

**ANALISIS INDEKS TINGKAT RISIKO MULTI BENCANA
BERBASIS *SPATIAL MULTI-CRITERIA EVALUATION* (SMCE)
DI PESISIR PROBOLINGGO, JAWA TIMUR**

SKRIPSI

Diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh
gelar Sarjana Sains (S.Si) pada program studi Ilmu Kelautan



Disusun Oleh

REVANDA RAHMA BEILBY

NIM. 09010422013

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA**

2026

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Nama : Revanda Rahma Beilby
NIM : 09010422013
Program Studi : Ilmu Kelautan
Angkatan : 2022

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiasi dalam penulisan skripsi saya yang berjudul “ANALISIS INDEKS TINGKAT RISIKO MULTI-BENCANA BERBASIS *SPATIAL MULTI-CRITERIA EVALUATION* (SMCE) DI PESISIR PROBOLINGGO, JAWA TIMUR”. Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan. Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya 26 Mei 2026



Revanda Rahma Beilby
NIM. 09010422013

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

Nama : Revanda Rahma Beilby

NIM : 09010422013

Judul : Analisis Indeks Tingkat Risiko Multi-Bencana Berbasis *Spatial Multi-Criteria Evaluation* (SMCE) di Pesisir Probolinggo, Jawa Timur

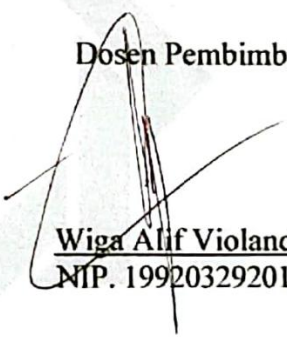
Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 19 Mei 2026

Dosen Pembimbing 1


Dr. Andik Dwi Muttaqin, M.T
NIP. 198204102014031001

Dosen Pembimbing 2


Wiga Alif Violando, MP., M.Sc
NIP. 199203292019031012

UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Oleh Revanda Rahma Beilby telah dipaparkan di depan tim penguji skripsi
Surabaya, 17 Juni 2026

Mengesahkan, 26 Juni 2026
Dosen Penguji

Penguji I



Rizqi Abdi Perdanawati, MT
NIP. 198809262014032002

Penguji II



Muhammad Yunan Fahmi, ST., MT
NIP. 199007192023211021

Penguji III



Dr. Andik Dwi Muttakin, M.T
NIP. 198204102014031001

Penguji IV



Wiga Alif Violando, MP., M.Sc
NIP. 199203292019031012

Mengetahui, 26 Juni 2026

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya



Saepul Hamdani, M.Pd
NIP. 196507312000031002

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : REVANDA RAHMA BEILBY
NIM : 09010422013
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / ILMU KELAUTAN
E-mail address : revandabeilby@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :

ANALISIS INDEKS TINGKAT RISIKO MULTI-BENCANA BERBASIS SPATIAL MULTI-CRITERIA

EVALUATION (SMCE) DI PESISIR PROBOLINGGO, JAWA TIMUR

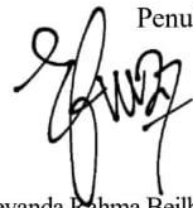
beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 25 Juni 2026

Penulis



(Revanda Rahma Beilby)

ABSTRAK

ANALISIS INDEKS TINGKAT RISIKO MULTI BENCANA BERBASIS *SPATIAL MULTI-CRITERIA EVALUATION* (SMCE) DI PESISIR PROBOLINGGO, JAWA TIMUR

Kawasan pesisir Probolinggo, Jawa Timur, menghadapi ancaman multi-bencana yang kompleks, meliputi banjir rob, gelombang ekstrem, abrasi, dan cuaca ekstrem. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis indeks tingkat ancaman, kerentanan, dan kapasitas, serta menyusun indeks risiko multi-bencana terintegrasi menggunakan metode *Spatial Multi-Criteria Evaluation* (SMCE) berbasis Sistem Informasi Geografis. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan acuan Indeks Risiko Bencana Indonesia (IRBI). Data primer diperoleh melalui survei lapangan dan wawancara terstruktur pada sembilan kecamatan pesisir, sedangkan data sekunder bersumber dari BPS, BMKG, BPBD, dan instansi terkait. Analisis spasial dilakukan menggunakan *Weighted Linear Combination* (WLC) setelah proses standarisasi data dengan metode *benefit* dan *cost*. Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi spasial yang signifikan pada setiap komponen. Ancaman multi-bencana tertinggi terdapat di Kecamatan Mayangan (1,00), disusul Tongas dan Gending (0,91). Kerentanan tertinggi berada di Kecamatan Kraksaan (0,85) yang dipengaruhi dominasi kerentanan sosial dan fisik, serta Gending (0,76) akibat kerentanan ekonomi dan lingkungan. Sementara itu, kapasitas tertinggi terdapat di Kecamatan Paiton dan Kraksaan (1,00) yang didukung oleh regulasi, kelembagaan, dan infrastruktur mitigasi yang lebih baik. Integrasi SMCE-WLC menghasilkan klasifikasi risiko multi-bencana, dengan Kecamatan Gending (1,00) dan Dringu (0,87) berada pada kategori risiko tinggi, sedangkan Paiton (0,09) dan Kademangan (0,10) termasuk kategori rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara tingginya ancaman, kerentanan, dan rendahnya kapasitas menjadi faktor utama pembentuk risiko, terutama di wilayah pesisir tengah. Temuan ini diharapkan menjadi dasar ilmiah dalam perumusan strategi pengurangan risiko bencana dan pengelolaan wilayah pesisir yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Kata Kunci: Risiko, Multi-bencana, Pesisir, SMCE, Probolinggo.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE MULTI-HAZARD RISK INDEX BASED ON SPATIAL MULTI-CRITERIA EVALUATION (SMCE) IN THE COASTAL AREA OF PROBOLINGGO, EAST JAVA

The coastal area of Probolinggo, East Java, faces complex multi-hazard threats, including tidal flooding (rob), extreme waves, coastal erosion, and extreme weather events. This study aims to analyze hazard, vulnerability, and capacity indices, as well as to develop an integrated multi-hazard risk index using the Spatial Multi-Criteria Evaluation (SMCE) method based on Geographic Information Systems (GIS). This research adopts a quantitative descriptive approach referring to the Indonesian Disaster Risk Index (IRBI). Primary data were collected through field surveys and structured interviews across nine coastal districts, while secondary data were obtained from the Central Bureau of Statistics (BPS), Meteorology, Climatology, and Geophysics Agency (BMKG), Regional Disaster Management Agency (BPBD), and other relevant institutions. Spatial analysis was conducted using the Weighted Linear Combination (WLC) method after data standardization using *benefit* and *cost* approaches. The results show significant spatial variation across all components. The highest multi-hazard levels were found in Mayangan District (1.00), followed by Tongas and Gending (0.91). The highest vulnerability was observed in Kraksaan (0.85), driven by dominant social and physical vulnerability, and in Gending (0.76) due to economic and environmental pressures. Meanwhile, the highest capacity levels were found in Paiton and Kraksaan (1.00), supported by stronger regulations, institutions, and mitigation infrastructure. The integration of SMCE-WLC produced a multi-hazard risk classification, where Gending (1.00) and Dringu (0.87) fall into the high-risk category, while Paiton (0.09) and Kademangan (0.10) are classified as low risk. The study concludes that risk is primarily shaped by the interaction of high hazards, high vulnerability, and low capacity, particularly in the central coastal areas. These findings provide a scientific basis for developing effective and sustainable disaster risk reduction strategies and coastal management planning.

Keywords: Risk, Multi-hazard, Coastal, SMCE, Probolinggo.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Wilayah Pesisir.....	8
2.2 Karakteristik Multi-Bencana Wilayah Pesisir	9
2.3.1 Banjir Rob.....	10
2.3.2 Gelombang Ekstrem dan Abrasi	10
2.3.3 Cuaca Ekstrem	11
2.3 Risiko Multi-Bencana.....	12
2.4.1 Indeks Tingkat Ancaman Multi-Bencana	13
2.4.2 Indeks Tingkat Kerentanan Multi-Bencana	15
2.4.3 Indeks Tingkat Kapasitas Multi-Bencana.....	17
2.4.4 Indeks Tingkat Risiko Multi-Bencana	18
2.4 Spatial Multi-Criteria Evaluation (SMCE).....	19
2.5 Integrasi Keilmuan	20
2.6 Penelitian Terdahulu.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	25
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	26
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	27
3.4 Metode Pengumpulan Data	29
3.4.1 Studi Pendahuluan	29
3.4.2 Pengumpulan Data.....	30
3.5 Analisis Data	37
3.5.1 Analisis Spasial.....	45
3.5.2 Penarikan Kesimpulan	46
BAB IV HASIL PENELITIAN	47
4.1 Karakteristik Responden	47
4.2 Hasil Indeks Tingkat Ancaman Multi-Bencana	47
4.2.1 Indeks Tingkat Ancaman Banjir Rob	48
4.2.2 Indeks Tingkat Ancaman Gelombang Ekstrem dan Abrasi.....	51
4.2.3 Indeks Tingkat Ancaman Cuaca Ekstrem.....	55
4.2.4 Indeks Tingkat Ancaman Multi-Bencana.....	59
4.3 Hasil Indeks Tingkat Kerentanan Multi-Bencana	60
4.3.1 Indeks Tingkat Kerentanan Sosial	61
4.3.2 Indeks Tingkat Kerentanan Ekonomi	64
4.3.3 Indeks Tingkat Kerentanan Fisik.....	67
4.3.4 Indeks Tingkat Kerentanan Lingkungan.....	70
4.3.5 Indeks Tingkat Kerentanan Bencana	73
4.4 Hasil Indeks Tingkat Kapasitas Multi-Bencana	76
4.4.1 Hasil Analisis Responden	77
4.4.2 Indeks Tingkat Kapasitas.....	79
4.5 Hasil Indeks Tingkat Risiko Multi-Bencana	89
4.5.1 Indeks Tingkat Risiko Banjir Rob	90
4.5.2 Indeks Tingkat Risiko Gelombang Ekstrem dan Abrasi	92
4.5.3 Indeks Tingkat Risiko Cuaca Ekstrem.....	95
4.5.4 Indeks Tingkat Risiko Multi-Bencana.....	98
4.6 Peran Tutupan Lahan dalam Distribusi Multi-Bencana	101
BAB V PEMBAHASAN PENELITIAN.....	103
5.1 Analisis Indeks Tingkat Ancaman Multi-Bencana di Wilayah Pesisir Probolinggo	103

5.1.1 Analisis Ancaman Banjir Rob	103
5.1.2 Analisis Ancaman Gelombang Ekstrem dan Abrasi.....	104
5.1.3 Analisis Ancaman Cuaca Ekstrem.....	106
5.1.4 Analisis Ancaman Multi-Bencana	107
5.2 Analisis Indeks Tingkat Kerentanan Wilayah Pesisir Probolinggo	109
5.2.1 Analisis Kerentanan Sosial	109
5.2.2 Analisis Kerentanan Ekonomi	110
5.2.3 Analisis Kerentanan Fisik.....	111
5.2.4 Analisis Kerentanan Lingkungan.....	113
5.2.5 Analisis Kerentanan Bencana	113
5.3 Analisis Indeks Tingkat Kapasitas Masyarakat dalam Menghadapi Bencana di Wilayah Pesisir.....	115
5.4 Integrasi Ancaman, Kerentanan dan Kapasitas dalam Pendekatan SMCE	117
BAB VI PENUTUP	120
6.1 Kesimpulan.....	120
6.2 Saran.....	121
DAFTAR PUSTAKA	122
LAMPIRAN.....	128

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian Pesisir Probolinggo.....	25
Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Penelitian Indeks Tingkat Risiko Multi Bencana	27
Gambar 3. 3 Diagram Alir Tahapan Penelitian Tiap Parameter	28
Gambar 4. 1 Peta Ancaman Bencana Banjir Rob di Pesisir Probolinggo, Jawa Timur	51
Gambar 4. 2 Peta Ancaman Bencana Gelombang Ekstrem & Abrasi di Pesisir Probolinggo, Jawa Timur	55
Gambar 4. 4 Peta Ancaman Bencana Cuaca Ekstrem di Pesisir Probolinggo, Jawa Timur.....	58
Gambar 4. 5 Peta Ancaman Multi-Bencana (Banjir Rob, Gelombang Ekstrem & Abrasi dan Cuaca Ekstrem) di Pesisir Probolinggo, Jawa Timur	60
Gambar 4. 6 Peta Tingkat Kerentanan Sosial di Pesisir Probolinggo, Jawa Timur	63
Gambar 4. 7 Peta Tingkat Kerentanan Ekonomi di Pesisir Probolinggo, Jawa Timur	66
Gambar 4. 8 Peta Tingkat Kerentanan Fisik di Pesisir Probolinggo, Jawa Timur	69
Gambar 4. 9 Peta Tingkat Kerentanan Lingkungan di Pesisir Probolinggo, Jawa Timur.....	73
Gambar 4. 10 Peta Tingkat Kerentanan Bencana di Pesisir Probolinggo, Jawa Timur	76
Gambar 4. 11 Peta Tingkat Kapasitas Masyarakat dalam Menghadapi Bencana di Pesisir Probolinggo, Jawa Timur	89
Gambar 4. 12 Peta Tingkat Risiko Bencana Banjir Rob di Pesisir Probolinggo, Jawa Timur.....	92
Gambar 4. 13 Peta Tingkat Risiko Bencana Gelombang Ekstrem & Abrasi di Pesisir Probolinggo, Jawa Timur	95
Gambar 4. 14 Peta Tingkat Risiko Bencana Cuaca Ekstrem di Pesisir Probolinggo, Jawa Timur.....	98
Gambar 4. 15 Peta Tingkat Risiko Multi-Bencana Banjir Rob, Gelombang Ekstrem & Abrasi dan Cuaca Ekstrem di Pesisir Probolinggo, Jawa Timur	100

Gambar 4. 16 Peta Klasifikasi Tutupan Lahan di Pesisir Probolinggo, Jawa Timur
..... 101



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Parameter Ancaman Banjir Rob	14
Tabel 2. 2 Klasifikasi Parameter Ancaman Gelombang Ekstrem dan Abrasi	14
Tabel 2. 3 Klasifikasi Parameter Ancaman Cuaca Ekstrem	15
Tabel 2. 4 Klasifikasi Parameter Indeks Tingkat Kerentanan Bencana.....	16
Tabel 2. 5 Klasifikasi Parameter Indeks Tingkat Kapasitas Bencana.....	17
Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu	22
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Penelitian.....	26
Tabel 3. 2 Sumber Data Ancaman Banjir Rob.....	31
Tabel 3. 3 Sumber Data Ancaman Gelombang Ekstrem dan Abrasi.....	31
Tabel 3. 4 Sumber Data Ancaman Cuaca Ekstrem	32
Tabel 3. 5 Sumber Data Indeks Tingkat Kerentanan Multi-Bencana	32
Tabel 3. 6 Sumber Data Indeks Tingkat Kapasitas Multi-Bencana.....	33
Tabel 3. 7 Jumlah Penduduk 5 Kecamatan Pesisir Probolinggo.....	34
Tabel 3. 8 Jumlah Penentuan Responden Kecamatan Pesisir Probolinggo	35
Tabel 3. 9 Kuesioner Tingkat Kapasitas Masyarakat.....	36
Tabel 3. 10 Tabel Klasifikasi Indeks Tingkat Ancaman, Kerentanan dan Kapasitas Berdasarkan Perka BNPB No. 2 Tahun 2012 dan Metode SMCE-WLC.....	43
Tabel 4. 1 Data Parameter Ancaman Banjir Rob	48
Tabel 4. 2 Hasil Standarisasi SCME Parameter Ancaman Banjir Rob.....	49
Tabel 4. 3 Nilai Indeks dan Kategori Ancaman Banjir Rob	50
Tabel 4. 4 Data Parameter Ancaman Gelombang Ekstrem dan Abrasi	52
Tabel 4. 5 Hasil Standarisasi SCME Parameter Ancaman Gelombang Ekstrem dan Abrasi	53
Tabel 4. 6 Nilai Indeks dan Kategori Ancaman Gelombang Ekstrem dan Abrasi	54
Tabel 4. 7 Data Parameter Ancaman Cuaca Ekstrem	56
Tabel 4. 8 Hasil Standarisasi SCME Parameter Ancaman Cuaca Ekstrem	57
Tabel 4. 9 Nilai Indeks dan Kategori Ancaman Cuaca Ekstrem.....	57
Tabel 4. 10 Nilai Indeks dan Kategori Ancaman Multi-Bencana.....	59
Tabel 4. 11 Data Parameter Kerentanan Sosial.....	61
Tabel 4. 12 Hasil Standarisasi SCME Parameter Kerentanan Sosial.....	62
Tabel 4. 13 Nilai Indeks dan Kategori Kerentanan Sosial	62

Tabel 4. 14 Data Parameter Kerentanan Ekonomi.....	64
Tabel 4. 15 Hasil Standarisasi SCME Parameter Kerentanan Ekonomi.....	65
Tabel 4. 16 Nilai Indeks dan Kategori Kerentanan Ekonomi	65
Tabel 4. 17 Data Parameter Kerentanan Fisik	67
Tabel 4. 18 Hasil Standarisasi SCME Parameter Kerentanan Fisik	68
Tabel 4. 19 Nilai Indeks dan Kategori Kerentanan Fisik.....	68
Tabel 4. 20 Data Parameter Kerentanan Lingkungan	70
Tabel 4. 21 Hasil Standarisasi SCME Parameter Kerentanan Lingkungan	71
Tabel 4. 22 Nilai Indeks dan Kategori Kerentanan Lingkungan	72
Tabel 4. 23 Nilai Indeks Tiap Parameter Kerentanan	74
Tabel 4. 24 Nilai Indeks dan Kategori Kerentanan Total	75
Tabel 4. 25 Distribusi Frekuensi Responden terhadap Sub-Parameter Kapasitas Masyarakat.....	77
Tabel 4. 26 Distribusi Sub-Parameter dan Persentase Parameter Kapasitas Masyarakat.....	78
Tabel 4. 27 Hasil Standarisasi SCME Mengenai Kebijakan PRB	79
Tabel 4. 28 Hasil Standarisasi SCME Mengenai Kelembagaan.....	80
Tabel 4. 29 Hasil Standarisasi SCME Mengenai Perencanaan.....	81
Tabel 4. 30 Hasil Standarisasi SCME Mengenai Kesiapsiagaan.....	82
Tabel 4. 31 Hasil Standarisasi SCME Mengenai Pendanaan.....	84
Tabel 4. 32 Hasil Standarisasi SCME Mengenai Mitigasi Fisik.....	86
Tabel 4. 33 Nilai Indeks dan Kategori Kapasitas Masyarakat	87
Tabel 4. 34 Nilai Indeks Ancaman, Kerentanan, dan Kapasitas dalam Penentuan Risiko Banjir Rob.....	90
Tabel 4. 35 Nilai Indeks dan Kategori Risiko Banjir Rob	91
Tabel 4. 36 Nilai Indeks Ancaman, Kerentanan, dan Kapasitas dalam Penentuan Risiko Gelombang Ekstrem dan Abrasi.....	93
Tabel 4. 37 Nilai Indeks dan Kategori Risiko Gelombang Ekstrem dan Abrasi ..	94
Tabel 4. 38 Nilai Indeks Ancaman, Kerentanan, dan Kapasitas dalam Penentuan Risiko Cuaca Ekstrem.....	96
Tabel 4. 39 Nilai Indeks dan Kategori Risiko Cuaca Ekstrem	97
Tabel 4. 40 Nilai Indeks Risiko Tiap Bencana	99

Tabel 4. 41 Nilai Indeks dan Kategori Risiko Multi-Bencana.....	99
---	----



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Aitsi-Selmi, A., Egawa, S., Sasaki, H., Wannous, C., & Murray, V. (2020). The Sendai Framework for Disaster Risk Reduction: Renewing the Global Commitment to People's Resilience, Health, and Well-being. *International Journal of Disaster Risk Science*, 6(2), 164–176. <https://doi.org/10.1007/s13753-015-0050-9>
- Almutairi, A., Mourshed, M., & Ameen, R. F. M. (2020). Coastal community resilience frameworks for disaster risk management. Dalam *Natural Hazards* (Vol. 101, Nomor 2, hlm. 595–630). Springer. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-03875-3>
- Anfuso, G., Postacchini, M., Di Luccio, D., & Benassai, G. (2021). Coastal sensitivity/vulnerability characterization and adaptation strategies: A review. Dalam *Journal of Marine Science and Engineering* (Vol. 9, Nomor 1, hlm. 1–29). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/jmse9010072>
- Angelina, R., Sunarto, Subiyanto, & Laksmi Syamsuddin, M. (2025). Analisis Perubahan Garis Pantai Pasca Restorasi Mangrove Di Kawasan Pesisir Pasir Sakti, Lampung Timur. *Jurnal Hidrografi Indonesia*, 7 No. 01.
- Aznawi, A. A., Mubaraq, A., Al Mustaniroh, S. S., Amir, A. A., & Basyuni, M. (2025). Sustainable management of mangrove forest in Indonesia: Practical and Islamic perspectives. *Jurnal Kajian Peradaban Islam*, 8(2), 95–102. <https://doi.org/10.47076/jkpis.v8i2.356>
- Azuga, N. A. (2021). Kajian Kerentanan Kawasan Pesisir Terhadap Bencana Kenaikan Muka Air Laut (Sea Level Rise) Di Indonesia. *Jurnal Riset Kelautan Tropis (Journal Of Tropical Marine Research) (J-Tropimar)*, 3(2). <https://doi.org/10.30649/jrkt.v3i2.41>
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2024). *DATA BENCANA INDONESIA 2023* (Abdul Muhari Teguh Harjito Fery Irawan Andri Cipto Utomo, Ed.; Vol. 3). Pusat Data Informasi dan Komunikasi Kebencanaan. <https://bnpb.go.id>
- Basher, R., Page, J., Woo, J., Davies, M. L., Synolakis, C. E., Farnsworth, A. F., & Steacey, S. (2020). Global early warning systems for natural hazards: Systematic and people-centred. Dalam *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* (Vol. 364, Nomor 1845, hlm. 2167–2182). Royal Society. <https://doi.org/10.1098/rsta.2006.1819>
- Birkmann, J. (2023). *Measuring vulnerability to natural hazards*.
- BNBP. (2024). *Data Bencana Indonesia 2023*.
- Bordian, M., & Gil-saura, I. (2021). Do imc and ecological knowledge drive value co-creation? The new way to loyalty in hospitality. *Sustainability (Switzerland)*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/su131910785>
- Budiman, A. S., & Supriadi, I. H. (2019). Potensi Kejadian Rob Di Pesisir Probolinggo Serta Perbandingan Kondisinya Antara Musim Barat Dan Musim Timur Berdasarkan Data Oseanografi Dan Meteorologi. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(3), 667–681. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v11i3.20349>

- Calvin, K., Krinner, G., & Mukherji, A. (2023). *IPCC, 2023: Climate Change 2023: (P. Arias, M. Bustamante, I. Elgizouli, G. Flato, M. Howden, C. Méndez-Vallejo, J. J. Pereira, R. Pichs-Madruga, S. K. Rose, Y. Saheb, R. Sánchez Rodríguez, D. Ürges-Vorsatz, C. Xiao, N. Yassaa, J. Romero, J. Kim, E. F. Haites, Y. Jung, R. Stavins, ... C. Péan, Ed.).* <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Cutter, S. L., Burton, C. G., & Emrich, C. T. (2020). Disaster Resilience Indicators for Benchmarking Baseline Conditions. Dalam *Journal of Homeland Security and Emergency Management* (Vol. 7). www.resilientus.org/publications
- Damar Cahyanti, B., & Ayu Larasati, D. (2025). *Strategi Adaptasi Masyarakat Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo Dalam Menghadapi Bencana Gunungapi Bromo.*
- Damastuti, E., van Wesenbeeck, B. K., Leemans, R., de Groot, R. S., & Silvius, M. J. (2023). Effectiveness of community-based mangrove management for coastal protection: A case study from Central Java, Indonesia. *Ocean and Coastal Management*, 238. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106498>
- Etikan, I. (2016). Comparison of Convenience Sampling and Purposive Sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11>
- Fadlan, A., Sagita, N., & Zakir, A. (2023). Studi Angin Fohn Menggunakan Wrf-Arw (Angin Kumbang Di Gunung Ciremai). *Jurnal Aplikasi Meteorologi*, 1(2). <https://doi.org/10.36754/jam.v1i2.319>
- Fallahiyah, S. A. D., Sawiji, A., & Noverma. (2023). *Pemetaan Tingkat Kerentanan Wilayah Pesisir Terhadap Perubahan Iklim Di Kecamatan Gending, Kabupaten Probolinggo.* <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Firdaus, Chaerul, M., & Gusty, S. (2022). Analisis Pengurangan Risiko Bencana Abrasi Pantai Di Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar. *Jurnal Ilmiah Indonesia*.
- GAR. (2021). *Global Assessment Report On Disaster Risk Reduction 2021 : special report on drought -... summary for policy makers.* UNITED NATIONS.
- Gornitz, V. (2020). *Global and Planetary Change Section* (Vol. 89).
- Handiani, D. N., Heriati, A., Suciati, F., & Putih, J. P. (2022). *Coastal Vulnerability Assessment Along The North Java Coastlines-Indonesia.* 18(1), 1–12. <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/segara>
- Hanifa, R., & Wiratmo, J. (2024). ENSO and IOD Influence on Extreme Rainfall in Indonesia: Historical and Future Analysis. *Agromet*, 38(2), 78–87. <https://doi.org/10.29244/j.agromet.38.2.78-87>
- Hapsoro, A. W., & Buchori, I. (2020). Kajian Kerentanan Sosial dan Ekonomi.... Dalam *Teknik PWK* (Vol. 4).
- Hidayah, Z., & Apriyanti, A. (2020). Deteksi Perubahan Garis Pantai Teluk Jakarta Bagian Timur Tahun 2003-2018. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 13(2), 143–150. <https://doi.org/10.21107/jk.v13i2.7980>
- Iid Mujtahiddin, M. (2019). *Analisis Spasial Indeks Kekeringan Kabupaten Indramayu Spatial Analysis Of Drought Index In District Indramayu.*

- Jones, R. L. (2020). Publication activities of members of the division of school psychology of the american psychological association. *Journal of Educational Research*, 53(8), 305–308. <https://doi.org/10.1080/00220671.1960.10882655>
- KLHK. (2022). *Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan*.
- Koenawan, C. J., & Zulfikar, A. (2025). Analisis Risiko Banjir Rob dan Kerentanan Pesisir di Kabupaten Kepulauan Anambas. *Jurnal Akuatiklestari*, 9(1), 33–38. <https://doi.org/10.31629/akuatiklestari.v9i1.7698>
- Leal Filho, Walter., Azeiteiro, Ulisses., & Alves, F. (2019). *Climate change and health : improving resilience and reducing risks*. Springer.
- Ledoh, L. Y., Satria, A., & Hidayat, R. (2019). Livelihoods Vulnerability of Communities in Coastal City to Climate Variability (Case Study in Kupang City). *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 9(3), 758–770. <https://doi.org/10.29244/jpsl.9.3.758-770>
- Lestari, I., Kurniawati, N., Sutopo, S., Erni, E., Hadi, H., Bama, A. A., Koriyanti, E., Safrina, S., & Irfan, M. (2025). Analisis Potensi Bencana Akibat Cuaca Ekstrem di Kabupaten Ogan Ilir (Studi Kasus: Angin Puting Beliung). *Jurnal Penelitian Sains*, 27(3), 1. <https://doi.org/10.56064/jps.v27i3.1280>
- Lu, Y., Wu, B., He, M., Wang, L., Ma, D., & Huang, Z. (2020). Prediction of Fracture Evolution and Groundwater Inrush from Karst Collapse Pillars in Coal Seam Floors: A Micromechanics-Based Stress-Seepage-Damage Coupled Modeling Approach. *Geofluids*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8830304>
- Lukas, Hastari, B., Ardianor, & Gumiri, S. (2021). Diversity of riparian plants of black water ecosystem in the Sebangau River of Central Kalimantan Indonesian. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 744(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/744/1/012040>
- Mahfud Effendy. (2019). Pengelolaan Wilayah Pesisir Secara Terpadu: Solusi Pemanfaatan Ruang, Pemanfaatan Sumberdaya Dan Pemanfaatan Kapasitas Asimilasi Wilayah Pesisir Yang Optimal Dan Berkelanjutan. *Jurnal KELAUTAN*, 2.
- Ma'rufatin, A., Yananto, A., & Pandoe, W. W. (2024a). Karakteristik Angin Wilayah Pesisir Utara Pulau Jawa Berdasarkan Variabilitas Monsun. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 25(1), 20. <http://www.meteomanz.com>.
- Ma'rufatin, A., Yananto, A., & Pandoe, W. W. (2024b). *Wind Characteristics of the North Coastal Region of Java Island According to Monsoon Variability*. 25(1), 20. <http://www.meteomanz.com>.
- Masson-Delmotte, Zhai, Pirani, Connors, & C. Péan. (2021). *IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Morales, F. F., & de Vries, W. T. (2021). Establishment of Natural Hazards Mapping Criteria Using Analytic Hierarchy Process (AHP). *Frontiers in Sustainability*, 2. <https://doi.org/10.3389/frsus.2021.667105>

- Muis, S., Aerts, J. C. J. H., José, J. A., Dullaart, J. C., Duong, T. M., Erikson, L., Haarsma, R. J., Apecechea, M. I., Mengel, M., Le Bars, D., O'Neill, A., Ranasinghe, R., Roberts, M. J., Verlaan, M., Ward, P. J., & Yan, K. (2023). Global Projections of Storm Surges Using High-Resolution CMIP6 Climate Models. *Earth's Future*, 11(9). <https://doi.org/10.1029/2023EF003479>
- Mulyadi, A., Maharti, A. W. N., Rakhmadini, A., Prastiyawan, D., & Rakhmatika, M. (2022). Pemetaan multi rawan bencana longsor, kekeringan, dan banjir di Kabupaten Semarang. *Majalah Geografi Indonesia*, 35(2), 95. <https://doi.org/10.22146/mgi.63231>
- Muryani, C. (2020). *Community Based Disaster Management in Indonesia*. <https://jurnal.uns.ac.id/shes>
- Nurhidayah, L. (2021). Integrated Coastal Zone Management In Indonesia: The Implementation And Its Challenges. Dalam *Jurnal Masyarakat & Budaya* (Vol. 13, Nomor 1).
- Pamungkas, A., Larasati, K. D., Zakina, N., & Iranata, D. (2024). Risk reduction through spatial plan: A case study from Surabaya, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1353(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1353/1/012001>
- Park, H., Nam, K., & Egawa, S. (2024). The Gaps Between Institutional and Practical Disaster Risk Management Measures on Coastal Flood Risks in South Korea's Coastal Communities. *International Journal of Disaster Risk Science*, 15(4), 594–607. <https://doi.org/10.1007/s13753-024-00579-1>
- Paton, D., & Johnston, D. (2021). Disasters and communities: Vulnerability, resilience and preparedness. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 10(4), 270–277. <https://doi.org/10.1108/EUM00000000005930>
- Pindarwati, A., Wijayanto, A. W., & Rosyani, P. (2025). Integrating Satellite Imagery and Multicriteria Decision Analysis for High-Resolution Flood Vulnerability Mapping: A Case Study of Jakarta, Indonesia. *International Journal of Advances in Data and Information Systems*, 6. <https://doi.org/10.59395/ijadis.v6i2.1388>
- Prasita, V. D., Bintoro, R. S., Nurmalia, I., Widagdo, S., Rosana, N., & Sugianto, E. (2023). The Coastline Change Pattern of Gresik Beach around the Madura Strait, Indonesia. *Indonesian Journal of Geography*, 55(3), 527–537. <https://doi.org/10.22146/ijg.80934>
- Putiamini, S., Patria, M. P., Soesilo, T. E. B., & Karsidi, A. (2023a). Coastal Vulnerability Assessment To Tidal (Rob) Flooding In Indramayu Coast, West Java, Indonesia. *Indonesian Journal of Geography*, 55(3), 517–526. <https://doi.org/10.22146/ijg.65549>
- Putiamini, S., Patria, M. P., Soesilo, T. E. B., & Karsidi, A. (2023b). Coastal Vulnerability Assessment To Tidal (Rob) Flooding In Indramayu Coast, West Java, Indonesia. *Indonesian Journal of Geography*, 55(3), 517–526. <https://doi.org/10.22146/ijg.65549>
- Putri, Z. E., & Azwar, A. (2020). Modal Sosial Kelompok Rentan Sebagai Upaya Disaster Risk Reduction (DRR). *Jurnal Antropologi: Isu-Isu Sosial Budaya*, 22(2), 236–245. <https://doi.org/10.25077/jantro.v22.n2.p236-245.2020>

- Rafii, A. I., Sarmini, S., Prasetya, S. P., & Chanthoeurn, D. (2023). Local Cultural Wisdom of Natural Disaster-Prone Communities in Probolinggo, Indonesia (Socio-Religious Perspective). *International Journal Ihya' 'Ulum al-Din*, 25(1), 49–60. <https://doi.org/10.21580/ihya.25.1.16171>
- Ruiz, H. S., Sunarso, A., Ibrahim-Bathis, K., Murti, S. A., & Budiarto, I. (2020). GIS-AHP Multi Criteria Decision Analysis for the optimal location of solar energy plants at Indonesia. *Energy Reports*, 6, 3249–3263. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.11.198>
- Sarah, D., & Soebowo, E. (2019). Land subsidence threats and its management in the North Coast of Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 118(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/118/1/012042>
- Sauri, S., & Hizbaron, D. R. (2019). *Penilaian Tingkat Kerentanan Menggunakan Spatial Multi Criteria Evaluation Di Sebagian Daerah Rawan Longsor, Kabupaten Bogor*.
- Siswanto, A. D. (2015). Longshore Current Characteristics in Madura Strait. *Procedia Environmental Sciences*, 23, 34–38. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.01.006>
- Staupe-Delgado, R. (2019). Analysing changes in disaster terminology over the last decade. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 40. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101161>
- Suhendra, A., Apriyanto, H., Prasetya, H., & Soewargono, B. D. (2022). *Multi-Hazards Disaster Risk Assessment in Magetan Regency, Indonesia*. <https://jurnal.uns.ac.id/shes>
- Sunaryo, S., Ambariyanto, A., Sugianto, D. N., Helmi, M., Kaimuddin, A. H., & Indarjo, A. (2021). Risk Analysis of Coastal Disaster of Semarang City, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 31. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183112009>
- Sunkur, R., Kantamaneni, K., Bokhoree, C., & Ravan, S. (2023). Mangroves' role in supporting ecosystem-based techniques to reduce disaster risk and adapt to climate change: A review. *Journal of Sea Research*, 196. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2023.102449>
- Sutrisno, D., Rahadiati, A., Rudiasuti, A. W., Dewi, R. S., & Munawaroh. (2020). Urban coastal flood-prone mapping under the combined impact of tidal wave and heavy rainfall: A proposal to the existing national standard. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/ijgi9090525>
- Symmank, L., Natho, S., Scholz, M., Schröder, U., Raupach, K., & Schulz-Zunkel, C. (2020). The impact of bioengineering techniques for riverbank protection on ecosystem services of riparian zones. *Ecological Engineering*, 158. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.106040>
- Tabasi, N., Fereshtehpour, M., & Roghani, B. (2025). A review of flood risk assessment frameworks and the development of hierarchical structures for risk components. *Discover Water*, 5(1). <https://doi.org/10.1007/s43832-025-00193-2>
- Tanim, A. H., Goharian, E., & Moradkhani, H. (2022). Integrated socio-environmental vulnerability assessment of coastal hazards using data-driven and multi-criteria analysis approaches. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15237-z>

- Tota, W., Maulud, K. N. A., & Noor, N. M. (2025). Impact of Community-based Adaptation Methods in Creating Resilient Communities in Indonesia and Philippines. *E3S Web of Conferences*, 599. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202459905003>
- Ullah, I., Zeng, X. M., Mukherjee, S., Aadhar, S., Mishra, A. K., Syed, S., Ayugi, B. O., Iyakaremye, V., & Lv, H. (2023). Future Amplification of Multivariate Risk of Compound Drought and Heatwave Events on South Asian Population. *Earth's Future*, 11(12). <https://doi.org/10.1029/2023EF003688>
- Vincent, J., Yametis, G., & Benardi, A. I. (2026). *Multi-Parameter Flood Hazard Assessment Using a Spatial Approach in Demak Regency*. 14(1), 127–148. <https://doi.org/10.23960/jpg>
- Wang, Q., Ma, Y., Cheng, Z., & Du, Y. (2023). Coastline changes under natural and anthropogenic drivers in a macro-tidal estuary between 2000-2020. *Frontiers in Marine Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1335064>
- White, C. J., Adnan, M. S. G., Arosio, M., Buller, S., Cha, Y., Ciurean, R., Crummy, J. M., Duncan, M., Gill, J., Kennedy, C., Nobile, E., Smale, L., & Ward, P. J. (2025). Review article: Towards multi-hazard and multi-risk indicators – a review and recommendations for development and implementation. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 25(11), 4263–4281. <https://doi.org/10.5194/nhess-25-4263-2025>
- Wibowo, T. W., Putri, E. A. W., & Loekman, H. Y. (2019). Evaluasi Multi-Kriteria Keruangan Untuk Pemetaan Kerentanan Terhadap Bahaya Tsunami Di Pesisir Kabupaten Bantul. *Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS*.
- Widianto, A., & Damen, M. (2024). *Determination of Coastal Belt in the Disaster Prone Area: A case study in the Coastal area of Bantul Regency, Yogyakarta, Indonesia* Arief Widianto, Michiel Damen.
- Wijaya, D., Suryono, & Soenardjo, N. (2019). Ekologi Mangrove Di Pesisir Kecamatan Tongas Dan Sumberasih Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur. *Journal of Marine Research*, 8. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jmr.v8i2.25213>
- Wijaya, Y. T., & Halim, I. T. (2022). Measuring and Profiling Social Vulnerability to Natural Disaster in Indonesia in 2019. *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, 19(1), 183–194. <https://doi.org/10.20956/j.v19i1.21686>
- Yuliasuti, N., Sariffudin, & Syafrudin. (2023). Social Vulnerability Level Appraisal at Tidal Flood Areas The Case of A Coastal Settlement in Indonesia. *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development*, 11(2), 99–113. https://doi.org/10.14246/irspsd.11.2_99
- Yusliana. (2022). Spasialisasi Kerentanan Sosial Ekonomi Terhadap Perkembangan Wilayah Pesisir Daerah Istimewa Yogyakarta. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XVII*, 633–640.