021). Pada wilayah pesisir, geomorfologi erat kaitannya dengan kenampakan wilayah pesisir yang bergantung pada proses oseanografi yang terjadi. Dinamika geomorfologi pesisir yang dipengaruhi oleh proses oseanografi tersebut dapat menyebabkan terjadinya banjir rob di wilayah pesisir (Atmodjo, 2016; Pamungkas dkk., 2021; Syafitri dan Rochani, 2021).

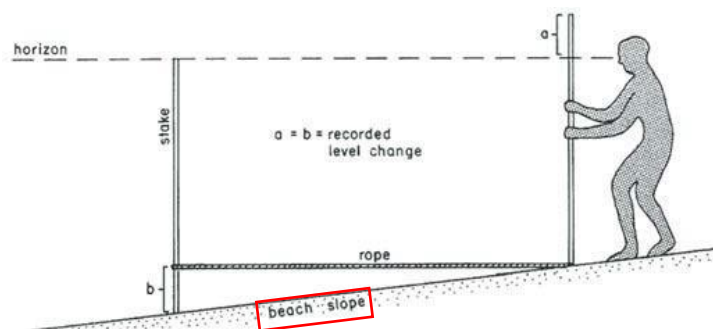
Penentuan klasifikasi geomorfologi dalam penelitian ini merujuk pada sistem klasifikasi yang dikembangkan oleh (Gornitz dkk., 1991 dalam Koroglu dkk., 2019). Klasifikasi tersebut menjadi dasar dalam pemberian skor pada variabel geomorfologi dalam perhitungan *Coastal Vulnerability Index* (CVI), sebagaimana ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi dan skoring variabel geomorfologi

Variabel	Klasifikasi dan Skoring <i>Coastal Vulnerability Index</i> (CVI)				
	Sangat Rendah (1)	Rendah (2)	Sedang (3)	Tinggi (4)	Sangat Tinggi (5)
Geomorfologi	Bertebing Tinggi, Berbatu, <i>Fiord</i> , <i>Fiard</i>	Bertebing Menengah, <i>Indented Coasts</i>	Bertebing Rendah, Pergeseran Glasial, Dataran Aluvial	Berbatu, Kerikil, Estuari, Laguna	<i>Barrier Beaches</i> , Pantai Berpasir, <i>Salt Marsh</i> (Rawa Payau), <i>Mudflats</i> (Berlumpur), Delta

2.4.2. Kemiringan Pesisir

Coastal slope atau kemiringan pesisir (curam-datarnya wilayah pesisir) merupakan rasio perubahan ketinggian atas jarak horizontal antara dua titik di pantai yang tegak lurus terhadap garis pantai, dimana ukuran ketinggian mengacu pada daerah tertentu yang terletak di atas permukaan laut rata-rata (Murali dkk., 2013; Pasaribu dkk., 2022). Perubahan kemiringan pesisir dapat disebabkan oleh proses pantai yang menyebabkan transport sedimen. Transport sedimen berpengaruh terhadap keseimbangan pesisir karena mengakibatkan pengendapan sedimen atau pengikisan sedimen (Kalay dkk., 2018). Kemiringan pesisir dapat digunakan sebagai indikator penggenangan air serta kecepatan relatif mundurnya garis pantai (Prathanazal dkk., 2021). Wilayah pesisir yang curam cenderung memiliki risiko rendah terkena dampak bencana pesisir, terutama kenaikan muka air laut dan banjir rob (Pasaribu dkk., 2022).



Gambar 7. Pemodelan kemiringan pesisir (National Park Service, 2018)

Kriteria klasifikasi untuk variabel kemiringan pesisir pada penelitian ini disusun berdasarkan klasifikasi dari (López Royo dkk., 2016 dalam Koroglu dkk., 2019), dan dijadikan acuan penilaian terhadap variabel kemiringan pesisir dalam proses penghitungan CVI, sebagaimana tercantum dalam tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi dan skoring variabel kemiringan pesisir

Variabel	Klasifikasi dan Skoring <i>Coastal Vulnerability Index (CVI)</i>				
	Sangat Rendah (1)	Rendah (2)	Sedang (3)	Tinggi (4)	Sangat Tinggi (5)
Kemiringan Pesisir	> 12%	8-12%	4-8%	4-8%	< 2%

2.4.3. Tutupan Lahan

Tutupan lahan (*land cover*) mengacu pada tutupan biologis dan fisik (biofisik) permukaan bumi yang menunjukkan tipe fisik lahan yang dapat diamati (Hutagaol dan Hidayat, 2019; Purwanto dan Lukiawan, 2019). Dalam konteks ekologis, tutupan lahan berisi informasi mengenai kenampakan alamiah bumi tanpa campur tangan manusia (Nendrawan dan Darmawan, 2021). Namun, dalam praktiknya, tutupan lahan juga mencakup hasil dari perlakuan, pengaturan, serta aktivitas manusia untuk memenuhi kegiatan produksi, pemeliharaan atau perubahan kawasan tersebut yang dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kelas diantaranya lahan terbangun, tanah gundul, air, hutan, gurun, dan salju (Mohan dan Vellayan, 2020; Gifari dkk., 2023).

Rujukan utama dalam penentuan klasifikasi jenis tanah dalam *Coastal Vulnerability Index* (CVI) pada studi ini mengacu pada (Sekovski dkk., 2020 dalam Putiamini dkk., 2023). Klasifikasi tersebut dijabarkan pada tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi dan skoring variabel tutupan lahan

Variabel	Klasifikasi dan Skoring <i>Coastal Vulnerability Index</i> (CVI)				
	Sangat Rendah (1)	Rendah (2)	Sedang (3)	Tinggi (4)	Sangat Tinggi (5)
Tutupan Lahan	Bentang Pesisir Alami, Hutan	Rawa	Agrikultur	Tanah Tandus	Kawasan Terbangun, Badan Air

2.4.4. Jenis Tanah

Tanah adalah lapisan yang menutupi sebagian besar permukaan bumi yang terbentuk melalui proses dekomposisi dan pelapukan dalam jangka waktu yang sangat lama (Hilary dkk., 2020; Ramadhan dan Wibowo, 2021). Tanah umumnya digunakan sebagai objek dalam analisis geografi untuk memecahkan masalah yang terjadi di permukaan bumi (Somantri dan Nandi, 2018). Jenis tanah merupakan salah satu variabel yang umum digunakan sebagai indikator kerentanan pesisir khususnya terhadap banjir rob di suatu karena berpengaruh dalam proses penyerapan air ke dalam tanah (infiltrasi) akibat potensial gravitasi (Darmawan

dkk., 2017; Cahyono dkk., 2022). Jenis tanah yang berbeda di setiap wilayah pesisir akan memberikan pengaruh yang berbeda pula saat terjadi bencana, sehingga jenis tanah berpotensi menjadi variabel kerentanan pesisir.

Tabel 4. Daftar jenis-jenis tanah menurut beberapa sistem klasifikasi

No.	Sistem Dudal- Soeprattohardjo (1957-1961)	Modifikasi 1978/1982 (PPT)	FAO/UNESCO (1974)	USDA Soil Taxonomy (1975 – 1990)
1.	Tanah Aluvial	Tanah Aluvial	Fluvisol	- Entisol - Inceptisol
2.	Andosol	Andosol	Andosol	Andosol
3.	Brown Forest Soil	Kambisol	Cambisol	Inceptisol
4.	Grumusol	Grumusol	Vertisol	Vertisol
5.	Latosol	- Kambisol - Latosol - Laterik	- Cambisol - Nitosol - Ferralsol	- Inceptisol - Ultisol - Oxisol
6.	Litosol	Litosol	Litosol	Entisol (Lithic Subgrup)
7.	Mediteran	Mediteran	Luvisol	Alfisol/Inceptisol
8.	Organosol	Organosol	Histosol	Histosol
9.	Podsol	Podsol	Podsol	Spodosol
10.	Podsolik Merah Kuning	Podsolik	Acrisol	Ultisol
11.	Podsolik Coklat	Kambisol	Cambisol	Inceptisol
12.	Podsolik Coklat Kelabu	Podsolik	Acrisol	Ultisol
13.	Regosol	Regosol	Regosol	Entisol/Inceptisol
14.	Renzina	Renzina	Renzina	Rendol
15.	Tanah-Tanah Berglei	Gleisol	Gleysol	Aquic Suborder
16.	Glei Humus	Gleisol Humik	-	-
17.	Glei Humus Rendah	Gleisol	-	-
18.	Hidromorf Kelabu	Podsolik Gleik	Acrisol Geyic	-
19.	Aluvial Hidromorf	Gleisol Hidrik	-	-
20.	Planosol	Planosol	Planosol	Aqualf

Penentuan klasifikasi jenis tanah sebagai salah satu variabel dalam perhitungan CVI didasarkan pada ketentuan (Permenhut No. P.32/MENHUT-II/2009 dalam Seprianto dkk., 2024) yang dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Klasifikasi dan skoring variabel jenis tanah

Variabel	Klasifikasi dan Skoring <i>Coastal Vulnerability Index (CVI)</i>				
	Sangat Rendah (1)	Rendah (2)	Sedang (3)	Tinggi (4)	Sangat Tinggi (5)
Jenis Tanah	- Regosol - Litosol - Organosol - Renzina	- Andosol (Andisol) - Laterit (Oxisol) - Grumosol (Mollisol) - Podsol (Spodosol) - Podsolik (Ultisol)	- Brown Forest Soil (Inceptisol) - Non Calcic Brown (Inceptisol) - Mediteran (Alfisol)	Latosol (Oxisol)	- Aluvial - Tanah Gleit - Planosol - Hidromorf Kelabu - Literit Air Tanah

2.4.5. Jenis Batuan (Geologi)

Batuan adalah agregat padat yang umumnya mengandung mineral atau mineraloid yang terbentuk akibat dari proses ilmiah (Sultoni dkk., 2019). Jenis batuan atau faktor geologi dapat ditinjau melalui asal-usul, waktu pembentukan, estimasi kekerasan (*hardness*), kekompakan batuan (*compaction*), dan resistensi terhadap pelapukan (Agustina dkk., 2020). Tingkat resistensi jenis batuan akan membentuk suatu morfologi tertentu dan mempengaruhi proses pelapukan yang terjadi pada suatu wilayah. Jenis batuan yang tidak resisten terhadap pelapukan akan cenderung lebih rentan terhadap erosi dan material lebih mudah terangkat hingga tersapu oleh air atau banjir, karenanya jenis batuan dapat menunjukkan tingkat kerawanan yang bervariasi termasuk pada wilayah pesisir (Falahnsia dan Taufik, 2015; Agustina dkk., 2020; Adiba dkk., 2021).

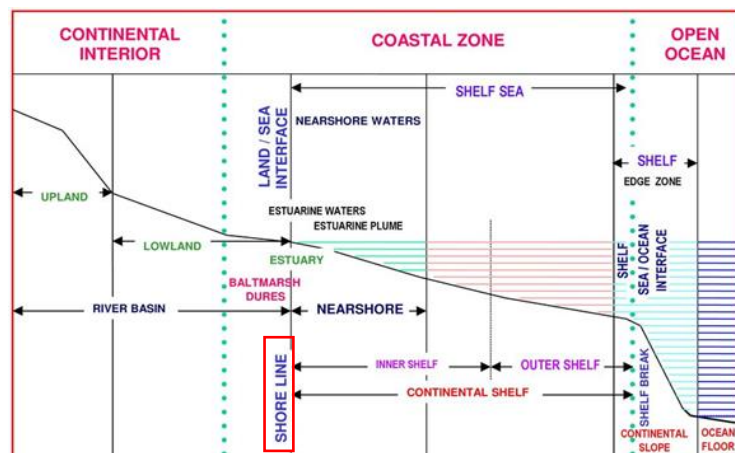
Dalam kajian ini, klasifikasi jenis batuan (geologi) yang digunakan untuk penentuan skor CVI didasarkan pada hasil modifikasi klasifikasi yang diperkenalkan oleh (Gornitz dkk., 1991 dalam Handiani dkk., 2019), pengklasifikasian tersebut dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Klasifikasi dan skoring variabel jenis batuan (geologi)

Variabel	Klasifikasi dan Skoring <i>Coastal Vulnerability Index (CVI)</i>				
	Sangat Rendah (1)	Rendah (2)	Sedang (3)	Tinggi (4)	Sangat Tinggi (5)
Jenis Batuan (Geologi)	Planktonik, Vulkanik	Batuan Konglomerat	Batuan Sedimen	Sedimen Terkonsolidasi, Lempung, Lumpur	Sedimen Tidak Terkonsolidasi, Kerikil, Pasir

2.4.6. Perubahan Garis Pantai

Garis pantai merupakan garis pertemuan antara daratan dan lautan yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Garis pantai terdiri atas garis pantai surut terendah, garis pantai pasang tertinggi, garis pantai tinggi muka air laut rata-rata (Pemerintah Republik Indonesia, 2014).



Gambar 8. Terminologi wilayah pesisir (Arief dkk., 2011)

Perubahan garis pantai merupakan fenomena yang terjadi akibat pengaruh kondisi pantai untuk mencapai keseimbangan terhadap pengaruh yang ditimbulkan oleh faktor alam seperti sedimentasi, pemadatan sedimen pantai, abrasi, kenaikan muka air laut, dan kondisi geologi, serta faktor manusia seperti penimbunan pantai, penggalian sedimen pantai, penanggulangan pantai, pembangunan saluran banjir, pembentukan daerah aliran sungai (Sudarsono, 2011 dalam Darmiati dkk., 2020). Perubahan garis pantai dapat dimonitoring melalui laju perubahan garis pantai karena dapat memberikan gambaran posisi garis pantai setiap tahun berdasarkan proses kestabilannya (maju atau mundur) (Sulma, 2012; Putra dkk., 2015).

Sistem klasifikasi perubahan garis pantai yang digunakan dalam CVI dalam penelitian ini mengikuti kriteria dari (Gornitz dkk., 1991 dalam Koroglu dkk., 2019). Adapun rincian klasifikasi dan skoringnya, disajikan pada tabel 7.

Tabel 7. Klasifikasi dan skoring variabel perubahan garis pantai

Variabel	Klasifikasi dan Skoring <i>Coastal Vulnerability Index</i> (CVI)				
	Sangat Rendah (1)	Rendah (2)	Sedang (3)	Tinggi (4)	Sangat Tinggi (5)
Perubahan Garis Pantai	> 2,0 m (Akresi)	1,0 m - 2,0 m (Akresi)	(-1,0) m - 1,0 m (Stabil)	(-1,0) m - (-2,0) m (Abrasi)	< (-2,0) m (Abrasi)

2.4.7. Pasang Surut

Pasang surut atau pasut merupakan fenomena fluktuasi (naik dan turunnya) muka laut secara periodik yang disebabkan oleh pengaruh tarikan gravitasi benda langit, khususnya bulan dan matahari terhadap massa air laut bumi (Triatmodjo, 2011 dalam Dhiauddin dkk., 2017; Rompas dkk., 2022). Fluktuasi muka air laut berubah secara berkala dalam rentang waktu tertentu dan karakteristiknya dipengaruhi oleh kondisi lokal tiap daerah baik dari segi letak geografis, morfologi pantai, hingga batimetri perairan (Nugroho dkk., 2015). Pada pasang surut, Perbedaan antara ketinggian level air tinggi (pasang naik) dan level air rendah (pasang surut) sesudahnya disebut dengan tunggang pasut (Hamzah dkk., 2017). Tunggang pasut berkaitan dengan genangan air yang berkelanjutan serta mempengaruhi kekuatan arus pasang surut. Jika suatu pesisir memiliki nilai pasang surut yang tinggi maka dapat dikatakan memiliki pesisir tersebut memiliki tingkat kerawanan yang tinggi dan arus yang dihasilkan semakin kuat (Jana dan Hedge, 2016 dalam Nugroho dkk., 2015; Gornitz, 1991 dalam Prathanazal dkk., 2021).

Penentuan klasifikasi pasang surut yang digunakan dalam perhitungan CVI pada penelitian ini didasarkan pada nilai *mean tidal range* di wilayah studi. Klasifikasi jenis pasang surut tersebut mengacu pada sistem yang dikembangkan oleh (López Royo dkk., 2016 dalam Koroglu dkk., 2019), pada tabel 8.

Tabel 8. Klasifikasi dan skoring variabel pasang surut

Variabel	Klasifikasi dan Skoring <i>Coastal Vulnerability Index</i> (CVI)				
	Sangat Rendah (1)	Rendah (2)	Sedang (3)	Tinggi (4)	Sangat Tinggi (5)
<i>Mean Tidal Range</i>	>6,0 m (Macrotidal)	4,1 m - 6,0 m (Mesotidal)	2,0 m - 4,0 m (Mesotidal)	1,0 m - 1,9 m (Microtidal)	<1,0 m (Microtidal)

2.5. *Coastal Vulnerability Index* (CVI)

Coastal Vulnerability Index (CVI) adalah metode yang sering digunakan peneliti untuk menilai kerentanan relatif wilayah pesisir terhadap faktor-faktor dapat mempengaruhinya, khususnya yang terkait dengan proses alami pesisir dan aktivitas manusia (Sankari dkk., 2015; Koroglu dkk., 2019). CVI mengklasifikasikan wilayah pesisir menggunakan metode perbandingan relatif dengan memanfaatkan beberapa variabel kerentanan (Addo, 2013; Hamid dkk., 2019; Rumahorbo dkk., 2023). CVI umum digunakan sebagai instrumen pendukung dalam pengambilan keputusan perencanaan dan pengelolaan pesisir jangka panjang karena dapat mencerminkan kondisi yang paling mendekati kondisi aktual sehingga membantu pemangku kepentingan dalam mengelola pesisir yang rentan secara tepat (Koroglu dkk., 2019 dalam Rumahorbo dkk., 2023).

Klasifikasi dan skoring yang digunakan dalam CVI disesuaikan dengan variabel-variabel yang memengaruhi kerentanan di wilayah tersebut. Pada pesisir Kabupaten Karawang, variabel-variabel yang mempengaruhi kerentanannya antara lain meliputi geomorfologi, kemiringan pesisir, tutupan lahan, jenis tanah, jenis batuan (geologi), perubahan garis pantai, serta *mean tidal range* (pasang surut), yang telah dijelaskan secara terpisah pada bagian sebelumnya. Klasifikasi dan skoring tersebut selanjutnya dikompilasi ke dalam 1 (satu) tabel, yaitu tabel 9. Tabel tersebut bertujuan untuk menyajikan secara ringkas keseluruhan sistem klasifikasi dan skoring yang menjadi dasar dalam perhitungan nilai *Coastal Vulnerability Index* (CVI) pada studi ini.

Tabel 9. Klasifikasi dan skoring keseluruhan variabel dengan metode CVI

Variabel	<i>Coastal Vulnerability Index (CVI)</i>				
	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Geomorfologi	Bertebing Tinggi, Berbatu, <i>Fiord, Fiard</i>	Bertebing Menengah, <i>Indented coasts</i>	Bertebing Rendah, Pergeseran Glasial, Dataran Aluvial	Berbatu Kerikil, Estuari, Laguna	<i>Barrier Beaches</i> , Pantai Berpasir, <i>Salt Marsh</i> (Rawa Payau), <i>Mudflats</i> (Berlumpur), Delta
Kemiringan Pesisir	> 12%	8-12%	4-8%	4-8%	< 2%
Tutupan Lahan	Bentang Pesisir Alami, Hutan	Rawa	Agrikultur	Tanah Tandus	Kawasan Terbangun, Badan Air
Jenis Tanah	- Regosol - Litosol - Organosol - Renzina	- Andosol (Andisol) - Laterit (Oxisol) - Grumosol (Mollisol) - Podsol (Spodosol) - Podsolik (Ultisol)	- Brown Forest Soil (Inceptisol) - Non Calcic Brown (Inceptisol) - Mediteran (Alfisol)	Latosol (Oxisol)	- Aluvial - Tanah Glei - Planosol - Hidromorf Kelabu - Literit Air Tanah
Jenis Batuan (Geologi)	Planktonik, Vulkanik	Batuan Konglomerat	Batuan Sedimen	Sedimen Terkonsolidasi, Lempung, Lumpur	Sedimen Tidak Terkonsolidasi, Kerikil, Pasir
Perubahan Garis Pantai	>2,0 m/tahun (Akresi)	1,0 m/tahun - 2,0 m/tahun (Akresi)	(-1,0) m/tahun - 1,0 m/tahun (Stabil)	(-1,0) m/tahun - (-2,0) m/tahun (Abrasi)	< (-2,0) m/tahun (Abrasi)
<i>Mean Tidal Range</i> (Pasang Surut)	>6,0 m (Macrotidal)	4,1 m - 6,0 m (Mesotidal)	2,0 m - 4,0 m (Mesotidal)	1,0 m - 1,9 m (Microtidal)	<1,0 m (Microtidal)

Sumber: (Handiani dkk., 2019; Koroglu dkk., 2019; Putiamini dkk., 2023; Seprianto dkk., 2024)

Perhitungan kerentanan pesisir dilakukan dengan membangun basis data kerentanan dalam bentuk *grid cell*, yang masing-masing berisi informasi dari variabel-variabel yang telah diklasifikasikan. Data dari setiap *grid cell* kemudian dihitung menggunakan persamaan *Coastal Vulnerability Index (CVI)* dalam penentuan kerentanan pesisir dijabarkan pada persamaan 1 (Gornitz, 1990; Pendleton dkk., 2010 dalam Rumahorbo dkk., 2023).

$$CVI = \sqrt{\frac{(R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_4 \dots \times R_n)}{n}} \quad (1)$$

Keterangan:

- $R_1, R_2, R_3, R_4 \dots \times R_n$ = variabel-variabel penyusun CVI
- n = jumlah variabel
- Setiap variabel dinilai berdasarkan skala klasifikasi yang sesuai dengan sumber referensi masing-masing variabel

2.6. Normalisasi

Normalisasi merupakan proses transformasi data ke dalam bentuk standar dengan mengubahnya ke skala tertentu sehingga setiap variabel memiliki rentang yang serupa untuk memudahkan proses pengolahan serta analisis data (Kusnaldi dkk., 2022). Rentang yang umum digunakan dalam proses normalisasi adalah 0-1 (Simbolon dan Friskila, 2024). Salah satu metode yang banyak digunakan adalah *min-max normalization*, di mana nilai data ditransformasikan ke dalam skala 0–1 berdasarkan nilai minimum dan maksimum suatu variabel (Allorerung dkk., 2024). Persamaan normalisasi yang diterapkan dalam perhitungan *Coastal Vulnerability Index* (CVI) disajikan sebagai berikut (Teknomo, 2006 dalam Kasim, 2011):

$$NS = \left(\frac{OS - olb}{oub - olb} \right) \cdot (nub - nlb) + nlb \quad (2)$$

Penjelasan:

OS = Nilai asli CVI

olb = Nilai CVI minimum

oub = Nilai CVI maksimum

nlb = Batas bawah baru $\rightarrow 0$

nub = Batas atas baru $\rightarrow 1$

Nilai CVI dengan skala baru (0-1) kemudian dikategorikan menjadi empat tingkat kerentanan, yaitu rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi berdasarkan tabel 10 berikut (Kasim, 2011):

Tabel 10. Kategori tingkat kerentanan pesisir

Nilai Indeks Kerentanan	Kategori Tingkat Kerentanan
<0,25	Rendah
0,25-0,50	Sedang
0,50-0,75	Tinggi
>0,75	Sangat Tinggi

2.7. Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem informasi geografis (SIG) atau juga dikenal dengan *Geographic Information System* (GIS) merupakan sistem informasi terkomputerisasi yang berguna untuk memasukkan, menyimpan, mengoreksi, memperbarui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisis, dan menampilkan data dalam bentuk informasi geografis berbasis pengetahuan (Prahasta, 2009 dalam Ariandi dan Agustini, 2018). Dalam konteks SIG, terdapat berbagai fungsi atau operasi yang digunakan untuk melakukan analisis spasial, seperti *cropping*, *reprojection*, *reclassification*, serta berbagai analisis lainnya seperti DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*), *buffering*, *slope*, *contouring*, dan sebagainya. Semua fungsi ini, yang juga disebut sebagai fungsi *geoprocessing*, memainkan peran penting dalam pengolahan dan analisis data spasial untuk menghasilkan informasi yang lebih mendalam dan terperinci. SIG memiliki banyak kegunaan termasuk di bidang kelautan, misalnya monitoring garis pantai dengan menghitung laju perubahan garis pantai, hingga menyajikan informasi terkait bahaya yang dapat diubah menjadi informasi visual berupa peta (Thomas dkk., 2007 dalam Parthasarathy dan Deka, 2021).

2.8. Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh atau inderaja (*remote sensing*) merupakan ilmu dan seni memperoleh informasi tentang objek, area, atau fenomena dengan menganalisis data yang diperoleh dari alat, tanpa bersentuhan langsung dengan objek, area, atau fenomena yang dipelajari (Lillesand dan Kiefer, 1994 dalam Has dan Sulistiawaty, 2018). Inderaja memperoleh informasi mengenai fenomena alam maupun objek (permukaan bumi) melalui pengukuran pantulan (*reflection*) ataupun pancaran (*emission*) oleh media gelombang elektromagnetik sehingga informasi dapat diinterpretasikan (Syah, 2010; Lubis dkk., 2017). Citra satelit yang merupakan hasil dari perekaman penginderaan jauh memiliki resolusi multispektral dan temporal yang tinggi sehingga dapat memperoleh banyak informasi yang dapat digunakan untuk termasuk dalam pemetaan kerentanan (Parthasarathy dan Deka, 2021).

2.9. Uji Regresi Linier

Analisis regresi merupakan salah satu metode statistik yang digunakan untuk menjelaskan atau memodelkan hubungan antarvariabel (Amarrullah dkk., 2023). Dalam penggunaannya, analisis ini melibatkan satu variabel respon (Y) yang dipengaruhi oleh satu atau lebih variabel independen (X). Ketika model hanya melibatkan satu variabel independen, maka disebut sebagai regresi linier sederhana. Namun, apabila terdapat lebih dari satu variabel independen yang dianalisis secara simultan terhadap variabel respon, maka metode tersebut disebut regresi linier (Wohon dkk., 2017). Analisis regresi banyak dimanfaatkan untuk membuat prediksi, menganalisis hubungan sebab-akibat, serta mengkaji pengaruh variabel independen (Iba dan Wardhana, 2024).

Penerapan regresi linier dalam studi ini terdiri dari 2 (dua) jenis, yaitu regresi linier sederhana dan regresi linier berganda, yang masing-masing dijelaskan pada persamaan 3 dan persamaan 4. Hubungan antara variabel-variabel dalam model regresi ini juga diperlihatkan dalam tabel 11, yang mencakup kategori nilai R^2 untuk menggambarkan kekuatan hubungan antar variabel.

a. Regresi linier sederhana (Harsiti dkk., 2022)

$$y = a + bX \quad (3)$$

Keterangan:

Y = Variabel dependen (variabel tak bebas)

a = Konstanta

b = Koefisien regresi

X = Variabel independen (variabel bebas)

Analisis regresi linier sederhana menghasilkan koefisien regresi (b) sebagai ukuran besar pengaruh X terhadap Y, nilai *p-value* sebagai indikator signifikansi statistik hubungan tersebut, koefisien determinasi (R^2) sebagai ukuran kontribusi X dalam

menjelaskan variasi Y, serta koefisien korelasi (r) yang menunjukkan arah dan kekuatan hubungan antara kedua variabel.

Tabel 11. Tingkat kekuatan model berdasarkan koefisien determinasi

Koefisien Determinasi (Nilai R-Square atau R^2)	Keterangan
$>0,67$	Kuat
$0,33-0,67$	Moderat
$<0,33$	Lemah

2.10. Penelitian Terdahulu

Tabel 12. Penelitian terdahulu

No.	Penulis (Tahun)	Judul	Metode	Hasil Penelitian
1.	Dian N. Handiani, Soni Darmawan, Aida Heriati, Yohanes D. Aditya (2019)	Kajian Kerentanan Pesisir Terhadap Kenaikan Muka Air Laut di Kabupaten Subang-Jawa Barat	<i>Coastal Vulnerability Index</i> (CVI) untuk kerentanan terhadap kenaikan muka air laut. Parameter fisik: -Geomorfologi -Pasang Surut -Tinggi Gelombang -Ketinggian Muka Laut -Geologi -Perubahan Garis Pantai	Secara keseluruhan CVI menunjukkan tingkat kerentanan sangat rendah, namun kajian indeks secara lokal menunjukkan Kecamatan Sukasari dan Blanakan memiliki kerentanan sangat tinggi.
2.	Marlianah, Asep Saepul Bahri (2021)	Upaya Masyarakat Dalam Mitigasi Bencana Banjir Rob Di Wilayah Pesisir Kecamatan Cibuaya Kabupaten Karawang (Studi Kasus Desa Cemarajaya)	Metode deskriptif dengan pendekatan kualitatif.	Kecamatan Cibuaya adalah salah satu bagian wilayah pesisir Kabupaten Karawang yang mengalami banjir rob. Masyarakat wilayah ini melakukan beberapa upaya mitigasi seperti kerja bakti, evakuasi, dan membangun sistem peringatan.
3.	Entin Hidayah, Indarto, Wei-Koon Lee, Gusfan Halik, Biswajeet Pradhan (2022)	<i>Assessing Coastal Flood Susceptibility in East Java, Indonesia: Comparison of Statistical Bivariate and Machine Learning Techniques</i>	Metode yang digunakan adalah teknik <i>Statistical Bivariate</i> dan <i>Machine Learning</i> yang dibandingkan. Parameter digunakan: -Ketinggian -Geologi -Jenis Tanah -Penggunaan Lahan -Curah Hujan - <i>River Density</i> (RD) - <i>Topographic Wetness Index</i> (TWI) - <i>Stream Power Index</i> (SPI) -Akumulasi Aliran -NDVI -Jarak dari Sungai	Teknik <i>Machine Learning</i> lebih unggul untuk mengevaluasi lokasi yang memiliki potensi banjir wilayah pesisir. Parameter yang paling mempengaruhi banjir pesisir: -Ketinggian -Geologi -Jenis Tanah -Penggunaan Lahan -Curah Hujan - <i>River Density</i> (RD) - <i>Topographic Wetness Index</i> (TWI)

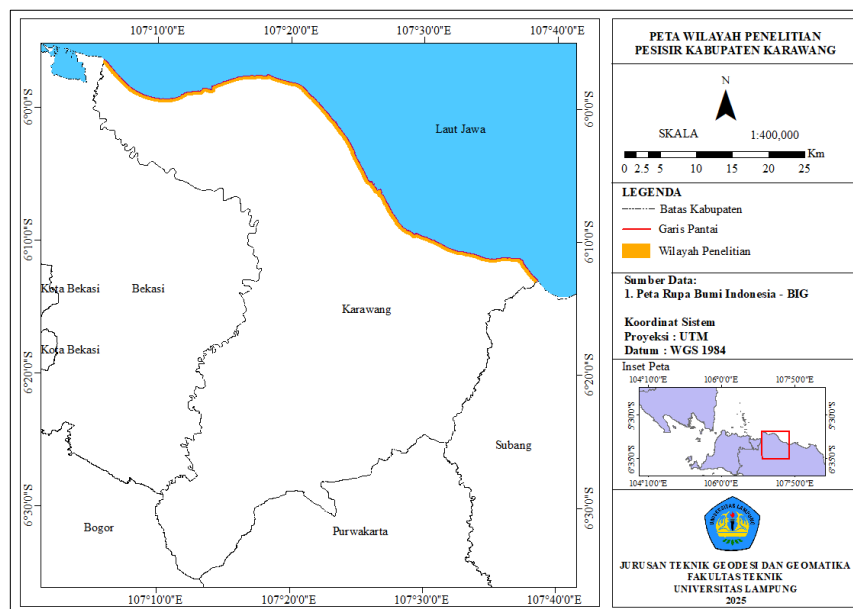
Penelitian terdahulu (lanjutan)

No.	Penulis (Tahun)	Judul	Metode	Hasil Penelitian
4.	Guntur A. Rahmawan, Ruzana Dhiauddin, Ulung J. Wisha, Wisnu A. Gemilang, Agung Syetiawan, Wiwin Ambarwulan, Ati Rahadiati (2022)	<i>GIS-Based Assessment of Coastal Vulnerability in The JATABEK (Jakarta, Tangerang, And Bekasi) Region, Indonesia</i>	<i>Coastal Vulnerability Index</i> (CVI) untuk kerentanan terhadap banjir rob. Parameter Fisik: -Geomorfologi -Ketinggian dan Kemiringan Pesisir -Tutupan Lahan -Struktur Kaku -Perubahan Garis Pantai	Tingkat kerentanan pesisir di JATABEK sebagian besar berada pada kategori rendah (42,27%), disusul kategori lainnya yaitu tinggi (31,59%), sangat tinggi (14,84%), sedang (9,56%), dan sangat rendah (1,73%). Kerentanan didominasi oleh faktor ketinggian dan kemiringan lahan, tutupan lahan, serta jumlah bangunan permanen.
5.	Kirishanthan P (2022)	<i>Physical And Social Vulnerability to Coastal Erosion: An Assessment of Kalutara Coastal Belt, Sri Lanka</i>	<i>Coastal Vulnerability Index</i> (CVI) untuk kerentanan terhadap erosi. Parameter Fisik: -Kemiringan Pesisir -Geologi -Jenis Tanah -Perubahan Garis Pantai -Tutupan Lahan Dikombinasikan dengan Parameter Sosial Ekonomi.	Wilayah studi diketahui memiliki tingkat resiko kerentanan fisik dan sosial yang tinggi akibat dari semakin cepatnya laju erosi pantai.
6.	Kireina Putri Iwasaki (2025)	Studi Tingkat Kerentanan Pesisir Kabupaten Karawang, Jawa Barat Terhadap Banjir Rob Menggunakan Metode <i>Coastal Vulnerability Index</i> (CVI)	<i>Coastal Vulnerability Index</i> (CVI) untuk kerentanan terhadap banjir rob. Parameter Fisik: -Geomorfologi -Kemiringan Pesisir -Tutupan Lahan -Jenis Tanah -Jenis Batuan (Geologi) -Perubahan Garis Pantai -Pasang Surut	Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai CVI berada pada rentang 7,407-84,515, atau 0,067-0,799 setelah dinormalisasi. Proporsi wilayah dalam masing-masing kategori kerentanan yaitu: rendah sebesar 22,60%, sedang 32,45%, tinggi 43,28%, dan sangat tinggi 1,66%, dengan sebagian besar wilayah pesisir berada pada kategori tinggi.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Karawang, Provinsi Jawa Barat, yang terletak pada koordinat 107°02'-107°40' BT dan 5°56'-6°34' LS, tepatnya berada di kawasan pesisir Kabupaten Karawang dengan panjang garis pantai $\pm 84,23$ km (Bappeda Kabupaten Karawang, 2022), meliputi area hingga 500 meter ke arah darat dari garis pantai. Secara administratif, wilayah ini terletak di bagian utara Kabupaten Karawang dan berbatasan langsung dengan Laut Jawa (Bappeda Kabupaten Karawang, 2024).

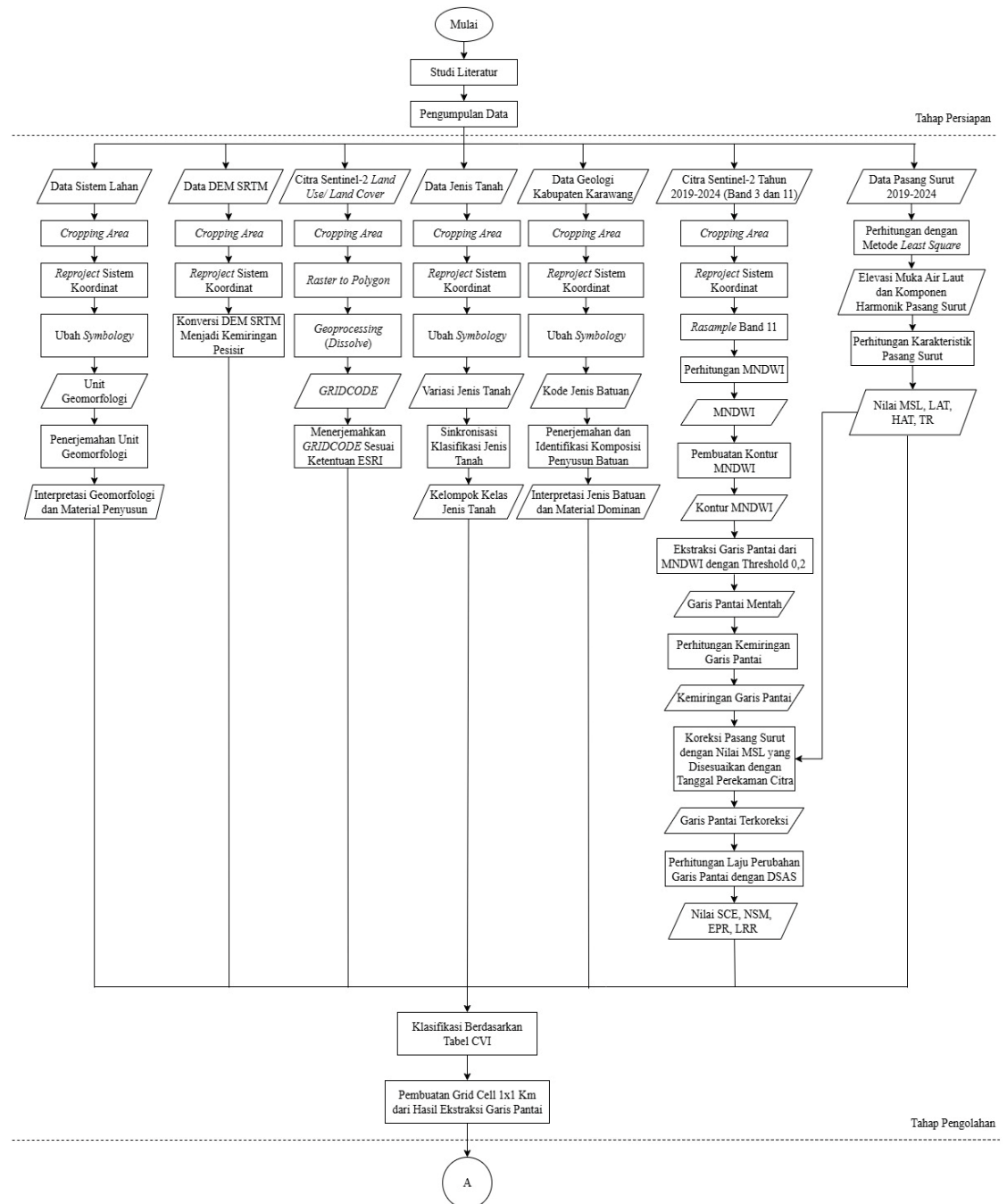


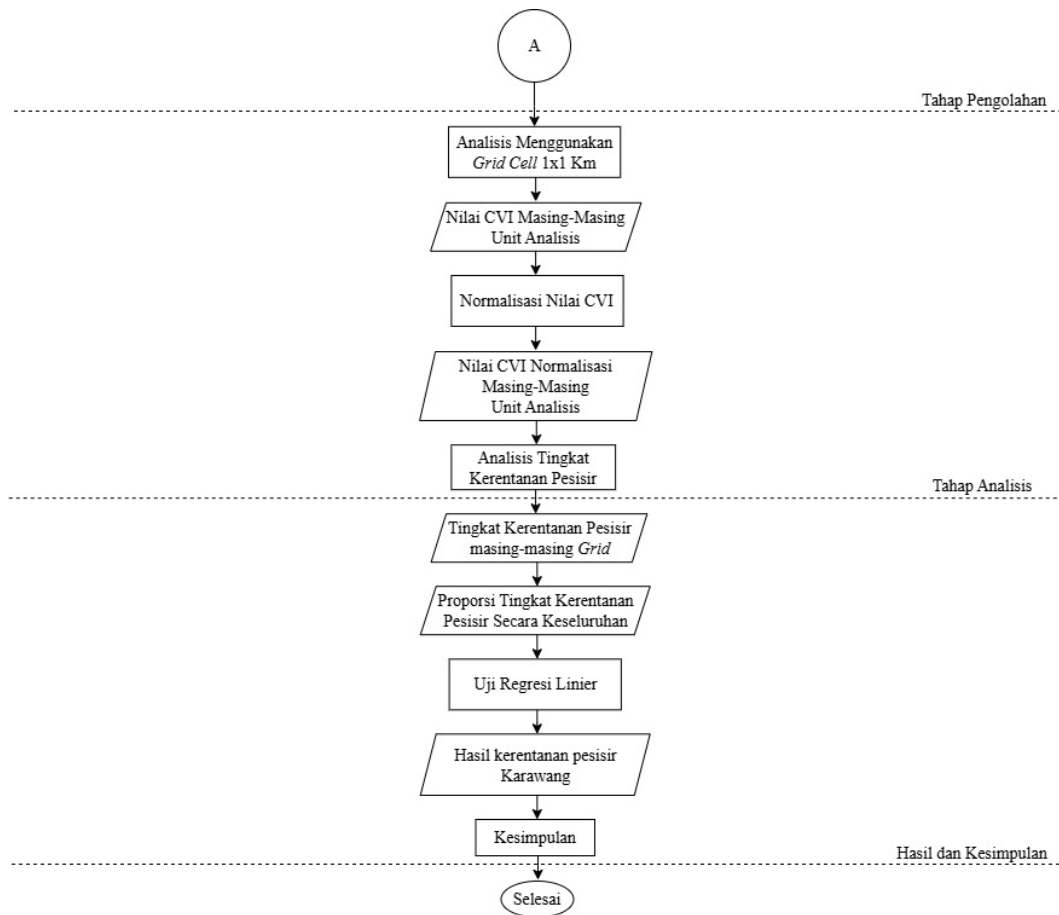
Gambar 9. Lokasi penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup periode tahun 2019 hingga 2024, sedangkan proses pengolahan data dan penyusunan laporan penelitian dilaksanakan pada tahun 2023 hingga 2025.

3.2. Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian ini secara garis besar terdiri dari 5 (lima) tahapan utama, yaitu tahap persiapan, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan, tahap analisis, dan tahap penarikan kesimpulan. Diagram alir penelitian ditampilkan pada gambar 10.





Gambar 10. Diagram alir penelitian

3.3. Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan langkah awal dalam penelitian yang bertujuan untuk memastikan proses penelitian dapat dimulai dan berjalan sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Tahap ini meliputi studi literatur, penentuan variabel kerentanan, serta persiapan alat dan data yang digunakan dalam penelitian.

3.3.1. Studi Literatur

Tahap studi literatur pada penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan informasi dari berbagai sumber pustaka yang relevan dengan topik, meliputi wilayah pesisir, konsep kerentanan, kerentanan pesisir terhadap banjir rob, *Coastal Vulnerability Index* (CVI), dan sebagainya. Sumber-sumber referensi tersebut diperoleh dari berbagai literatur ilmiah seperti jurnal, artikel, skripsi atau tugas akhir, tesis, maupun sumber lain seperti portal berita resmi.

3.3.2. Penentuan Variabel Kerentanan

Penelitian ini menggunakan 7 (tujuh) variabel yang dianggap relevan dalam mengukur tingkat kerentanan wilayah pesisir terhadap banjir rob. Pemilihan variabel didasarkan pada studi literatur dari berbagai penelitian terdahulu dan disesuaikan dengan kondisi fisik dan dinamika pesisir di wilayah studi. Penjelasan mengenai masing-masing variabel dan keterkaitannya dengan kerentanan ditampilkan pada tabel 13 berikut:

Tabel 13. Keterkaitan antara variabel dengan kerentanan

No.	Variabel	Keterkaitan antara variabel dan kerentanan pesisir	Sumber
1.	Geomorfologi	Geomorfologi akan menunjukkan bentuk wilayah melalui kajian morfologi yang nantinya dapat menunjukkan ketahanan suatu wilayah pesisir.	(Pramulya dkk., 2011; Hamuna dkk., 2018)

Keterkaitan antara variabel dengan kerentanan (lanjutan)

No.	Variabel	Keterkaitan antara variabel dan kerentanan pesisir	Sumber
2.	Kemiringan Pesisir	Kemiringan pesisir berpengaruh terhadap kemampuan air laut untuk menjangkau wilayah daratan. Semakin curam wilayah pesisir, semakin kecil potensi kerentanan. Hal tersebut dikarenakan wilayah pesisir yang curam akan menyulitkan air laut masuk ke daratan saat terjadi pasang.	(Hidayah dkk., 2022; Pasaribu dkk., 2022)
3.	Tutupan Lahan	Daerah dengan kerentanan rendah dicirikan oleh tutupan lahan dengan kepadatan bangunan yang rendah serta tidak tandus.	(Hidayah dkk., 2022)
4.	Jenis Tanah	Wilayah dengan kecepatan infiltrasi yang rendah cenderung memiliki tingkat kerentanan yang lebih tinggi, karena air yang masuk ke daratan sulit meresap ke dalam tanah dan lebih mudah menyebabkan genangan.	(Hidayah dkk., 2022; Hafiz dkk., 2023)
5.	Jenis Batuan	Material batuan yang kurang resisten terhadap pelapukan cenderung lebih mudah tertransportasi ke laut saat hujan, sehingga memicu proses sedimentasi. Penumpukan sedimen ini dapat mengurangi kapasitas tampung perairan dan meningkatkan risiko luapan air ke daratan.	(Kausarian, 2021)
6.	Perubahan Garis Pantai	Mundurnya garis pantai (abrasi) menyebabkan air laut lebih mudah masuk ke daratan karena <i>gap</i> antara daratan dan laut semakin kecil.	(Widada dkk., 2022)
7.	Pasang Surut	Kondisi pasang naik dan pasang surut akan memengaruhi kondisi luas dan durasi genangan yang terjadi di wilayah pesisir.	(Frederick dkk., 2016)

3.3.3. Alat yang Digunakan Dalam Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*) yang berfungsi untuk mendukung pengolahan, analisis, dan visualisasi data dalam mengkaji tingkat kerentanan wilayah pesisir. Perangkat keras (*hardware*) meliputi laptop dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tipe : Lenovo Ideapad Slim 3
 Sistem Operasi: Windows 11
 RAM : 8 GB
 Memori : 512 GB SSD
 Processor : Intel Core i5-1035G1 (Gen 10th)

Adapun perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. *Microsoft Word* 2019, digunakan untuk penulisan dokumen laporan dan penyusunan hasil penelitian.
2. *Microsoft Excel* 2019, digunakan untuk pengolahan dan analisis data numerik.
3. *ArcGIS 10.7*, digunakan untuk pengolahan dan analisis data spasial.
4. *MATLAB R2017b* dengan *toolbox T_TIDE*, digunakan untuk melakukan analisis harmonik terhadap data pasang surut.
5. *Jamovi 2.6.26*, digunakan untuk uji regresi linier sederhana dan berganda.

3.3.4. Data yang Digunakan Dalam Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data spasial dan non-spasial yang disesuaikan dengan variabel penyebab kerentanan wilayah pesisir terhadap banjir rob. Data-data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Peta Sistem Lahan
2. Data DEM SRTM
3. Citra Sentinel-2 Land *Use/Land Cover* (LULC) tahun 2024
4. Peta Jenis Tanah Provinsi Jawa Barat
5. Peta Geologi Digital Kabupaten Karawang
6. Citra Sentinel-2A dan 2B Level 2A tahun 2019-2024
7. Data Tinggi Muka Air Laut

3.4. Tahap Pengumpulan Data

Tahapan kedua dari penelitian ini adalah pengumpulan data penelitian. Tahap pengumpulan data dilakukan secara tidak langsung, yaitu dengan mengunduh data dari berbagai sumber resmi. Data diperoleh melalui situs milik instansi pemerintah maupun portal penyedia data spasial global, dan disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing variabel penelitian. Rincian data yang digunakan, format, dan sumber untuk setiap variabel kerentanan disajikan pada tabel 14 berikut:

Tabel 14. Jenis dan sumber data variabel kerentanan pesisir terhadap banjir rob

No.	Variabel	Data	Format	Sumber
1.	Geomorfologi	Peta Sistem Lahan	Vektor	<i>Website</i> Land System BIG https://inaland.big.go.id/
2.	Kemiringan Pesisir (<i>Slope</i>)	DEM SRTM	Raster	<i>Website</i> OpenTopography https://portal.opentopography.org/
3.	Tutupan Lahan	Sentinel-2 <i>Land Use/ Land Cover</i> (LULC) tahun 2024	Raster	<i>Website</i> Esri Land Cover https://livingatlas.arcgis.com/landcover/
4.	Jenis Tanah	Peta Jenis Tanah Provinsi Jawa Barat	Vektor	<i>Website</i> Open Data Jabar dengan walidata Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Jawa Barat https://opendata.jabarprov.go.id/id
5.	Jenis Batuan	Peta Geologi Digital Kabupaten Karawang	Vektor	<i>Website</i> GeoMAP https://geologi.esdm.go.id/geomap
6.	Perubahan Garis Pantai	Citra Sentinel-2A dan 2B Level 2A tahun 2019-2024	Raster	<i>Website</i> USGS EarthExplorer https://earthexplorer.usgs.gov/
7.	Pasang Surut	Data Tinggi Muka Air Laut (Stasiun Kolinamil-DKI) tahun 2019-2024	Text	<i>Website</i> Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) of UNESCO https://www.ioc-sealevelmonitoring.org/

3.5. Tahap Pengolahan Data

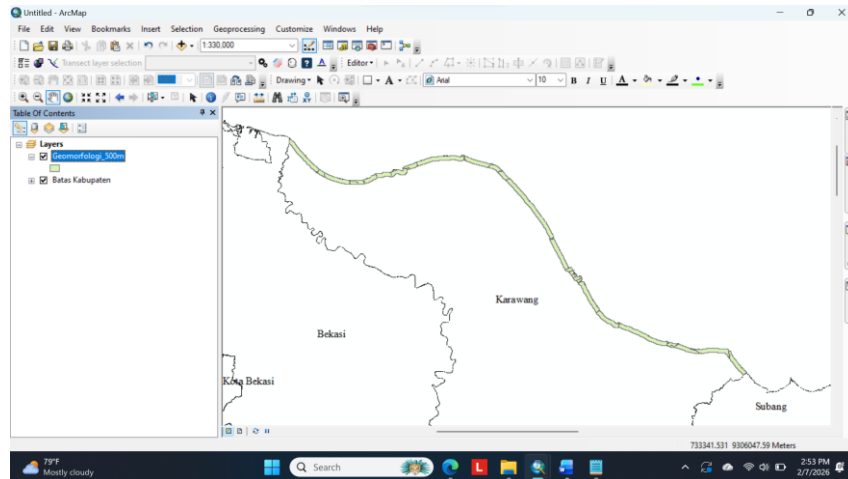
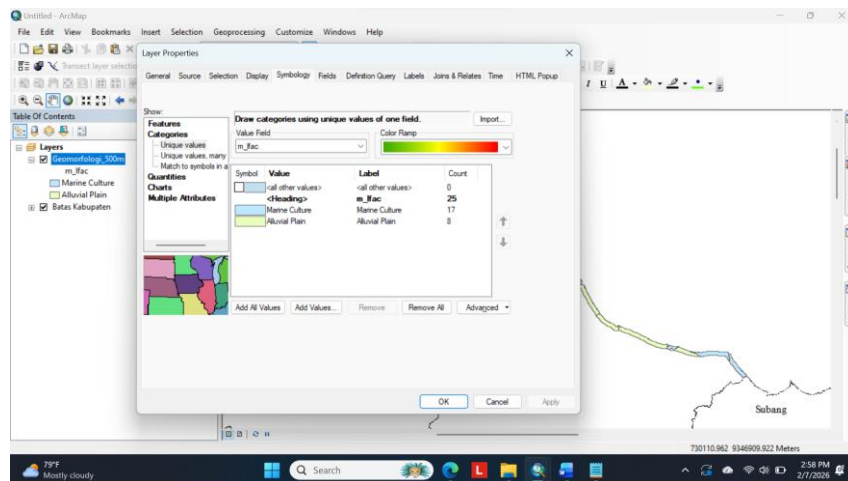
Tahap pengolahan data merupakan tahap ketiga dalam alur penelitian, yang dilakukan setelah semua informasi spasial dan non-spasial terkumpul. Tahap ini mencakup 5 (lima) proses utama, yaitu pengolahan masing-masing variabel kerentanan pesisir, pembuatan basis data kerentanan pesisir, proses klasifikasi dan *scoring* tiap variabel berdasarkan metode *Coastal Vulnerability Index* (CVI), perhitungan nilai indeks kerentanan, serta normalisasi nilai indeks kerentanan.

3.5.1. Pengolahan Data Variabel Kerentanan Pesisir

Pada tahap ini, setiap variabel diolah sesuai dengan jenis dan format datanya, baik berupa raster maupun vektor, untuk memperoleh hasil asli. Hasil asli merupakan representasi awal dari masing-masing variabel sebelum dilakukan klasifikasi dan *scoring*. Hasil asli ini menjadi dasar dalam tahap pembuatan basis data kerentanan.

1. Geomorfologi

Data geomorfologi diperoleh dari peta sistem lahan yang dipublikasikan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). Peta sistem lahan digunakan karena memiliki *unit mapping* yang salah satunya mencakup geomorfologi. Pengolahan data geomorfologi diawali dengan melakukan *cropping area* pada peta sistem lahan sesuai dengan batas wilayah penelitian (pesisir Kabupaten Karawang) dan mengubah sistem koordinatnya menjadi datum WGS 1984 dengan UTM Zona 48S. Peta tersebut kemudian diubah *symbolology*-nya menjadi *Categories, Unique values* dengan *Value Field* yaitu *m_lfac* sehingga menampilkan atribut geomorfologi. Dalam menentukan klasifikasi CVI berbasis geomorfologi, atribut geomorfologi (*m_lfac*) perlu diterjemahkan secara terpadu dengan atribut lainnya untuk menghasilkan klasifikasi yang akurat. Atribut tersebut adalah atribut sistem lahan dengan *value* *m_lsysnam* dan atribut tipe bentuk lahan dengan *value* *m_ltype*. Kombinasi dari atribut tersebut kemudian diterjemahkan berdasarkan referensi dari jurnal ilmiah dan literatur terkait guna memperoleh interpretasi geomorfologi dan material penyusunnya.

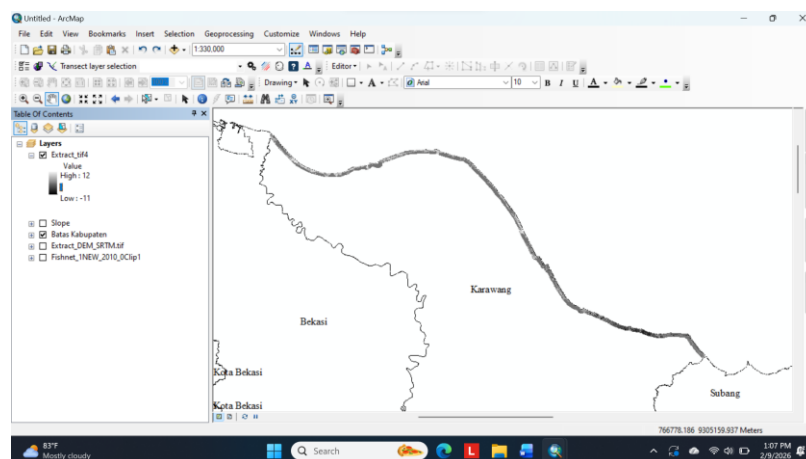
Gambar 11. *Cropping area dan reprojektion peta sistem lahan*Gambar 12. *Symbology peta sistem lahan*

</

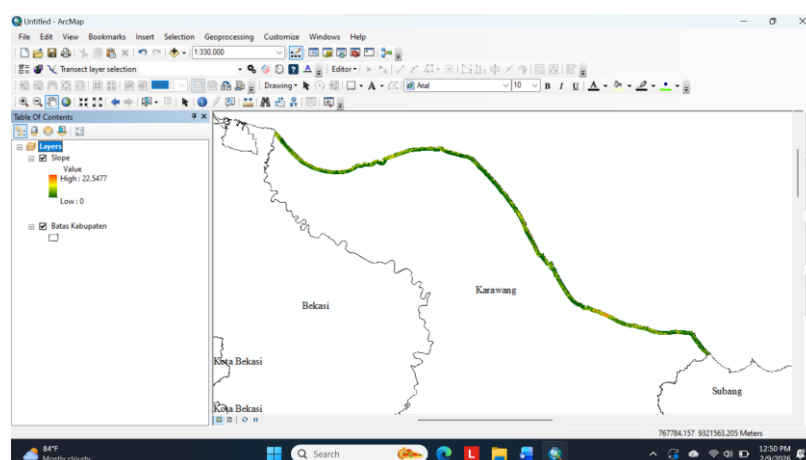
Gambar 13. *Penerjemahan tiga tabel sistem lahan untuk klasifikasi geomorfologi*

2. Kemiringan Pesisir

Kemiringan pesisir diperoleh dari hasil pengolahan data DEM SRTM resolusi 30 meter menjadi nilai kemiringan pesisir dengan menggunakan *software* ArcGIS. Pengolahan data DEM SRTM diawali dengan melakukan *cropping area* yang disesuaikan dengan batas wilayah penelitian (pesisir Kabupaten Karawang) serta memproyeksikan sistem koordinat menjadi datum WGS 1984 dengan UTM Zona 48S. Selanjutnya membuat kemiringan pesisir menggunakan *Arctoolbox* dengan memilih perintah *3D Analyst Tool, Raster Surface, Slope* dan *input* data DEMNAS yang sebelumnya telah dilakukan *cropping area* dan diatur sistem koordinatnya. *Output Measurement* kemudian diatur dalam format *Percent_Rise* untuk menghasilkan hasil asli kemiringan pesisir berupa nilai rentang kemiringan dalam bentuk persentase.



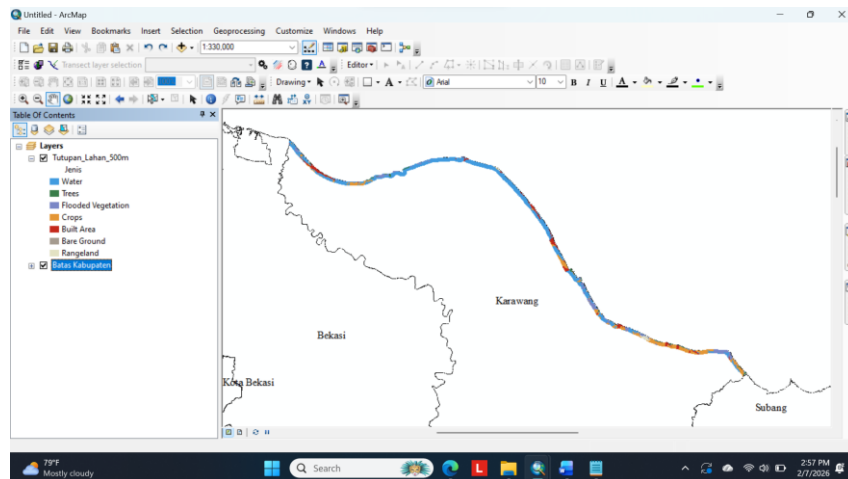
Gambar 14. *Cropping area*, dan *reprojection* DEM SRTM



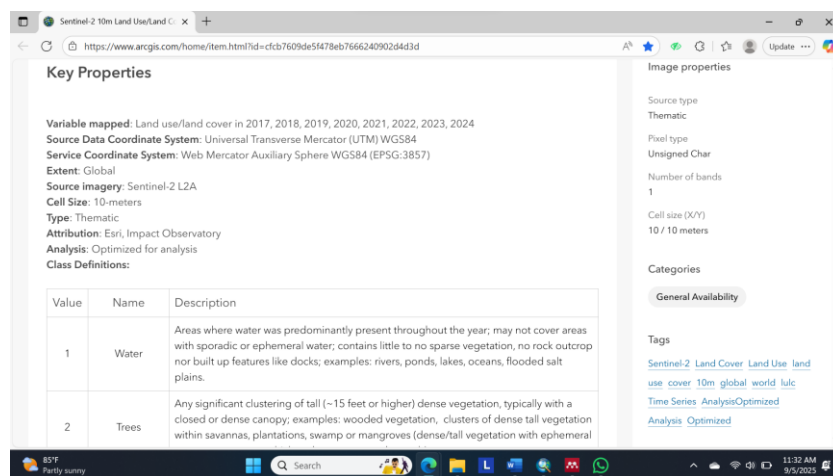
Gambar 15. Pembuatan *slope* pesisir Kabupaten Karawang

3. Tutupan Lahan

Informasi terkait tutupan lahan pada penelitian ini diperoleh dari data penggunaan lahan dan tutupan lahan (LULC) dalam format *raster* yang diunduh secara *open source* dari *website ESRI Land Cover* berdasarkan hasil pengolahan citra Sentinel-2 *Land Use/Land Cover* tahun 2024. Tahap pengolahan diawali dengan menginput data *raster* tutupan lahan kedalam *software* ArcGIS serta melakukan *cropping area* dan diproyeksikan sistem koordinatnya menjadi WGS 1984 dengan UTM 48S. *Symbology* pada raster tutupan lahan yang semula berupa kode numerik kemudian diklasifikasikan dan diterjemahkan ke dalam kategori tutupan lahan sesuai dengan *key properties* milik ESRI pada [link Sentinel-2 10m Land Use/Land Cover Time Series - Overview](#).



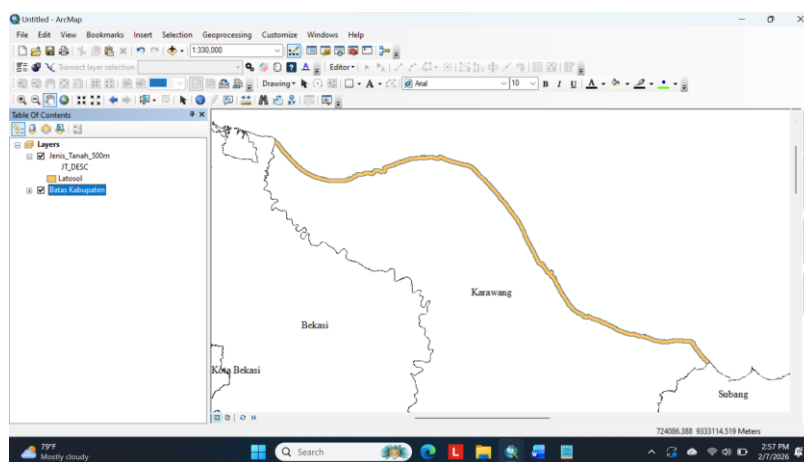
Gambar 16. *Cropping area, dan reprojection* Citra Sentinel-2 10m LULC



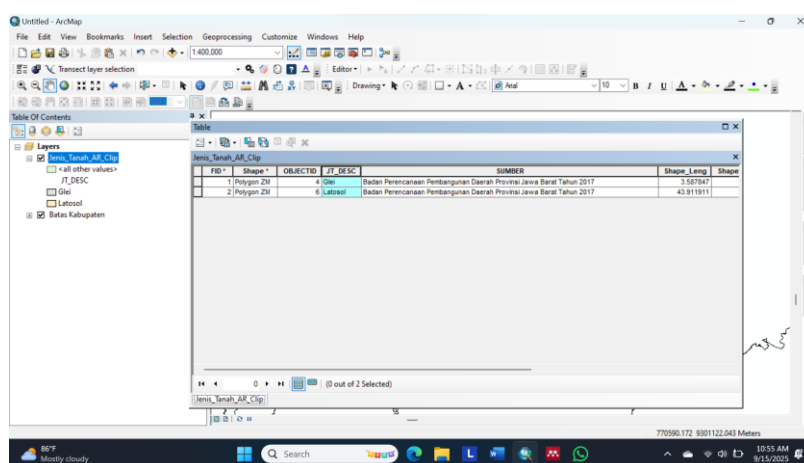
Gambar 17. Penerjemahan kode numerik sesuai *key properties*

4. Jenis Tanah

Jenis tanah dalam penelitian ini diperoleh dari peta tanah digital dunia yang bersumber dari *website* Open Data Jabar yang merupakan portal data resmi milik Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Barat. Data jenis tanah tersebut kemudian tersebut diolah dengan menggunakan *software* ArcGIS. Tahapan awal pengolahan jenis tanah dimulai dengan melakukan proses *cropping area* untuk membatasi area kerja hanya pada wilayah studi yang telah ditentukan serta mengubah sistem koordinatnya menjadi WGS 1984 UTM Zone 48S. Peta jenis tanah kemudian diubah *symbolology* atributnya menjadi *Categories*, *Unique values* dengan *Value Field* menjadi JT_DESC sehingga menampilkan variasi jenis tanah.



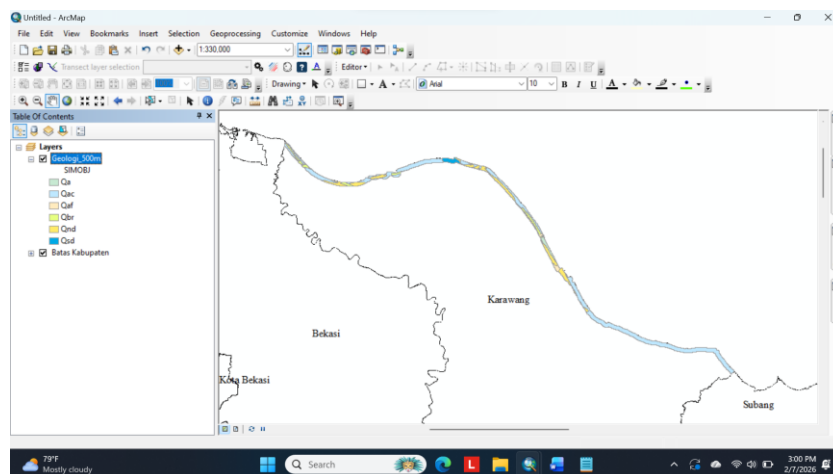
Gambar 18. *Cropping area, reprojection, dan perubahan symbolology jenis tanah Karawang*



Gambar 19. *Klasifikasi jenis tanah Karawang*

5. Jenis Batuan (Geologi)

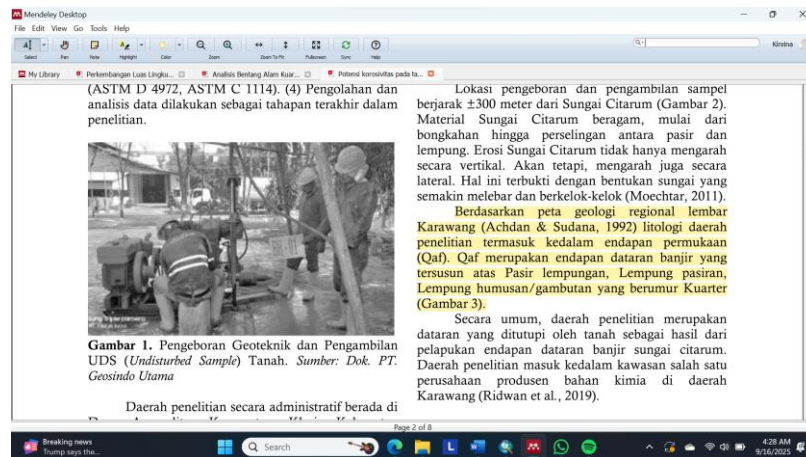
Jenis batuan (geologi) diperoleh melalui *website* GeoMap milik Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) yang diunduh dalam bentuk peta geologi digital Kabupaten Karawang. Pengolahan jenis batuan (geologi) diawali dengan menginput peta geologi digital Kabupaten Karawang kedalam *software* ArcGIS. Peta tersebut kemudian disesuaikan dengan sistem koordinat WGS 1984 UTM Zona 48S dan diubah *symbolology* atributnya menjadi *Categories*, *Unique values* dengan *Value Field* menjadi SIMOBJ sehingga menampilkan kode jenis batuan. Kode jenis batuan lalu diterjemahkan berdasarkan atribut NAMOBJ pada peta, dan dilakukan identifikasi komponen penyusun masing-masing jenis batuan dengan informasi yang bersumber dari Peta Geologi Lembar Jawa Bagian Barat dan literatur terkait.



Gambar 20. *Cropping area, reprojection, dan perubahan symbolology* jenis batuan Karawang

OBJECTID	FCODE	SIMOBJ	NAMOBJ	SIMOBJ	REMARK	METADATA
13376	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
13377	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
13378	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
13379	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
13380	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
13381	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
13400	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14028	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14029	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14030	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14031	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14032	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14033	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14034	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14035	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14036	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14037	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14038	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14039	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14040	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14041	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14042	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14043	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14044	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14045	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14046	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14047	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14048	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14049	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14050	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14051	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14052	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14053	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14054	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14055	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14056	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14057	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14058	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14059	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14060	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14061	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14062	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14063	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14064	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14065	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14066	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14067	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14068	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14069	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14070	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14071	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14072	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14073	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14074	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14075	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14076	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14077	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14078	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14079	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14080	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14081	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14082	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14083	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14084	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14085	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14086	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14087	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14088	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14089	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14090	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14091	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14092	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14093	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14094	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14095	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14096	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14097	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14098	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14099	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls
14100	JA23040120	Gac	Coastal Deposits	Kuarter	Endapan Pantai	GEOLOGY_AIR_100K.xls

Gambar 21. Klasifikasi jenis batuan Karawang



Gambar 22. Penerjemahan kode batuan berdasarkan literatur terkait

6. Perubahan Garis Pantai

Tahap analisis garis pantai diawali dengan *cropping area* pada citra satelit Sentinel-2A dan Sentinel-2B Level-2A untuk periode tahun 2019 hingga tahun 2024 yang disesuaikan dengan batas wilayah penelitian, dalam hal ini citra tidak memerlukan koreksi geometrik dan radiometrik karena telah melalui proses orthorektifikasi, namun tetap diperlukan penyesuaian sistem koordinat menjadi WGS 1984 UTM Zona 48S.

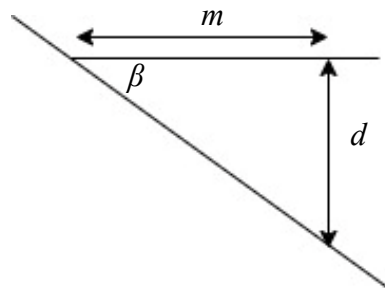
Pembuatan garis pantai dilakukan dengan menggunakan MNDWI (*Modified Normalized Difference Water Index*) bertujuan untuk mendapatkan tingkat kebasahan yang dapat memisahkan antara wilayah daratan dan perairan, namun lebih efektif dalam pendeteksian air di wilayah dengan bangunan atau perkotaan dibanding NDWI klasik (Prasetyo dkk., 2020). MNDWI dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 5.

$$\text{MNDWI} = \frac{\text{Green} - \text{SWIR}}{\text{Green} + \text{SWIR}} \quad (4)$$

Proses penentuan threshold garis pantai dilakukan guna membedakan antara dua kelas utama, yaitu air (laut) dan daratan (pantai atau tanah). Dalam penentuan *threshold*, digunakan pendekatan konturisasi (*contouring*) terhadap nilai indeks hasil pengolahan citra. Kontur dengan nilai 0,2 meter dipilih sebagai ambang

batas (*threshold*) karena dianggap cukup sensitif dalam mengidentifikasi area perairan, namun tetap mampu meminimalkan kesalahan klasifikasi terhadap wilayah daratan. Pemilihan nilai ini bertujuan untuk menghasilkan representasi garis pantai yang lebih akurat.

Citra satelit dapat merekam kondisi permukaan bumi termasuk saat kondisi pasang atau surut. Oleh karenanya, koreksi pasang surut perlu dilakukan untuk menghilangkan pengaruh fluktuasi muka air laut pada saat perekaman citra satelit. Koreksi pasut dilakukan dengan memanfaatkan dua data utama yaitu data kedalaman laut (BATNAS) dan data pasang surut yang sesuai dengan waktu perekaman citra. Kedua jenis data tersebut digunakan menghitung kemiringan pantai, yang kemudian digunakan sebagai dasar dalam menentukan nilai koreksi posisi garis pantai secara horizontal. Nilai kemiringan pantai diperoleh dengan menghitung besar sudut antara jarak mendatar (m) dan kedalaman (d) seperti yang ditunjukkan pada persamaan 6 (Simarmata dkk., 2023).



$$\tan \beta = \frac{d}{m} \quad (5)$$

Dimana:

d = Kedalaman

m = Jarak mendatar

Pengambilan nilai kedalaman laut untuk koreksi garis pantai diawali dengan membentuk *buffer* sejauh 1 km dari garis pantai ke arah laut. Pemilihan jarak tersebut merujuk pada klasifikasi zona *nearshore*, di mana area sejauh 1 km dari garis pantai umumnya masih berada dalam cakupan zona tersebut (Schupp dkk., 2006). Zona *nearshore* merupakan area transisi antara garis pantai

dan landas kontinen bagian dalam, yang mencakup area dari batas pasang surut terendah (*low tide line*) hingga ke zona pecah gelombang (*breaker zone*), tempat berlangsungnya proses oseanografi (Andriolo, 2019; Szczyrba dkk., 2024).

Garis pantai yang sebelumnya diperoleh melalui proses *contouring* kemudian dikonversi menjadi titik-titik (*shoreline points*) guna memungkinkan analisis kedalaman secara individual. Sementara itu, titik-titik pengambilan sampel kedalaman ditentukan berdasarkan bagian luar *buffer* (*outer ring*) yang berbatasan langsung dengan laut. *Outer ring* tersebut kemudian didensifikasi menggunakan tools “*Create Points Along Line*” dengan interval 10 meter. Pemilihan interval ini didasarkan pada pertimbangan bahwa jarak 10 meter dinilai cukup untuk merepresentasikan variasi kedalaman secara lokal, terutama jika dibandingkan dengan resolusi spasial data BATNAS, yaitu 180 x 180 meter. Selanjutnya, titik-titik hasil densifikasi diekstrak menggunakan tools “*Extract Multi Values to Points*” untuk memperoleh nilai kedalaman dari data BATNAS pada masing-masing titik.

Tahapan berikutnya adalah mengaitkan setiap titik garis pantai dengan titik hasil densifikasi *outer ring* menggunakan tools “*Near*”. Analisis ini bertujuan untuk memperoleh nilai kedalaman laut dari titik *outer ring* terdekat terhadap masing-masing titik garis pantai. Hal ini sejalan dengan konsep *cross-shore transect*, yaitu pendekatan yang digunakan untuk menganalisis karakteristik morfologi pantai secara tegak lurus terhadap garis pantai, dari daratan menuju laut (Athanasίου dkk., 2019). Radius pencarian ditetapkan sejauh 1,5 km untuk mengantisipasi keterbatasan jarak akibat bentuk morfologi garis pantai. Berdasarkan hasil analisis, sebagian besar titik memiliki kedalaman terdekat yang berada dalam radius sekitar 1 km. Namun, pada kondisi tertentu, seperti di sekitar muara sungai atau wilayah pantai yang melengkung, terdapat beberapa titik yang memiliki jarak lebih dari 1 km. Hal ini disebabkan oleh geometri garis pantai yang tidak selalu lurus, meskipun secara spasial titik-titik tersebut masih berada dalam cakupan area *buffer* 1 km dan tetap dianggap valid untuk dianalisis.

Selanjutnya, dilakukan penggabungan data (*join*) antara titik garis pantai dengan atribut kedalaman dari titik sampel, sehingga setiap titik garis pantai memiliki informasi mengenai jarak ke titik kedalaman terdekat dan nilai kedalamannya. Berdasarkan informasi tersebut, perhitungan nilai kemiringan pantai dilakukan menggunakan persamaan 7, sehingga menghasilkan nilai $\tan \beta$. Nilai $\tan \beta$ kemudian dikonversi menjadi sudut kemiringan (β) dalam satuan derajat.

Mekanisme koreksi garis pantai dilakukan dengan menghitung selisih antara nilai ketinggian muka air laut pada saat perekaman citra dengan nilai *Mean Sea Level* (MSL) yang diperoleh dari hasil pengolahan data pasang surut. Selisih tersebut kemudian dibagi dengan sudut kemiringan pesisir untuk memperoleh besarnya pergeseran garis pantai akibat pengaruh pasang surut surut (Hanisa dkk., 2024). Perhitungan koreksi pasang surut ini disajikan dalam persamaan 7.

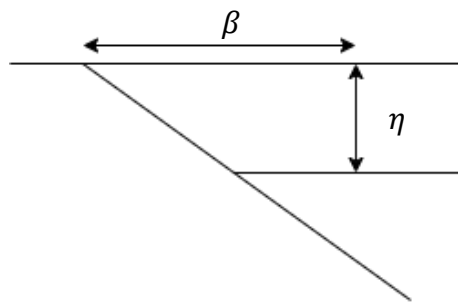
$$r = \frac{\eta}{\beta} \quad (6)$$

Dimana:

r = Jarak koreksi

η = Selisih nilai pasut

β = Kemiringan pesisir

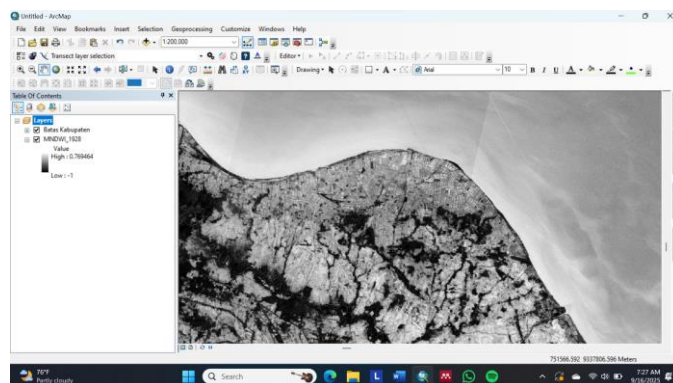


Gambar 23. Ilustrasi perhitungan jarak koreksi

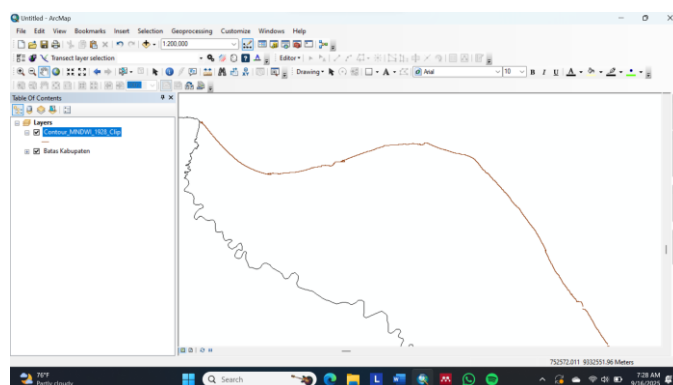
Jika hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai elevasi citra negatif (-) atau berada di bawah MSL, maka kondisi perekaman citra terjadi pada saat air surut. Dalam kondisi ini, garis pantai akan digeser ke arah darat sejauh r . Sebaliknya,

hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai elevasi citra positif (+) atau berada di atas MSL, maka kondisi perekaman citra terjadi saat air pasang, dan citra akan digeser ke arah laut sejauh r .

Analisis laju perubahan garis pantai untuk periode tahun 2019-2024 dilakukan menggunakan metode *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS). DSAS menganalisis perubahan garis pantai dengan membangun sejumlah transek, yang kemudian digunakan untuk menghitung jarak pergeseran garis pantai dari waktu ke waktu. *Output* utama DSAS yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Linear Regression Rate* (LRR). LRR merupakan hasil analisis regresi linier yang menggambarkan laju perubahan garis pantai secara statistik (Isdianto dkk., 2022). Nilai LRR disertai dengan koefisien determinasi (R^2) yang menunjukkan tingkat kecocokan model regresi terhadap data pengamatan, serta dapat mencerminkan tingkat keakuratan estimasi perubahan garis pantai oleh DSAS.



Gambar 24. *Reprojecting, resample* dan pembuatan MNDWI Citra Sentinel-2



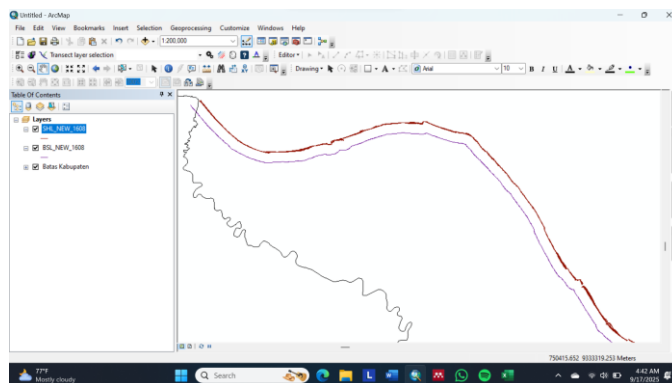
Gambar 25. *Cropping area* dan pembuatan *threshold*

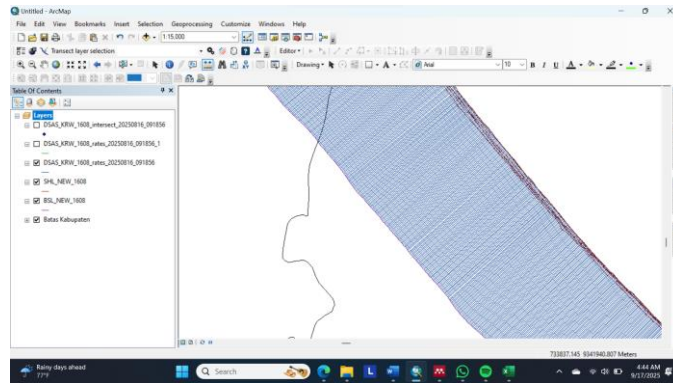
OBJECT	POINT_X	POINT_Y	Kedalaman (m)	Depth (m)	Jarak (m)	tan	Slope
1	770824.328	9324505.672	-2.6791	2.6791	1027.871928	0.00260453	0.149334225
2	770824.552	9324506.478	-2.6791	2.6791	1027.564159	0.002607741	0.149412235
3	770824.776	9324507.285	-2.6791	2.6791	1028.856822	0.002609003	0.149486054
4	770825.000	9324508.091	-2.6791	2.6791	1028.549916	0.002610318	0.149559884
5	770825.224	9324508.897	-2.6791	2.6791	1028.243010	0.002611633	0.149633714
6	770825.448	9324509.704	-2.6791	2.6791	1027.936104	0.002612948	0.149707544
7	770825.672	9324509.510	-2.6791	2.6791	1027.629198	0.002614263	0.149781374
8	770825.896	9324510.317	-2.6791	2.6791	1027.322292	0.002615578	0.149855204
9	770826.120	9324511.124	-2.6791	2.6791	1027.015386	0.002616893	0.149929034
10	770826.344	9324511.931	-2.6791	2.6791	1026.708480	0.002618208	0.150002864
11	770826.568	9324512.738	-2.6791	2.6791	1026.401574	0.002619523	0.150076694
12	770826.792	9324513.545	-2.6791	2.6791	1026.094668	0.002620838	0.150150524
13	770827.016	9324514.352	-2.6791	2.6791	1025.787762	0.002622153	0.150224354
14	770827.240	9324515.159	-2.6791	2.6791	1025.480856	0.002623468	0.150298184
15	770827.464	9324515.966	-2.6791	2.6791	1025.173950	0.002624783	0.150372014
16	770827.688	9324516.773	-2.6791	2.6791	1024.867044	0.002626098	0.150445844
17	770827.912	9324517.580	-2.6791	2.6791	1024.560138	0.002627413	0.150519674
18	770828.136	9324518.387	-2.6791	2.6791	1024.253232	0.002628728	0.150593504

Gambar 26. Perhitungan *slope* (kelereng) pesisir

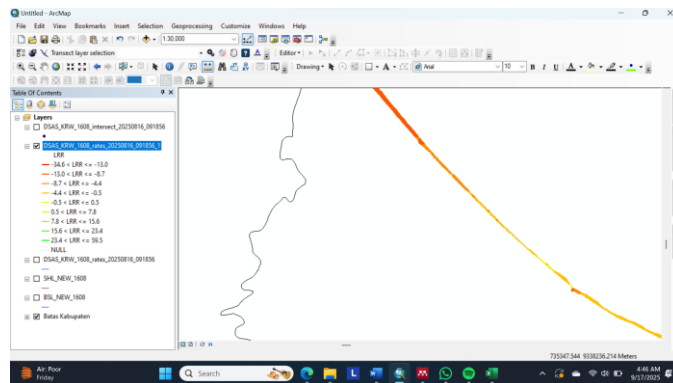
OBJECT	POINT_X	POINT_Y	Slope	Pasang (m)	MSL	Setiuh	Kondisi	Koreksi (Setiuh/Slope)	Y
1	770824.328	9324505.672	0.149334225	0.867	1.020	-0.153	Surut	-1.026477142	9324504.644
2	770824.552	9324506.478	0.149412235	0.867	1.020	-0.153	Surut	-1.025940679	9324505.452
3	770824.776	9324507.285	0.149486054	0.867	1.020	-0.153	Surut	-1.025404216	9324506.260
4	770825.000	9324508.091	0.149559884	0.867	1.020	-0.153	Surut	-1.024867753	9324507.068
5	770825.224	9324508.897	0.149633714	0.867	1.020	-0.153	Surut	-1.024331290	9324507.876
6	770825.448	9324509.704	0.149707544	0.867	1.020	-0.153	Surut	-1.023794827	9324508.684
7	770825.672	9324509.510	0.149781374	0.867	1.020	-0.153	Surut	-1.023258364	9324509.492
8	770825.896	9324510.317	0.149855204	0.867	1.020	-0.153	Surut	-1.022721901	9324509.300
9	770826.120	9324511.124	0.149929034	0.867	1.020	-0.153	Surut	-1.022185438	9324510.108
10	770826.344	9324511.931	0.150002864	0.867	1.020	-0.153	Surut	-1.021648975	9324510.916
11	770826.568	9324512.738	0.150076694	0.867	1.020	-0.153	Surut	-1.021112512	9324511.724
12	770826.792	9324513.545	0.150150524	0.867	1.020	-0.153	Surut	-1.020576049	9324512.532
13	770827.016	9324514.352	0.150224354	0.867	1.020	-0.153	Surut	-1.020039586	9324513.340
14	770827.240	9324515.159	0.150298184	0.867	1.020	-0.153	Surut	-1.019503123	9324514.148
15	770827.464	9324515.966	0.150372014	0.867	1.020	-0.153	Surut	-1.018966660	9324514.956
16	770827.688	9324516.773	0.150445844	0.867	1.020	-0.153	Surut	-1.018430197	9324515.764
17	770827.912	9324517.580	0.150519674	0.867	1.020	-0.153	Surut	-1.017893734	9324516.572
18	770828.136	9324518.387	0.150593504	0.867	1.020	-0.153	Surut	-1.017357271	9324517.380

Gambar 27. Koreksi pasang surut garis pantai

Gambar 28. Pembuatan *baseline* dan *shoreline*



Gambar 29. Hasil DSAS garis pantai



Gambar 30. Perubahan garis pantai tahun 2019-2024

7. Pasang Surut

Data tinggi muka air laut yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari Badan Informasi Geospasial (BIG), tepatnya dari stasiun pengamatan pasang surut Kolinamil-DKI. Data tersebut mencakup periode pengamatan dari tahun 2019-2024 (bulan Januari, Mei, Juli, Agustus, dan September) yang diakses melalui portal IOC UNESCO.

Data yang digunakan dalam penelitian ini difokuskan pada menit ke-00 dengan interval waktu setiap satu jam. Pada data tinggi muka air laut yang tidak tercatat secara lengkap pada menit yang telah ditentukan, dilakukan proses estimasi nilai melalui interpolasi linier dengan mengacu pada dua titik waktu pengamatan terdekat, yaitu data pada waktu sebelum dan sesudahnya. Proses interpolasi linier dilakukan dengan mengasumsikan perubahan tinggi muka air laut berlangsung secara lurus (linier). Proses interpolasi tersebut dilakukan menggunakan persamaan 8:

$$y = y_1 + \frac{(x - x_1)(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \quad (7)$$

Penjelasan:

y = Nilai yang ingin diperkirakan, dalam hal ini nilai tinggi muka air laut

x = Waktu yang datanya ingin diperkirakan

x_1, y_1 = Nilai tinggi muka air laut dan waktu pertama yang sudah diketahui

x_2, y_2 = Nilai tinggi muka air laut dan waktu kedua yang sudah diketahui

Data yang dicari harus berada diantara nilai x_1, y_1 dan x_2, y_2

Pengolahan data pasang surut dilakukan dengan menerapkan metode *Least Squares* (kuadrat terkecil) melalui penggunaan persamaan 9 hingga persamaan 12 guna memperoleh konstanta harmonik yang akan digunakan untuk perhitungan nilai *Tidal Range* (TR). Persamaan tersebut dijabarkan sebagai berikut (Wahid dkk., 2023; Zahra dkk., 2024):

$$\text{MSL} = S_0 \quad (8)$$

$$\text{HHWL} = S_0 + (M_2 + S_2 + K_2 + K_1 + O_1 + P_1) \quad (9)$$

$$\text{LLWL} = S_0 - (M_2 + S_2 + K_2 + K_1 + O_1 + P_1) \quad (10)$$

$$\text{TR} = \text{HHWL} - \text{LLWL} \quad (11)$$

Penjelasan:

MSL = *Mean Sea Level*

HHWL = *Highest High Water Level*

LLWL = *Neap Lowest Low Water Level*

TR = *Tidal Range*

Rumus pasang surut yang telah dijabarkan pada persamaan 9 hingga persamaan 12 kemudian diaplikasikan dalam proses perhitungan menggunakan perangkat lunak MATLAB. Implementasi perhitungan dilakukan melalui *script* sebagai berikut:

Tabel 15. Pemanggilan dan visualisasi data awal

```
clear;
clc;

fprintf('\n');
cd(fileparts(mfilename('fullpath')));
disp(pwd);

% ===== ANALISIS HARMONIK PASUT LEAST SQUARES =====
% a) Koreksi nodal untuk satelit
% b) Inferensi P1 dan K2 dari K1 dan S2
% c) Cocokkan komponen air dangkal
% d) Hitung Tidal Range (TR)

% 1. MEMUAT DATA PASUT (DALAM CM)
a = load('agustus_2024.txt');
```

Tabel 16. Pembersihan data (identifikasi *outlier*) dan visualisasi awal

```
% 2. PEMBERSIHAN DATA OUTLIER DAN VISUALISASI AWAL
z = (a - mean(a)) / std(a);
outlier_idx = abs(z) > 3;

water_level = a;
water_level(outlier_idx) = interp1(find(~outlier_idx),
a(~outlier_idx), find(outlier_idx), 'linear');

figure;
plot(a, 'b-', 'LineWidth', 0.6); hold on

if any(outlier_idx)
    plot(find(outlier_idx), a(outlier_idx), 'ro', 'LineWidth',
0.6); % tampilkan outlier
    plot(water_level, 'g-', 'LineWidth', 0.6);
% tampilkan interpolasi
else
    plot(NaN, NaN, 'ro', 'LineWidth', 0.6); % dummy outlier
    plot(NaN, NaN, 'g-', 'LineWidth', 0.6); % dummy interpolasi
end

legend('Asli', 'Outlier', 'Interpolasi');
title('Data Pasut Asli, Outlier, dan Hasil Interpolasi Agustus
2022');
xlabel('Waktu');
ylabel('Tinggi Air (cm)');
grid on;
```

Khusus untuk bulan Mei 2024, dilakukan penyaringan tambahan dengan menetapkan ambang batas minimum 30 cm untuk mengeliminasi nilai tidak wajar, seperti 5,5 cm, yang diduga berasal dari kesalahan pencatatan. Dengan demikian, *script* awal pada poin 2 ditulis sebagai berikut:

```
% 2. PEMBERSIHAN DATA OUTLIER DAN VISUALISASI AWAL
z = (a - mean(a)) / std(a);
outlier_idx = abs(z) > 3 | a < 30;
```

Proses awal pengolahan data pasang surut diawali dengan pemanggilan data dan visualisasi awal untuk mengamati pola umum yang terbentuk. Selanjutnya, dilakukan pembersihan data dari nilai-nilai ekstrem untuk mengeliminasi data yang tidak wajar atau menyimpang secara signifikan, sehingga hanya data yang representatif dan dianggap valid yang digunakan dalam analisis lanjutan. Proses ini menggunakan metode *z-score*, di mana data dengan nilai *z-score* lebih dari 3 dianggap sebagai *outlier*. Ketentuan ini bersifat fleksibel dan dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan. Sebagai contoh, pada data bulan Mei 2024, dilakukan penyaringan tambahan dengan menetapkan tinggi muka air laut minimal adalah 30 cm untuk mengeliminasi nilai tidak wajar yang diperkirakan merupakan hasil kesalahan pencatatan.

Tabel 17. Estimasi parameter pasut untuk konstituen lemah

```
% 3. PARAMETER INFERENSI UNTUK KONSTITUEN LEMAH
infername = ['P1'; 'K2'];
inferfrom = ['K1'; 'S2'];
infamp = [.33093; .27215];           % amplitudo referensi (m)
infphase = [-7.07; -22.40];         % fasa referensi (°)
```

Proses berikutnya adalah memasukkan estimasi kontribusi dari komponen pasut yang sangat kecil dan tidak terlihat jelas dalam data kedalam model harmonik agar komponen tersebut tetap dapat diperhitungkan. Komponen ini disebut komponen lemah karena nilai amplitudonya terlalu kecil atau tertutup oleh gangguan (*noise*), sehingga sulit dikenali secara langsung. Untuk itu, digunakan metode inferensi, yaitu memperkirakan nilai amplitudo dan fase komponen lemah tersebut berdasarkan hubungan atau pola yang mirip dengan komponen pasut utama (yang lebih kuat). Nilai yang digunakan dalam estimasi ini umumnya diambil dari referensi atau literatur yang sudah ada.

Tabel 18. Analisis harmonik pasut menggunakan T_TIDE

```
% 4. ANALISIS HARMONIK DENGAN T_TIDE
[tidestruc, pout] = t_tide(water_level, ...
    'interval', 1, ...           % data per 1 jam
```

Analisis harmonik pasut menggunakan T_TIDE (lanjutan)

```
'start', datenum(2019,1,1,0,0,0), ... % waktu mulai
pengamatan (WIB)
'latitude', -6.10667, ... % lintang Karawang
'inference', infername, inferfrom, infamp, infphase, ...
'shallow', 'M10', ... %default
'error', 'linear', ... %default
'synthesis', 1); %default
```

Proses selanjutnya adalah melakukan analisis pasang surut menggunakan fungsi T_TIDE untuk memperoleh konstanta harmonik pasut, khususnya amplitudo dan fase dari setiap komponen pasut utama. Data yang digunakan memiliki interval waktu per-jam, dengan waktu awal pengamatan ditetapkan pada jam 00:00 dengan tanggal 1 setiap bulan periode penelitian (dalam contoh ini, 1 Januari 2019 pukul 00:00 WIB). Penentuan *latitude* didasarkan pada lokasi pengamatan berada, yaitu $-6,10667^\circ$, ini digunakan untuk keperluan koreksi nodal, yang mempengaruhi estimasi amplitudo dan fase akibat perubahan deklinasi bulan dan matahari terhadap bumi. Komponen pasut yang sangat kecil dan sulit terdeteksi langsung diperkirakan nilainya berdasarkan pasangan komponen yang lebih dominan dan sejenis (dengan metode inferensi). Lalu, Komponen air dangkal M10 juga diperhitungkan. Perhitungan kesalahan diasumsikan linear dan hasil prediksi pasut dihasilkan melalui *synthesis*, yaitu dengan menggabungkan semua komponen pasut yang telah dianalisis.

Tabel 19. Ekstraksi amplitudo komponen pasut utama

```
% 6. EKSTRAKSI AMPLITUDO KOMPONEN UTAMA
% Ambil indeks untuk masing-masing komponen
idx_M2 = strcmp(komponen, 'M2');
idx_S2 = strcmp(komponen, 'S2');
idx_K2 = strcmp(komponen, 'K2');
idx_K1 = strcmp(komponen, 'K1');
idx_O1 = strcmp(komponen, 'O1');
idx_P1 = strcmp(komponen, 'P1');
```

Ekstraksi amplitudo komponen pasut utama (lanjutan)

```
M2 = amplitudo(idx_M2);
S2 = amplitudo(idx_S2);
K2 = amplitudo(idx_K2);
K1 = amplitudo(idx_K1);
O1 = amplitudo(idx_O1);
P1 = amplitudo(idx_P1);
```

Pada tahap ini, dilakukan ekstraksi amplitudo dari 6 (enam) komponen pasut utama, yaitu M2, S2, K2, K1, O1, dan P1. Nilai amplitudo ini selanjutnya akan digunakan dalam perhitungan parameter statistik pasang surut yang sesuai dengan persamaan 9 hingga persamaan 12, seperti *Mean Sea Level* (MSL), *Highest High Water Level* (HHWL), *Lowest Low Water Level* (LLWL), hingga akhirnya menghasilkan nilai *Tidal Range* (TR).

Tabel 20. Perhitungan dan visualisasi TR dan RMSE

```
% 7. PERHITUNGAN TIDAL RANGE DAN RMSE
MSL = mean(water_level, 'omitnan');
HHWL = MSL + (M2 + S2 + K2 + K1 + O1 + P1);
LLWL = MSL - (M2 + S2 + K2 + K1 + O1 + P1);
TR = HHWL - LLWL;

% 8. PERHITUNGAN RESIDU & RMSE
pout_norm = (pout - mean(pout)) / std(pout); % normalisasi
data hasil t_tide
pout_norm = pout_norm * std(water_level, 'omitnan') + ...
            mean(water_level, 'omitnan');

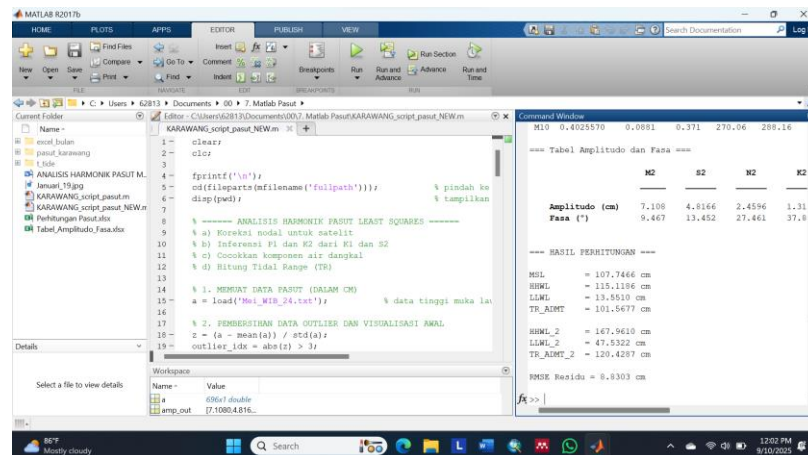
residu_pasut = water_level - pout_norm;
residu_rms = sqrt(mean(residu_pasut.^2, 'omitnan')); % Root
Mean Square Error

% 9. TAMPILKAN HASIL
fprintf('\n=== HASIL PERHITUNGAN ===\n\n');
fprintf('MSL = %.4f cm\n', MSL);
fprintf('HHWL = %.4f cm\n', HHWL);
fprintf('LLWL = %.4f cm\n', LLWL);
```

Perhitungan dan visualisasi TR dan RMSE (lanjutan)

```
fprintf('TR          = %.4f cm\n\n', TR);
fprintf('RMSE Residu = %.4f cm\n\n', residu_rms);
```

Pada tahap ini, dilakukan perhitungan beberapa parameter statistik pasang surut, seperti MSL, HHWL, LLWL, dan TR, sesuai dengan persamaan 9 hingga persamaan 12. Selain itu, dilakukan proses normalisasi terhadap data hasil prediksi pasang surut (pout) agar skala nilainya sebanding dengan data observasi (water_level). Normalisasi ini diperlukan untuk memastikan bahwa perhitungan selisih (residu) dan *Root Mean Square Error* (RMSE) dilakukan secara akurat.



Gambar 31. Implementasi *script* MATLAB pada pengolahan data pasang surut



Gambar 32. *Output* pengolahan data pasang surut dalam bentuk visual

3.5.2. Pembuatan Basis Data Kerentanan Pesisir

Pembuatan basis data kerentanan dilakukan dengan membangun *grid cell* dalam format vektor (*fishnet*) berukuran 30×30 meter yang berfungsi sebagai satuan analisis, yang kemudian diterapkan pada zona *buffer* sejauh 500 meter dari batas administrasi Kabupaten Karawang. Penetapan *buffer* sejauh 500 meter dalam analisis CVI mengacu pada penelitian terdahulu serta Peraturan Daerah Kabupaten Karawang No. 3 Tahun 2022 tentang Penataan Garis Sempadan Pasal 19 Ayat 5, yang menetapkan bahwa zona pesisir dengan tingkat risiko bencana terendah harus memiliki jarak minimal 300 meter dari garis pantai. Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini menggunakan zona *buffer* sejauh 500 meter karena dinilai cukup representatif untuk menggambarkan kondisi kerentanan pesisir sekaligus telah memenuhi ketentuan jarak minimal kawasan berisiko.

Variabel-variabel spasial diekstraksi ke dalam *grid cell* melalui proses *overlay*, sedangkan variabel non-spasial seperti pasang surut diolah terlebih dahulu dan hasil aslinya digunakan secara seragam ke seluruh *grid cell*. Basis data yang terbentuk ini kemudian menjadi dasar dalam proses klasifikasi dan *scoring* masing-masing variabel sesuai dengan metode *Coastal Vulnerability Index* (CVI).

3.5.3. Klasifikasi dan *Scoring* Variabel Kerentanan Pesisir

Klasifikasi dan *scoring* dilakukan untuk mengonversi hasil asli dari masing-masing variabel dalam *grid cell* menjadi bentuk skor numerik yang terstandar. Setiap variabel diklasifikasikan berdasarkan karakteristik atau rentang nilainya, kemudian diberi skor antara 1-5 sesuai kontribusinya terhadap peningkatan kerentanan. Skor variabel 1 (satu) merepresentasikan kontribusi yang rendah terhadap kerentanan, dan skor 5 (lima) menunjukkan kontribusi yang sangat tinggi terhadap kerentanan. Klasifikasi masing-masing variabel ditampilkan pada tabel 9.

3.5.4. Perhitungan Nilai Indeks Kerentanan (CVI)

Perhitungan indeks kerentanan pesisir dilakukan dengan menghitung skor CVI masing-masing variabel pada setiap *grid cell* untuk memperoleh nilai indeks kerentanan pesisir. Perhitungan tersebut dilakukan menggunakan persamaan 1, dimana: $R_1, R_2, R_3, R_4 \dots \times R_n$ adalah nilai CVI setiap variabel pada setiap *grid cell*, dan n adalah jumlah variabel yang dianalisis. Dalam penelitian ini, variabel mencakup perubahan geomorfologi, perubahan garis pantai, kemiringan pesisir, tutupan lahan, jenis tanah, jenis batuan (geologi), dan pasang surut.

Pada penelitian ini, nilai indeks kerentanan asli akan memiliki rentang antara 0,378 hingga 105,644 karena menggunakan 7 (tujuh) variabel kerentanan. Nilai minimum sebesar 0,378 didapat apabila seluruh variabel memperoleh skor terendah (skor 1), dimana nilai ini mencerminkan kondisi kerentanan paling rendah. Sebaliknya, nilai maksimum sebesar 105,644 didapat seluruh variabel bernilai tertinggi (skor 5), yang secara teoritis menunjukkan kondisi pesisir yang paling rentan.

3.5.5. Normalisasi dan Kategorisasi Tingkat Kerentanan

Nilai indeks kerentanan asli pada setiap *grid cell* yang telah diperoleh, selanjutnya dinormalisasi ke dalam rentang 0 hingga 1 menggunakan persamaan 2. Proses normalisasi ini dilakukan untuk menyetarakan skala antar variabel, sehingga setiap indikator memberikan kontribusi yang seimbang dalam penentuan tingkat kerentanan pesisir.

3.6. Tahap Analisis

Tahap analisis data merupakan tahap keempat dalam alur penelitian. Secara garis besar, tahap ini mencakup penentuan tingkat kerentanan pada masing-masing *grid cell* berdasarkan hasil normalisasi nilai indeks, analisis proporsi tingkat kerentanan wilayah secara keseluruhan, serta uji regresi linier untuk mengetahui pola distribusi tingkat kerentanan secara lebih lanjut, yang diduga dipengaruhi secara dominan oleh kemiringan pesisir.

3.6.1. Penentuan Tingkat Kerentanan Pesisir

Penentuan tingkat kerentanan pesisir dilakukan dengan pembentukan kategori tingkat kerentanan berdasarkan skala normalisasi, yaitu antara 0 hingga 1. Berdasarkan acuan dari penelitian terdahulu (Kasim, 2011), rentang nilai tersebut kemudian diklasifikasikan ke dalam 4 (empat) tingkat kerentanan, sebagaimana yang telah dijabarkan pada tabel 10.

3.6.2. Analisis Tingkat Kerentanan Wilayah Secara Keseluruhan

Pada *grid cell* yang memiliki kategori tingkat kerentanan yang sama selanjutnya akan diakumulasikan dan dituangkan dalam bentuk persentase sehingga dapat memberikan informasi tingkat kerentanan pesisir secara keseluruhan. Tingkat kerentanan pesisir yang dihasilkan kemudian divisualisasikan dalam bentuk peta sebaran spasial tingkat kerentanan pesisir Kabupaten Karawang.

3.6.3. Uji Regresi Linier

Pada pengujian regresi linier dilakukan dua proses uji regresi linier yaitu regresi linier sederhana antara nilai kemiringan pesisir sebagai variabel independen (X) dan nilai CVI yang telah dinormalisasi sebagai variabel dependen (Y), untuk mengetahui hubungan antara tingkat kemiringan dan tingkat kerentanan pesisir, dengan perhitungannya menggunakan persamaan 3. Sedangkan, pada tahap kedua

dilakukan regresi linier berganda, dengan memasukkan dua variabel independen (Y), yaitu nilai kemiringan pesisir dan perubahan garis pantai, terhadap variabel independen (X) berupa nilai CVI normalisasi, dengan perhitungan yang dilakukan menggunakan persamaan 4.

Pengujian ini bertujuan untuk menguji hipotesis yang menyatakan bahwa kemiringan pesisir merupakan faktor utama dalam kerentanan pesisir Kabupaten Karawang, baik secara tunggal maupun dalam kombinasi dengan perubahan garis pantai, dalam memengaruhi tingkat kerentanan wilayah tersebut.

3.7. Tahap Penarikan Kesimpulan

Tahap penarikan kesimpulan merupakan proses kelima atau proses akhir dalam alur penelitian, dimana kesimpulan diperoleh berdasarkan hasil pengolahan dan interpretasi data pada tahap sebelumnya, yang menghasilkan nilai CVI serta menampilkan distribusi sebaran spasial tingkat kerentanan pesisir Kabupaten Karawang. Hasil kesimpulan ini kemudian digunakan untuk menjawab rumusan masalah serta digunakan juga sebagai dasar untuk memberikan rekomendasi terhadap pengelolaan wilayah pesisir Kabupaten Karawang.

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai studi tingkat kerentanan pesisir terhadap banjir rob menggunakan metode *Coastal Vulnerability Index* (CVI) di pesisir Kabupaten Karawang, Jawa Barat, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penilaian tingkat kerentanan pesisir terhadap banjir rob dilakukan menggunakan *grid cell* 30×30m dengan *buffer* sejauh 500m dari garis pantai. Nilai CVI asli berada pada rentang 7,407-84,515 dari rentang nilai 0,387-105,664. Dan hasil normalisasi menunjukkan kisaran nilai antara 0,067-0,799 dari rentang 0-1. Hasil pengujian kemiringan pesisir sebagai yang diperkirakan sebagai faktor utama penyebab terjadinya banjir rob di pesisir Kabupaten Karawang menunjukkan nilai koefisien determinasi (R^2) yang sangat kecil. Meskipun hubungan yang ditunjukkan secara statistik signifikan, pengaruh kemiringan pesisir terhadap tingkat kerentanan pesisir relatif kecil ketika dianalisis secara mandiri. Hal ini mengindikasikan bahwa kerentanan pesisir tidak dipengaruhi oleh satu faktor tunggal, melainkan merupakan hasil kombinasi berbagai faktor fisik.
2. Distribusi spasial tingkat kerentanan pesisir menunjukkan variasi yang beragam. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa tingkat kerentanan terbagi ke dalam 4 (empat) kategori, baik berdasarkan nilai CVI asli maupun nilai yang telah dinormalisasi. Rentang nilai CVI asli meliputi: rendah (7,407-26,186), sedang (27,045-52,372), tinggi (53,452-75,593), dan sangat tinggi (84,515). Adapun nilai CVI yang telah dinormalisasi terbagi atas: rendah (0,067-0,245), sedang (0,253-0,494), tinggi (0,504-0,715), dan sangat tinggi (0,799). Proporsi wilayah dalam masing-masing kategori yaitu rendah sebesar 22,60%, sedang 32,45%, tinggi 43,28%, dan sangat tinggi 1,66%.

5.2. Saran Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk mendukung penguatan analisis serta pengelolaan wilayah pesisir di masa yang akan datang. Oleh karena itu, peneliti memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Diperlukan analisis yang lebih mendalam pada wilayah pesisir Kabupaten Karawang, khususnya di sekitar muara sungai, mengingat tingginya dinamika aliran sungai yang berpotensi memberikan pengaruh signifikan terhadap perubahan kondisi pesisir di sekitarnya.
2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mempertimbangkan pendekatan yang lebih komprehensif dengan memasukkan variabel non-fisik, seperti aspek sosial, ekonomi, dan budaya lokal, guna mengembangkan metode analisis kerentanan pesisir yang lebih menyeluruh, terlebih mengingat beberapa variabel baru akan terlihat signifikan pengaruhnya jika dikombinasikan dengan variabel lainnya.
3. Pendekatan temporal dengan cakupan waktu yang lebih panjang disarankan agar pola kerentanan pesisir dapat teridentifikasi secara lebih jelas dan lebih valid, karena kerentanan pesisir bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh perubahan kondisi lingkungan yang berlangsung secara berkala maupun jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Addo, K. A. 2013. Assessing Coastal Vulnerability Index To Climate Change: The Case Of Accra – Ghana. *Journal of Coastal Research*. (65):1892–1897.
- Adiba, M. S., E. T. Yuningsih, A. Fatonah, M. N. Barkah, dan V. Isnaniawardhani. 2021. Karakteristik Geomorfologi Dan Hubungannya Dengan Sebaran Litologi Daerah Cirawamekar Dan Sekitarnya, Kecamatan Cipatat, Kabupaten Bandung Barat. *Padjajaran Geoscience Journal*. 5(1):71–79.
- Agus, F., L. Soeprijadi, dan R. Pasaribu. 2020. Kajian Hidro-Oseanografi Di Perairan Kabupaten Karawang. *Pelagicus*. 1(1):39.
- Agustina, L. K., D. G. Harbowo, dan B. Al Farishi. 2020. Identifikasi Kawasan Rawan Longsor Berdasarkan Karakteristik Batuan Penyusun Di Kota Bandar Lampung. *Elipsoida*. 3(1):30–37.
- Aisha, M., N. Miladan, dan R. P. Utomo. 2019. Kajian Kerentanan Bencana Pada Kawasan Berisiko Banjir DAS Pepe Hilir, Surakarta. *Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Perencanaan Partisipatif*. 14(2):205–219.
- Al Hakim, M. A. Y., B. Sasmito, dan F. Hadi. 2023. Analisis Pola Suhi (Surface Urban Heat Island) Kota Pesisir (Coastal City) Wilayah Pantai Utara Jawa Menggunakan Data Sentinel-3 SLSTR Multitemporal. *Jurnal Geodesi Undip*. 11(3):141–150.
- Allorerung, P. P., A. Erna, M. Bagussahrir, dan S. Alam. 2024. Analisis Performa Normalisasi Data Untuk Klasifikasi K-Nearest Neighbor Pada Dataset Penyakit. *JISKA (Jurnal Informatika Sunan Kalijaga)*. 9(3):178–191.
- Amarrullah, R., S. Martha, dan W. Andani. 2023. Pemodelan Regresi Linear Menggunakan Metode Theil (Studi Kasus: Jumlah Penduduk Miskin Dan Tingkat Pengangguran Terbuka). *Buletin Ilmiah Math. Stat. Dan Terapannya (BIMASTER)*. 12(4):379–388.
- Andriolo, U. 2019. Nearshore Wave Transformation Domains From Video Imagery. *Journal of Marine Science and Engineering*. 7(6).

- Ariandi, M. dan E. P. Agustini. 2018. Sistem Informasi Geografis Penyebaran Penduduk Di Kecamatan Rambutan Untuk Analisa Di Bidang Kependudukan. *Jurnal Ilmiah MATRIK*. 20(1):61–74.
- Arief, M., G. Winarso, dan T. Prayogo. 2011. Kajian Perubahan Garis Pantai Menggunakan Data Satelit Landsat Di Kabupaten Kendal. *Penginderaan Jauh*. 8:71–80.
- Astriani, D. U., D. Muslim, A. Mulyo, dan T. Pramudyo. 2022. Potensi Tanah Mengembang Berdasarkan Kadar Lempung Di Kabupaten Bekasi, Jawa Barat. *Jurnal GEOMINERBA*. 7(2):133–141.
- Athanasiou, P., A. Van Dongeren, A. Giardino, M. Voudoukas, S. Gaytan-Aguilar, dan R. Ranasinghe. 2019. Global Distribution Of Nearshore Slopes With Implications For Coastal Retreat. *Earth System Science Data*. 11(4):1515–1529.
- Atmodjo, W. 2016. Geomorfologi Pesisir Pantai Benteng Portugis, Kecamatan Donorojo, Kabupaten Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*. 19(2):150.
- Azuga, N. A. 2021. Kerentanan Kawasan Pesisir Terhadap Bencana Kenaikan Muka Air Laut (Sea Level Rise) Di Indonesia. *Jurnal Riset Kelautan Tropis (J-Tropimar)*. 3(2):65–76.
- Bappeda Kabupaten Karawang. 2022. *Rencana Kerja Pemerintah Daerah Kabupaten Karawang Tahun 2022*.
- Bappeda Kabupaten Karawang. 2024. *Gambaran Umum Kabupaten Karawang 2024 (RKPD Kabupaten Karawang)*.
- Bevacqua, A., D. Yu, dan Y. Zhang. 2018. Coastal Vulnerability: Evolving Concepts In Understanding Vulnerable People And Places. *Environmental Science and Policy*. 82:19–29.
- Bupati Karawang. 2022. Peraturan Daerah Kabupaten Karawang Nomor 3 Tahun 2022 Tentang Penataan Garis Sempadan.
- Cahyono, B. E., E. I. S. Putri, dan A. T. Nugroho. 2022. Pemetaan Daerah Genangan Banjir Dan Keterkaitan Dengan Penggunaan Lahan , Jenis Tanah Dan Curah Hujan Di Kabupaten Konawe Utara. *ILMU DASAR*. 23(2):93–100.
- Choirunisa, A. K. dan S. R. Giyarsih. 2020. Kajian Kerentanan Fisik, Sosial, Dan Ekonomi Pesisir Samas Kabupaten Bantul Terhadap Erosi Pantai. *Jurnal Bumi Indonesia*. 5(4):274–282.

- Darmawan, K., Hani'ah, dan A. Suprayogi. 2017. Analisis Tingkat Kerawanan Banjir Di Kabupaten Sampang Menggunakan Metode Overlay Dengan Scoring Berbasis Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Geodesi Undip*. 6(1):31–40.
- Darmiati, I. W. Nurjaya, dan A. S. Atmadipoera. 2020. Analisis Perubahan Garis Pantai Di Wilayah Pantai Barat Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*. 12(1):211–222.
- Dhiauddin, R., W. A. Gemilang, U. J. Wisna, G. A. Rahmawan, dan G. Kusumah. 2017. Pemetaan Kerentanan Pesisir Pulau Simeulue Dengan Metode CVI (Coastal Vulnerability Index). *EnviroScienteeae*. 13(2):157–170.
- Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan dan Kawasan Permukiman (PUPRKIM) Provinsi Bali. 2023. Sistem Informasi Wilayah Dan Tata Ruang Bali, Penetapan Batas Sempadan Pantai. Diakses 19 Agustus 2023. <https://tarubali.baliprov.go.id/penetapan-batas-sempadan-pantai/>
- Falahnsia, A. R. dan M. Taufik. 2015. Identifikasi Bencana Longsor Berdasarkan Nilai Kerapatan Vegetasi Dengan Metode Skoring Menggunakan Citra Satelit Di Sekitar Sungai Bedadung, Kabupaten Jember. *Forum Ilmiah Tahunan ISI*. 400–416.
- Fauzi, M. Mubarak, dan E. Elizal. 2020. Coastal Vulnerability Analysis In Padang Pariaman Regency, West Sumatera. *Asian Journal of Aquatic Sciences*. 3(1):69–76.
- Frederick, H., A. A. Dwi, dan Hariadi. 2016. Pemetaan Banjir Rob Terhadap Pasang Tertinggi Di Wilayah Pesisir Kecamatan Medan Belawan, Sumatera Utara. *Jurnal Oseanografi*. 5(3):334 – 339.
- Gargiulo, C., R. Battarra, dan M. R. Tremittara. 2020. Coastal Areas And Climate Change: A Decision Support Tool For Implementing Adaptation Measures. *Land Use Policy*. 91(November 2019):104413.
- Gifari, O. I., K. Kusri, dan K. A. Yuana. 2023. Analisis Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan Metode Klasifikasi Terbimbing Pada Data Citra Penginderaan Jauh Kota Samarinda-Kalimantan Timur. *Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*. 18(2):71.
- Hafiz, M. D., B. Badaruddin, dan K. Nisa. 2023. Analisis Penggunaan Lahan Terhadap Kemampuan Infiltrasi Dan Aliran Permukaan Curah Hujan Di DAS Maluka. *Jurnal Sylva Scienteeae*. 6(3):476.
- Hamid, A. I. A., A. H. M. Din, N. Yusof, N. M. Abdullah, A. H. Omar, dan M. F. Abdul Khanan. 2019. Coastal Vulnerability Index Development: A Review. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*. 42(4/W16):229–235.

- Hamuna, B., A. N. Sari, dan A. Alianto. 2018. Kajian Kerentanan Wilayah Pesisir Ditinjau Dari Geomorfologi Dan Elevasi Pesisir Kota Dan Kabupaten Jayapura, Provinsi Papua. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*. 6(1):1.
- Hamzah, J., R. Rampengan, dan A. Windarto. 2017. Karakteristik Non-Harmonik Pasang Surut Di Perairan Sekitar Kota Bitung. *Jurnal Pesisir Dan Laut Tropis*. 5(3):47.
- Handiani, D. N., S. Darmawan, A. Heriati, dan Y. D. Aditya. 2019. Kajian Kerentanan Pesisir Terhadap Kenaikan Muka Air Laut Di Kabupaten Subang-Jawa Barat. *Jurnal Kelautan Nasional*. 14(3):145–154.
- Handoko, E. Y., . Y., dan R. Ariani. 2020. Analisis Kenaikan Muka Air Laut Indonesia Tahun 1993-2018 Menggunakan Data Altimetri. *Geoid*. 15(1):58.
- Hanisa, A. M., A. R. As-syakur, dan I. W. G. A. Karang. 2024. Studi Perubahan Garis Pantai Di Teluk Penyu, Cilacap, Jawa Tengah Menggunakan Citra Sentinel-1 Dan Sentinel-2. *Journal of Marine Research and Technology*. 7(1):5–12.
- Harsiti, Z. Muttaqin, dan E. Srihartini. 2022. Penerapan Linier Sederhana Untuk Prediksi Persediaan Obat Jenis Tabelt. *Sistem Informasi*. 9(1):12–16.
- Haryani, E. B. S. 2022. Kerusakan Pesisir Akibat Sedimentasi Dan Abrasi Di Pantai Karawang. *Jurnal Grouper*. 13(2):117–125.
- Haryani, E. B. S., R. Pasaribu, L. Soeprijadi, A. A. Djari, dan C. P. Pattirane. 2021. Development Of Coastal Protection Structure In Karawang Coastal Area Of Indonesia. *International Journal of Research and Innovation in Applied Science*. 06(11):14–22.
- Has, S. N. dan Sulistiawaty. 2018. Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh Untuk Mengenali Perubahan Penggunaan Lahan Pada Kawasan Karts Maros. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika (JSPF)*. (April):60–66.
- Hediyanti, G., R. Rianti, Nurhayati, dan D. Hardianoor. 2021. Analisis Spasial Kerawanan Banjir Di DAS Mempawah (Spatial Analysis Of Flood Vulnerability In Mempawah Watershed). *Majalah Ilmiah Globë*. 24(1):39–50.
- Helfinalis, Y. Witasari, dan S. Prasetyo. 2020. Adaptasi Masyarakat Nelayan Terhadap Kerentanan Fisik Pesisir Pulau Bintan. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*. 4(3):428–435.
- Hidayah, E., Indarto, W. K. Lee, G. Halik, dan B. Pradhan. 2022. Assessing Coastal Flood Susceptibility In East Java, Indonesia: Comparison Of Statistical Bivariate And Machine Learning Techniques. *Water (Switzerland)*. 14(23):1–18.

- Hidayat, S. dan U. M. Lumbanatu. 2010. Analisis Bentang Alam Kuarter. *Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral*. 20(6):293–303.
- Hilary, U., A. Ovie, dan E. D. 2020. Remediation Potency Of Charcoal Block And Sawdust In Petroleum Products Contaminated Soil. *Trends in Technical & Scientific Research*. 4(4):107–116.
- Hutagaol, R. R. dan R. Hidayat. 2019. Analisis Tutupan Lahan Di Wilayah Kerja Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Sintang Utara Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Gastronomía Ecuatoriana y Turismo Local*. 15(29):224–233.
- Iba, Z. dan A. Wardhana. 2024. *Regresi Linier Sederhana Dan Berganda*. Edisi Pertama. Kabupaten Purbalingga: CV.EUREKA MEDIA AKSARA. July. *Analisis Regresi Dan Analisis Jalur Untuk Riset Bisnis Menggunakan Spss 29.0 & Smart-Pls 4.0*.
- Ikhsyan, N., C. Muryani, dan P. Rintayati. 2017. Analisis Sebaran, Dampak, Dan Adaptasi Masyarakat Terhadap Banjir Rob Di Kecamatan Semarang Timur Dan Kecamatan Gayamsari Kota Semarang. *Jurnal GeoEco*. 3(2):145–156.
- Isdianto, A., F. Adibah, M. Fairuz Haykal, M. Javier Irsyad, I. Maulana Asyari, dan Supriyadi. 2022. Indeks Kerentanan Pesisir Ditinjau Dari Geomorfologi, Elevasi, Dan Ancaman Gelombang Untuk Mewujudkan Ketahanan Ekosistem Pesisir. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*. 8(2):69–80.
- Isdianto, A., I. M. Asyari, M. F. Haykal, F. Adibah, M. J. Irsyad, dan S. Supriyadi. 2020. Analisis Perubahan Garis Pantai Dalam Mendukung Ketahanan Ekosistem Pesisir. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*. 6(2):168–181.
- Kalay, D. E., V. F. Lopulissa, dan Y. A. Noya. 2018. Analisis Kemiringan Lereng Pantai Dan Distribusi Sedimen Pantai Perairan Negeri Waai Kecamatan Salahutu Provinsi Maluku. *Triton*. 14(1):10–18.
- Kasim, F. 2011. Penilaian Kerentanan Pantai Menggunakan Metode Integrasi CVI-MCA Dan SIG, Studi Kasus; Garis Pantai Pesisir Utara Indramayu. Institut Pertanian Bogor.
- Kausarian, H. 2021. *Analisa SIG Terhadap Banjir Perkotaan*. Edisi Pertama. Universitas Islam Riau (UIR) Press.
- Komarudin, R. A. 2013. Model Perubahan Penggunaan Lahan Pesisir Untuk Mendukung Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Karawang. Institut Pertanian Bogor.
- Koroglu, A., R. Ranasinghe, J. A. Jiménez, dan A. Dastgheib. 2019. Comparison Of Coastal Vulnerability Index Applications For Barcelona Province. *Ocean and Coastal Management*. 178:104799.

- Kurniasari, A., F. Kurniawansyah, P. S. Wahyuni, V. A. Ayu, V. S. Susiani, A. B. Kapiarsa, I. Tofani, T. Silitonga, dan D. Budiman. 2023. Pengembangan Kawasan Pesisir Coastal Area Karimun Dalam Menghadapi Perubahan Iklim. *PELITA KOTA*. 4(2):430–447.
- Kusnaidi, M. R., T. Gulo, dan S. Aripin. 2022. Penerapan Normalisasi Data Dalam Mengelompokkan Data Mahasiswa Dengan Menggunakan Metode K-Means Untuk Menentukan Prioritas Bantuan Uang Kuliah Tunggal. *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*. 3(4):330–338.
- Lins-de-Barros, F. M. 2017. Integrated Coastal Vulnerability Assessment: A Methodology For Coastal Cities Management Integrating Socioeconomic, Physical And Environmental Dimensions - Case Study Of Região Dos Lagos, Rio De Janeiro, Brazil. *Ocean and Coastal Management*. 149:1–11.
- Lombardo, U. 2016. Alluvial Plain Dynamics In The Southern Amazonian Foreland Basin. *Earth System Dynamics*. 7(2):453–467.
- Lubis, M. G. A., A. Dwi Agustien, A. A. Fauzi, dan A. A. Effendy. 2022. Penerapan Geo-Flage (Geotube Camouflage) Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Banjir Rob Di Kabupaten Karawang. *Indonesian Conference of Martime (INCOMA)*. 1(1):114–124.
- Lubis, M. Z., O. Gustin, W. Anurogo, H. Kausarian, K. Anggraini, dan A. Hanafi. 2017. Penerapan Teknologi Pengideraan Jauh Di Bidang Pesisir Dan Lautan. *Oseana*. 42(3):56–64.
- M.Ali Khumaini. 2024. Ribuan Rumah Terendam Banjir Rob Perairan Utara Karawang. Diakses pada 28 April 2025. <https://www.antaranews.com/berita/4532638/ribuan-rumah-terendam-banjir-rob-perairan-utara-karawang>
- Maria, R., A. F. Rusydi, H. Lestiana, dan S. Wibawa. 2018. Hidrogeologi Dan Potensi Cadangan Airtanah Di Dataran Rendah Indramayu. *RISSET Geologi Dan Pertambangan*. 28(2):181.
- Marlianah dan A. S. Bahri. 2021. Upaya Masyarakat Dalam Mitigasi Bencana Banjir Rob Di Wilayah Pesisir Kecamatan Cibuaya Kabupaten Karawang (Studi Kasus Desa Cemarajaya). *Geographia*. 2(1):11–18.
- Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia. 2021. *Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 47 Tahun 2021 Tentang Kampung Perikanan Budidaya*.
- Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia. 2022. *Keputusan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2022 Tentang Kampung Perikanan Budidaya*.

- Mohan, S. dan T. Vellayan. 2020. Analysis Of Land Use/Land Cover And Change Detection Using Remote Sensing And GIS: A Case Study. *Journal of Advanced Scientific Research*. 11(2):221–227.
- Muetya, G. S., M. Rifai, dan M. P. T. Santoso. 2022. Upaya Penanggulangan Bencana Banjir Di Wilayah Desa Purwadana Kabupaten Karawang. *Nusantara: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*. 9(4):1407–1411.
- Murali, R. M., M. Ankita, S. Amrita, dan P. Vethamony. 2013. Coastal Vulnerability Assessment Of Puducherry Coast, India, Using The Analytical Hierarchical Process. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 76(1):3291–3311.
- Musekiwa, C., H. Cawthra, M. Unterner, dan F. Van Zyl. 2015. An Assessment Of Coastal Vulnerability For The South African Coast. *South African Journal of Geomatics*. 4(2):123.
- Nabella, Syamsunnasir, dan I. dewa K. K. Widana. 2022. Analisis Faktor Penyebab Dan Strategi Mitigasi Bencana Banjir Rob Di Kota Banda Aceh. *Jurnal Kewarganegaraan*. 6(4):7337–7342.
- Nasihin, I., D. Kosasih, dan Rahman. 2022. Peta Kerawanan Banjir Sub Das Cilutung Berdasarkan Data Geospasial. *Jurnal Belantara*. 5(2):295–306.
- National Park Service. 2018. Monitoring Coastal Geologic Features and Processes. Diakses pada 19 Agustus 2023. <https://www.nps.gov/articles/geological-monitoring-of-coastal-features-and-processes.htm>
- Nendrawan, A. dan S. Darmawan. 2021. Klasifikasi Tutupan Lahan Berbasis Karakteristik Backscatter Menggunakan Citra Sentinel-1-1 Dan Alos Palsar. *Jurnal Geodesi*. 2021.
- Nofirman. 2016. Interpretasi Satuan Litologi, Satuan Bentuk Lahan, Dan Struktur Geologi Dengan Integrasi Citra SRTM Di Wilayah Kota Bengkulu. *Jurnal Geograflesia*. Vol. 1(No. 2):11.
- Nofrita, S. A. 2023. Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Mangrove Terhadap Kerentanan Pesisir Kabupaten Karawang. Institut Pertanian Bogor.
- Nugroho, A., D. H. Ismunarti, dan B. Rochaddi. 2015. Studi Karakteristik Dan Co-Range Pasang Surut Di Teluk Lembar Lombok Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Oseanografi*. 4(1):93–99.
- Oloyede, M. O., A. B. Williams, G. O. Ode, dan N. U. Benson. 2022. Coastal Vulnerability Assessment: A Case Study Of The Ratnagiri Coast, Maharashtra, India. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1032(1):1–21.

- Pamungkas, R. J., G. Diansyah, dan T. Z. Ulqodry. 2021. Pemetaan Kerentanan Pesisir Menggunakan Metode Coastal Vulnerability Index (CVI) Di Pesisir Pantai Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan. *Marlin*. 2(1):107.
- Parthasarathy, K. S. S. dan P. C. Deka. 2021. Remote Sensing And GIS Application In Assessment Of Coastal Vulnerability And Shoreline Changes: A Review. *ISH Journal of Hydraulic Engineering*. 27(S1):588–600.
- Pasaribu, R. P., A. Irwan, L. Soeprijadi, dan C. Pattirane. 2020. Studi Alternatif Bangunan Pengaman Pantai Di Pesisir Kabupaten Karawang. *Pelagicus*. 1(2):83.
- Pasaribu, R. P., A. K. Pranoto, Waluyo, dan A. F. Devi. 2022. Pemetaan Tingkat Kerentanan Pesisir Dengan Metode CVI (Coastal Vulnerability Index) Di Kabupaten Indramayu. *MASPARI Journal*. XIV(2):133–145.
- Pasaribu, R., L. Soeprijadi, dan D. Sutono. 2019. Kajian Abrasi Dan Sedimentasi Dengan Teknologi Remote Sensing Di Pantai Karawang. *Jurnal Airaha*. 8(2):137–147.
- Pemerintah Daerah Sulawesi Selatan. 2023. *Peraturan Daerah Provinsi Sulawesi Selatan Nomor 4 Tahun 2023 Tentang Pengelolaan Dan Pengembangan Ekosistem Mangrove Berkelanjutan*.
- Pemerintah Kabupaten Karawang. Kecamatan Kabupaten Karawang. Diakses pada 23 April 2025. <https://karawangkab.go.id/kecamatan/>
- Pemerintah Republik Indonesia. 2014. *Undang-Undang RI Nomor 1 Tahun 2014 Tentang Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil*.
- Menteri Kehutanan. 2009. *Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.32/Menhut-II/2009 Tentang Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan Dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTkRHL-DAS)*.
- Pinto, Z. 2016. Kajian Perilaku Masyarakat Pesisir Yang Mengakibatkan Kerusakan Lingkungan (Studi Kasus Di Pantai Kuwaru, Desa Poncosari, Kecamatan Srandakan, Kabupaten Bantul, Provinsi DIY). *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*. 3(3):163.
- Prabawa, F. Y., D. Purbani, S. S. Sukoraharjo, M. H. Jayawiguna, dan H. Triwibowo. 2021. Mapping The Abrasion On Sederhana Beach, Muara Gembong, Bekasi, West Java Province For The Coastal Mitigation Purpose. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 925(1).
- Pramulya, M., K. Gandasmita, dan B. Tjahjono. 2011. Kajian Geomorfologi, Bahaya Dan Risiko Banjir, Serta Aplikasinya Untuk Evaluasi Tata Ruang Kota Sintang. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*. 13(2):63.

- Prasetyo, Y., N. Bashit, dan B. Sasmito. 2020. Kajian Perubahan Pola Kawasan Terbangun Berdasarkan Metode Index-Based Built-Up Index (Ibi) Di Jakarta Utara. *Elipsoida : Jurnal Geodesi Dan Geomatika*. 3(02):164–168.
- Prathanazal, N. M., B. Sasmito, dan L. M. Sabri. 2021. Analisis Kerentanan Daerah Pesisir Kabupaten Jepara Menggunakan Coastal Vulnerability Index (CVI). *Geodesi Undip*. 10(1):115–123.
- Purwanto, E. H. dan R. Lukiawan. 2019. Parameter Teknis Dalam Usulan Standar Pengolahan Penginderaan Jauh: Metode Klasifikasi Terbimbing. *Jurnal Standardisasi*. 21(1):67–78.
- Putiamini, S., M. P. Patria, T. E. B. Soesilo, dan A. Karsidi. 2023. Coastal Vulnerability Assessment To Tidal (Rob) Flooding In Indramayu Coast, West Java, Indonesia. *Indonesian Journal of Geography*. 55(3):517–526.
- Putra, E. K., K. Amaru, dan D. R. Kendarto. 2024. Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Respon Hidrologi Di Sub Daerah Aliran Sungai Cimeta Menggunakan Model Soil And Water Assessment Tool (SWAT). *Jurnal Triton*. 15(1):78–92.
- Putra, I. M. A. W., A. Susanto, dan I. Soesanti. 2015. Pemodelan Perubahan Garis Pantai Dengan Metode End Point Rate Pada Citra Satelit Landsat. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Multimedia 2015*. 4:6–8.
- Raharjo, P. D. 2013. Penggunaan Data Penginderaan Jauh Dalam Analisis Bentuk Lahan Asal Proses Fluvial Di Wilayah Karangsambung. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian*. 7(2):167–174.
- Ramadhan, A. dan A. Wibowo. 2021. Reclassification Of Soil Type Maps For Evaluation Of Forest Areas Using SMCA In Bogor Regency. *Jurnal Tunas Geografi*. 10(2):91–98.
- Rao, K. N., P. Subraelu, T. V. Rao, B. H. Malini, R. Ratheesh, S. Bhattacharya, A. S. Rajawat, dan Ajai. 2009. Sea-Level Rise And Coastal Vulnerability: An Assessment Of Andhra Pradesh Coast, India Through Remote Sensing And GIS. *Journal of Coastal Conservation*. 12(4):195–207.
- Refnitasari, L., H. W. Cahyaka, K. D. Handayani, dan A. Amudi. 2022. Analisis Kerentanan Fisik Wilayah Pesisir Utara Kota Surabaya Terhadap Bencana Banjir Rob. *Jurnal Tata Kota Dan Daerah*. 14(2):55–62.
- Rompas, N. F., M. I. Jasin, dan H. J. Tawas. 2022. Analisis Pasang Surut Di Pantai Mahembang Kecamatan Kakas Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Sipil Statik*. 10(1):63–68.
- Roukounis, C. N. dan V. A. Tsihrintzis. 2022. Indices Of Coastal Vulnerability To Climate Change: A Review. *Environmental Processes*. 9(2).

- Rukmana, Y. Y., M. Ridwan, Z. Zakaria, D. Muslim, dan N. Seraphine. 2020. Potensi Korosivitas Pada Tanah Endapan Dataran Banjir Sungai Citarum Di Karawang, Jawa Barat. *Dinamika Lingkungan Indonesia*. 7(2):62.
- Rumahorbo, B. T., M. Warpur, R. H. R. Tanjung, dan B. Hamuna. 2023. Spatial Analysis Of Coastal Vulnerability Index To Sea Level Rise In Biak Numfor Regency (Indonesia). *Journal of Ecological Engineering*. 24(3):113–125.
- Sagala, H. A. M. U., R. P. Pasaribu, dan F. K. Ulya. 2021. Pemodelan Pasang Surut Dengan Menggunakan Metode Flexible Mesh Untuk Mengetahui Genangan Rob Di Pesisir Karawang. *Pelagicus*. 2(3):141.
- Sankari, T. S., A. R. Chandramouli, K. Gokul, S. S. M. Surya, dan J. Saravanel. 2015. Coastal Vulnerability Mapping Using Geospatial Technologies In Cuddalore-Pichavaram Coastal Tract, Tamil Nadu, India. *Aquatic Procedia*. 4:412–418.
- Sari, P. K., Heriyanto, dan M. A. Syam. 2023. Analisis Tingkat Kerawanan Banjir Di Kecamatan Palaran, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur. 6(2):1–13.
- Sarika, M. dan A. Zikos. 2021. *Coastal Salt Marshes Structure and Function of Plant Communities. Handbook of Halophytes: From Molecules to Ecosystems towards Biosaline Agriculture*.
- Schupp, C. A., J. E. McNinch, dan J. H. List. 2006. Nearshore Shore-Oblique Bars, Gravel Outcrops, And Their Correlation To Shoreline Change. *Marine Geology*. 233(1–4):63–79.
- Seprianto, M., M. Anggo, Surdin, L. Harudu, dan S. Aldiansyah. 2024. Pemetaan Daerah Potensi Rawan Banjir Menggunakan Metode Overlay. *Jurnal Penelitian Pendidikan Geografi*. 9(4):214–226.
- Setiabudi, A. R. dan T. I. Maryanto. 2018. Deteksi Perubahan Garis Pantai Di Pesisir Kabupaten Karawang Dengan Aplikasi Digital Shoreline Analysis System (DSAS). *Reka Geomatika*. 2019(1):42–50.
- Šimac, Z., N. Lončar, dan S. Faivre. 2023. Overview Of Coastal Vulnerability Indices With Reference To Physical Characteristics Of The Croatian Coast Of Istria. *Hydrology*. 10(1).
- Simarmata, N., Z. A. Nadzir, dan D. N. Sari. 2023. Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan Metode Sentinel-1 Dual-Polarized Water Index (SDWI) Berbasis Data Multitemporal Pada Google Earth Engine. *Geomatika*. 29(2):107–120.

- Simbolon, I. N. dan P. D. Friskila. 2024. Analisis Dan Evaluasi Algoritma Dbscan (Density-Based Spatial Clustering Of Applications With Noise) Pada Tuberkulosis. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*. 12(3S1).
- Sinaga, W. A. L., S. Sumarno, dan I. P. Sari. 2022. Penerapan Metode Regresi Linier Berganda Untuk Estimasi Jumlah Penduduk Pada Kecamatan Gunung Malela The Application Of Multiple Linear Regression Method For Population Estimation Gunung Malela District. *JOMLAI: Journal of Machine Learning and Artificial Intelligence*. 1(1):55–64.
- Somantri, L. dan Nandi. 2018. Land Use: One Of Essential Geography Concept Based On Remote Sensing Technology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 145(1):0–6.
- Suhana, M. P., R. Dwirama Putra, L. Febby Shafitri, M. Muliadi, I. Wayan Nurjaya, dan N. N. Metta Natih. 2021. Tingkat Kerentanan Pesisir Di Utara Dan Timur Pulau Bintan Provinsi Kepulauan Riau Tahun 2020. *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan*. 11(1):11–27.
- Sulma, S. 2012. Kerentanan Pesisir Terhadap Kenaikan Muka Air Laut (Studi Kasus: Surabaya Dan Daerah Sekitarnya). Universitas Indonesia.
- Sultoni, M. I., B. Hidayat, dan A. Slamet Subandrio. 2019. Klasifikasi Jenis Batuan Beku Melalui Citra Berwarna Dengan Menggunakan Metode Local Binary Pattern Dan K-Nearest Neighbor. *TEKTRIKA - Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Telekomunikasi, Kendali, Komputer, Elektrik, Dan Elektronika*. 4(1):10.
- Syafitri, A. W. dan A. Rochani. 2021. Analisis Penyebab Banjir Rob Di Kawasan Pesisir Studi Kasus: Jakarta Utara, Semarang Timur, Kabupaten Brebes, Pekalongan. *Jurnal Kajian Ruang*. 1(1):16.
- Syah, A. F. 2010. Penginderaan Jauh Dan Aplikasinya Di Wilayah Pesisir Dan Lautan. *Kelautan*. 3(1):18–28.
- Szczyrba, L., R. P. Mulligan, P. Pufahl, J. Humberston, dan J. McNinch. 2024. Nearshore Flow Dynamics Over Shore-Oblique Bathymetric Features During Storm Wave Conditions. *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 129(7):1–19.
- Tesalonika Ajeng. 2024. Karawang Masih Dilanda Banjir Rob, Ketinggian Air Capai 70 Sentimeter. Diakses pada 28 April 2025. <https://www.kompas.tv/regional/560382/karawang-masih-dilanda-banjir-rob-ketinggian-air-capai-70-sentimeter>
- Wahid, A., D. H. Ismunarti, dan G. Handoyo. 2023. Elevasi Muka Air Di Pantai Gesing, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Indonesian Journal of Oceanography*. 5(2):124–131.

- Wariunsora, S., Z. Kusuma, dan D. Suprayogo. 2024. Analisis Hubungan Tutupan Lahan Dan Indikator Kesehatan Hidrologi Das Rejoso, Jawa Timur. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*. 11(1):289–300.
- Widada, S., A. Ismanto, I. B. Priambodo, dan H. Siagian. 2022. Perubahan Garis Pantai Dan Dampaknya Terhadap Banjir Rob. *Jurnal Kelautan Tropis*. 25(1):121–130.
- Wohon, S. C., D. Hatidja, dan N. Nainggolan. 2017. Penentuan Model Regresi Terbaik Dengan Menggunakan Metode Stepwise (Studi Kasus : Impor Beras Di Sulawesi Utara). *Jurnal Ilmiah Sains*. 17(2):80.
- Zahra, A. N. A., A. G. D. Kartika, dan H. A. Rachman. 2024. Tidal Range Energy Conversion From Benoa, Bali. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1350(1):1–8.