

Estimasi Jarak Antara Waktu Kejadian Gelombang Pasang dan Abrasi di Indonesia dengan Pendekatan Kaplan-Meier

Nikmatul Aini^{1*}, Agustin Ayulia Rahman², Maria Marianty Ngode³, Chandrawati⁴, Muhammad Gazali⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Statistika, Universitas Hamzanwadi, Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat, Indonesia

Received: 30-11-2025

Revised: 21-12-2025

Accepted: 28-12-2025

Corresponding Author:

Author Name*: Nikmatul Aini

Email*: niknikmatul280302@gmail.com

Abstract: This study aims to estimate the occurrence patterns of tidal waves and abrasion in Indonesia throughout 2024 using the Kaplan-Meier method. The main focus is on analyzing the time intervals between events to provide insights into coastal areas vulnerable to the impacts of these disasters. The data used were obtained from the National Agency for Disaster Management (BNPB), consisting of records of tidal waves and abrasion events. The analysis results are expected to illustrate the frequency and distribution of events, assisting in disaster mitigation planning in coastal areas. This study does not address causative factors but rather focuses on the temporal patterns and distributions of these events. The findings are anticipated to help identify the most vulnerable coastal regions to tidal waves and abrasion impacts, enabling more targeted and data-driven mitigation efforts. This research offers valuable insights for developing effective disaster mitigation strategies, including early warning systems and improved coastal management. The close relationship between tidal waves and abrasion emphasizes the need for preventive measures, such as mangrove planting and controlling human activities in coastal areas.

Keywords: *Kaplan-Meier; Tidal waves; Abrasion*

PENDAHULUAN

Gelombang pasang, atau sering disebut rob, adalah fenomena naiknya permukaan air laut secara signifikan di atas permukaan air laut normal. Fenomena ini biasanya terjadi akibat pengaruh gaya gravitasi bulan dan matahari terhadap bumi, serta faktor-faktor meteorologi seperti angin kencang dan tekanan udara yang rendah (BPBD, 2024).

Abrasi adalah proses pengikisan atau penggerusan tanah di wilayah pesisir yang disebabkan oleh gelombang laut, arus, dan pasang surut air laut, yang disebabkan oleh faktor alam seperti gelombang dan arus laut yang terus-menerus menghantam pantai (Gamedia, 2021). Menurut Mitigasi Bencana (2014), abrasi juga bisa disebabkan oleh faktor manusia, seperti penebangan mangrove dan penambangan pasir yang merusak perlindungan alami pesisir. Abrasi dapat dikenali melalui beberapa ciri-ciri, antara lain penyusutan lebar pantai secara

bertahap, kerusakan pada infrastruktur yang berada di dekat garis pantai, serta perubahan bentuk garis pantai akibat pengikisan yang terus-menerus oleh gelombang (Mitigasi Bencana, 2014). Dijelaskan oleh sumber lain juga, menurut Wikipedia (2024) Abrasi atau pelelasan adalah suatu proses pengikisan pantai yang diakibatkan oleh tenaga gelombang laut dan arus laut atau pasang surut arus laut yang bersifat merusak. Abrasi biasanya disebut juga erosi pantai. Kerusakan garis pantai akibat abrasi ini dipacu oleh terganggunya keseimbangan alam daerah pantai tersebut. Walaupun abrasi bisa disebabkan oleh gejala alami, tetapi manusia sering disebut sebagai penyebab utama abrasi. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya abrasi adalah dengan penanaman hutan bakau. Hutan bakau sangat bermanfaat agar tidak terjadi pengikisan pantai. Pengikisan pantai dapat berakibat daratan sekitarnya tergenang air.

Berdasarkan data dari BNPB yang diambil pada tahun 2024, Indonesia mengalami sejumlah kejadian gelombang pasang dan abrasi yang berdampak besar di wilayah pesisir. Kejadian-kejadian ini menimbulkan kerusakan pada lingkungan dan infrastruktur yang ada, serta mempengaruhi kehidupan masyarakat pesisir. Oleh karena itu, penting untuk menganalisis jarak waktu antara kejadian gelombang pasang dan abrasi untuk memahami pola kapan bencana tersebut terjadi, agar kita bisa lebih siap dalam menghadapi dan mengurangi dampaknya di masa depan (BNPB, 2024).

Analisis survival merupakan analisis data yang diperoleh dari catatan waktu yang dicapai suatu objek sampai terjadinya peristiwa khusus (failure event) (Suhartini, dkk., 2018). Catatan waktu tersebut dapat berupa tahun, bulan, hari, jam, atau menit yang diukur sejak pengamatan dimulai hingga muncul kejadian atau peristiwa (event) (Gayatri, 2005). Analisis survival memiliki tiga faktor penting yaitu waktu ketahanan, kejadian, dan sensor (Maruddani, dkk., 2021). Waktu ketahanan merupakan waktu yang dimiliki objek dari awal penelitian dimulai sampai terjadi event pada objek tersebut. Event atau kejadian yang dimaksud dapat berupa kematian, kesembuhan, kekambuhan, kerusakan alat, insiden penyakit, dan sebagainya. Sementara itu, sensor adalah keadaan ketika objek mengalami beberapa keadaan di antaranya, objek tidak mengalami kejadian selama penelitian, loss to follow up yaitu objek menghilang selama masa penelitian, Withdraw yaitu objek mengundurkan diri dari penelitian, dan objek terpaksa diberhentikan dari penelitian (Maruddani, dkk., 2021).

Terdapat dua jenis sampel dalam analisis data uji hidup atau analisis survival, yaitu : sampel lengkap dan sampel tidak lengkap. Secara umum, terdapat tiga macam jenis penyensoran, yaitu sampel tersensor type I, sampel tersensor type II, dan sampel tersensor type III. Distribusi eksponensial adalah salah satu jenis distribusi kontinu dalam statistika yang merupakan bentuk khusus dari distribusi Gamma. Distribusi eksponensial banyak digunakan dalam pemodelan fungsi pada analisis survival (Ardi Kurniawan, dkk., 2024).

Dalam analisis survival, penyensoran mengacu pada situasi di mana data tidak sepenuhnya terobservasi karena objek yang dianalisis tidak mengalami kejadian selama periode pengamatan, atau pengamatan dihentikan sebelum kejadian terjadi. Terdapat tiga jenis penyensoran utama, diantaranya penyensoran type I (Right Censoring) yaitu data yang dihentikan pengamatannya setelah kejadian yang diukur belum terjadi, penyensoran type II (Left Censoring) yaitu data yang dihentikan karena kejadian yang diukur sudah terjadi sebelum waktu pengamatan dimulai, dan penyensoran type III (Interval Censoring) yaitu data di mana hanya diketahui bahwa kejadian terjadi di antara dua titik waktu tertentu, tetapi tidak diketahui waktu kejadian yang tepat (Ardi Kurniawan, dkk., 2024).

Setelah membahas tentang distribusi eksponensial dan penyensoran dalam analisis survival, kita dapat menggunakan metode Kaplan-Meier untuk mengestimasi fungsi survival tanpa membuat asumsi tentang distribusi data. Menurut Kleinbaum dan Klein (2012), Metode Kaplan-Meier memungkinkan estimasi probabilitas bertahan hidup pada berbagai titik waktu, dengan memperhitungkan data yang tersensor (hal. 89). Dengan menggunakan metode ini, kita

dapat memperoleh kurva yang menggambarkan probabilitas bertahan hidup dalam waktu tertentu, bahkan ketika beberapa individu belum mengalami kejadian yang diamati pada akhir periode observasi.

Beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan metode analisis survival seperti Agustin, dkk. (2020) menggunakan metode Kaplan-Meier untuk menganalisis ketahanan pantai terhadap abrasi akibat gelombang pasang di pesisir Sumatera. Mereka memodelkan waktu ketahanan pantai berdasarkan jenis perlindungan alami seperti hutan mangrove dan menemukan bahwa daerah yang memiliki mangrove memiliki waktu bertahan yang lebih lama sebelum terjadinya abrasi. Dan Pratama & Wibowo (2023) juga menggunakan pendekatan Kaplan-Meier untuk memodelkan waktu kejadian abrasi di pesisir Jawa Timur. Penelitian mereka menunjukkan bagaimana faktor geografis dan pengaruh iklim dapat mempengaruhi ketahanan garis pantai terhadap abrasi, dengan hasil yang berbeda untuk setiap wilayah.

Oleh karena itu, kami tertarik untuk meneliti jarak antar waktu kejadian gelombang pasang dan abrasi karena bencana ini memiliki dampak signifikan terhadap wilayah pesisir di Indonesia, seperti kerusakan infrastruktur, pengikisan lahan, hingga hilangnya mata pencaharian masyarakat. Dengan memanfaatkan metode Kaplan-Meier, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola kejadian bencana secara lebih mendalam, mengingat metode ini mampu memberikan estimasi yang akurat terhadap distribusi waktu antar kejadian tanpa memerlukan asumsi distribusi tertentu. Selain itu, pendekatan ini memungkinkan pengolahan data yang tidak tersensor, seperti data yang kami gunakan dari BNPB, sehingga memberikan hasil yang lebih representatif terhadap dinamika bencana alam di Indonesia.

METODOLOGI

Data pada penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh melalui sumber-sumber yang sudah tersedia, seperti dokumen, laporan, atau data yang dikumpulkan oleh pihak lain (Sugiyono, 2019). Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kejadian gelombang pasang dan abrasi di tahun 2024 yang diperoleh dari laman resmi Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB).

Data yang dianalisis dari penelitian ini adalah waktu Kejadian Gelombang Pasang dan waktu Kejadian Abrasi (tanggal dan waktu) (NOAA, 2024).

Tujuan Penggunaan Data Data digunakan untuk mengestimasi jarak waktu antara kejadian gelombang pasang dan abrasi di wilayah terdampak sepanjang tahun 2024. Tujuan utama adalah untuk mengetahui hubungan temporal antara dua fenomena ini dengan menggunakan pendekatan statistik Kaplan-Meier (Klein, J.P., & Moeschberger, M.L., 2003).

Tabel 1. Data Bencana Gelombang Pasang dan Abrasi di Indonesia pada 2024

NO	Tanggal Kejadian	Lokasi Kejadian	Jarak Waktu Kejadian
			(Hari)
1	06/12/2024	SULAWESI SELATAN	20
2	16/11/2024	SULAWESI UTARA	29
3	18/10/2024	NUSA TENGGARA TIMUR	2
4	16/10/2024	JAWA BARAT	29
5	17/09/2024	SUMATERA UTARA	62

6	17/07/2024	RIAU	9
7	08/07/2024	RIAU	6
8	02/07/2024	MALUKU	34
9	29/05/2024	MALUKU UTARA	1
10	28/05/2024	SUMATERA BARAT	22
11	06/05/2024	PAPUA	52
12	15/03/2024	PAPUA SELATAN	60
13	16/01/2024	PAPUA BARAT	

Langkah-langkah pengolahan data :

1. Data diunduh dari laman GIS BNPB dan validasi data dilakukan untuk menghindari duplikasi atau data kosong.
2. Bersihkan data, ambil kolom bagian tanggal kejadian dan lokasi kejadian.
3. Asumsikan semua kejadian tercatat (status kejadian = 1).
4. Analisis Statistik dengan Kaplan-Meier, masukkan data ke software R dan gunakan waktu antar kejadian untuk analisis.

Hitung probabilitas survival $S(t)$

$$S(t) = \prod_{ti \leq t} \left(1 - \frac{di}{ni}\right) \quad (1)$$

di mana:

- di : jumlah kejadian pada waktu ti ,
- ni : jumlah subjek yang "berisiko" tepat sebelum ti (Maria T. Martin, 2017).

Metode kaplan-Meier

Kaplan-Meier atau yang bisa disebut juga Product-limit diperkenalkan pertama kali oleh Kaplan dan Meier pada tahun 1958 (Muhajir & Palupi, 2017). Metode Kaplan-Meier merupakan hasil modifikasi dari fungsi tahan hidup yang digunakan untuk menangani masalah data tak lengkap (Lawless, 2003). Penanganan data tersensor bisa dilakukan dengan Metode Kaplan-Meier dengan perhitungan yang relatif sederhana. Selain itu, metode Kaplan-Meier dapat digunakan pada data sampel berukuran kecil (Cook, 2008). Kelebihan metode Kaplan-Meier yakni dapat memberikan proporsi ketahanan hidup yang pasti sebab metode ini menggunakan waktu ketahanan hidup secara tepat sehingga diperoleh data yang lebih akurat bukan berdasarkan interval. Analisis Kaplan-Meier digunakan untuk mengestimasi fungsi survival kemudian dari estimasi fungsi survival dapat dibentuk kurva survival Kaplan-Meier (Suhartini, dkk., 2018). Metode Kaplan-Meier dapat digunakan untuk membandingkan dua atau lebih data tahan hidup berdasarkan kurva estimasi fungsi survival. Salah satu pengujian atau perbandingan antara dua kurva survival atau lebih untuk data yang memiliki data tersensor adalah Log-Rank. Studi kasus pada penelitian ini cocok untuk menggunakan metode Kaplan-Meier. Hal tersebut disebabkan oleh metode Kaplan-Meier yang bersifat fleksibel daripada analisis survival lainnya karena analisis survival yang bersifat parametrik harus mengidentifikasi data masuk ke dalam suatu distribusi (Khoiri, 2018). Kaplan-Meier merupakan analisis statistik yang bersifat non parametrik sehingga tidak menggunakan asumsi pada parameter populasi datasetnya. Selain itu, data nyata yang ada pada lapangan umumnya bersifat data tidak lengkap atau terdapat data tersensor. Berdasarkan pernyataan Maruddani, dkk., (2021), misalkan terdapat data n objek dengan data tahan hidup yang telah diurutkan dari

waktu event terkecil ke waktu event terbesar yakni $t(1) \leq t(2) \leq \dots \leq t(n)$, maka fungsi survival pada saat $t(i)$: $S(t(i)) = \frac{n-i}{n} = 1 - \frac{i}{n}$ dengan $n - i$ adalah jumlah objek yang tidak mengalami event atau survive lebih dari waktu $t(i)$. Untuk data lengkap, setiap objek masih hidup pada saat awal studi, dan tidak ada yang masih hidup lebih dari waktu (n) maka $S(t(0)) = 1$ dan $S(t(n)) = 0$. Metode di atas hanya dapat diaplikasikan jika seluruh objek mengalami event. Metode Kaplan-Meier dapat dilakukan untuk data yang memuat data tersensor yakni kondisi ketika terdapat objek yang tidak mengalami event sampai dengan waktu akhir penelitian. Berikut merupakan ilustrasi dari metode Kaplan-Meier. Simbol atau keterangan yang harus dipahami pada ilustrasi:

t_0 = awal dari masa penelitian

t_1 = titik terjadinya event untuk pertama kali

t_2 = titik terjadinya event untuk kedua kali

t_3 = titik terjadinya event untuk ketiga kali

t_i = titik terjadinya event untuk ke- i kali, dengan $i = 0, 1, 2, 3, \dots$

R_i = himpunan yang berisi objek yang beresiko mengalami event di titik waktu t , dengan $i = 0, 1, 2, \dots$

Y_i = banyaknya anggota dari R , dengan $i = 0, 1, 2, \dots$

m = banyaknya sampel pada penelitian S

d_i = banyaknya objek yang mengalami kejadian pada waktu t_i

c_i = banyaknya objek tersensor pada waktu t_i

$\Pr(T > t_i)$ = peluang tahan hidup suatu objek setelah sampai dan melewati t_i

$\Pr(T > t_{i+1} | T > t_i)$ = peluang bersyarat tahan hidup suatu objek setelah melewati t_{i+1} dan t_i

$S(t_i) = \Pr(T > t_i)$ = fungsi tahan hidup atau survival pada t_i

Alat Analisis

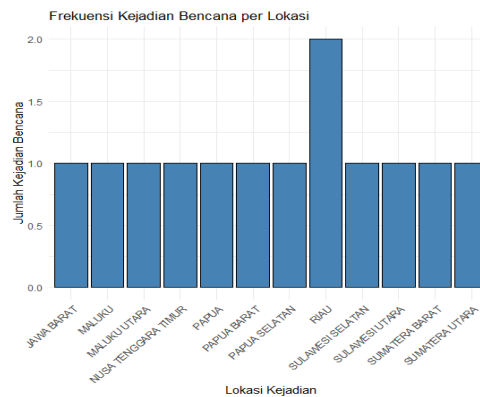
Alat analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah perangkat lunak statistik yang mendukung analisis Kaplan-Meier, seperti R (Software). Menggunakan R untuk analisis Kaplan-Meier (Therneau, T. M., & Grambsch, P. M., 2000).

Data yang digunakan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang diperoleh dari platform GIS BNPB untuk kejadian gelombang pasang dan abrasi pada tahun 2024 (GIS BNPB, 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data kejadian gelombang pasang dan abrasi di Indonesia yang diperoleh dari laman resmi Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Data ini mencakup tanggal kejadian, lokasi, dan jarak waktu antar kejadian.



Gambar 1. Frekuensi Kejadian Gelombang Pasang dan Abrasi di Indonesia

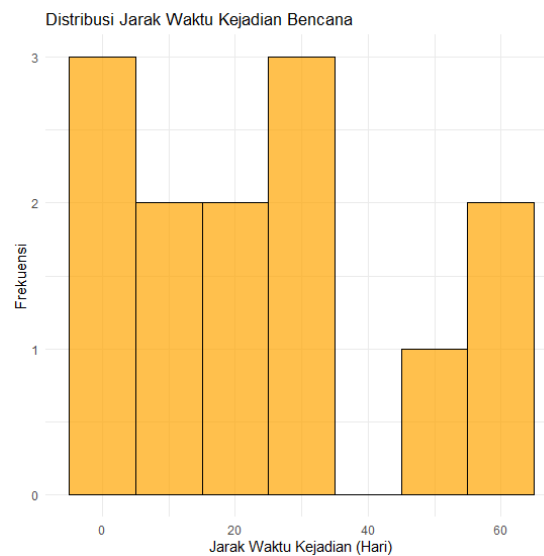
Grafik di atas menunjukkan frekuensi kejadian bencana gelombang pasang dan abrasi yang tersebar di beberapa lokasi di Indonesia berdasarkan data yang diolah menggunakan software R. Lokasi yang dianalisis meliputi wilayah Jawa Barat, Maluku, Maluku Utara, Papua, Nusa Tenggara Timur, dan beberapa wilayah lainnya. Frekuensi yang ditampilkan pada sumbu y merepresentasikan jumlah kejadian bencana, sementara sumbu x menunjukkan lokasi kejadian.

Dari hasil analisis, terlihat bahwa wilayah Riau memiliki frekuensi kejadian yang lebih tinggi dibandingkan wilayah lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa Riau lebih sering mengalami kejadian bencana gelombang pasang dan abrasi dibandingkan wilayah lain yang tercantum. Sebaliknya, wilayah-wilayah lainnya seperti Sulawesi Selatan, Nusa Tenggara Timur, dan Sumatera Utara menunjukkan frekuensi kejadian yang relatif sama, yaitu mendekati angka 1.

Hasil ini memberikan informasi penting dalam konteks estimasi jarak waktu kejadian gelombang pasang dan abrasi di berbagai wilayah di Indonesia. Dengan menggunakan pendekatan Kaplan-Meier, analisis dapat dilanjutkan untuk memperkirakan pola distribusi waktu antara kejadian-kejadian tersebut di wilayah dengan frekuensi yang berbeda.

Faktor-faktor seperti kondisi geografis, perubahan iklim, dan aktivitas manusia di wilayah tertentu dapat memengaruhi frekuensi kejadian bencana. Sebagai contoh, wilayah Riau yang mencatat frekuensi tertinggi mungkin disebabkan oleh perubahan lingkungan pesisir atau aktivitas industri yang memperparah risiko abrasi dan gelombang pasang.

Penting untuk melakukan kajian lebih lanjut guna memahami hubungan antara lokasi geografis dan risiko bencana. Pemahaman ini dapat menjadi dasar dalam merumuskan strategi mitigasi bencana yang lebih efektif, terutama untuk wilayah dengan frekuensi kejadian tinggi seperti Riau.

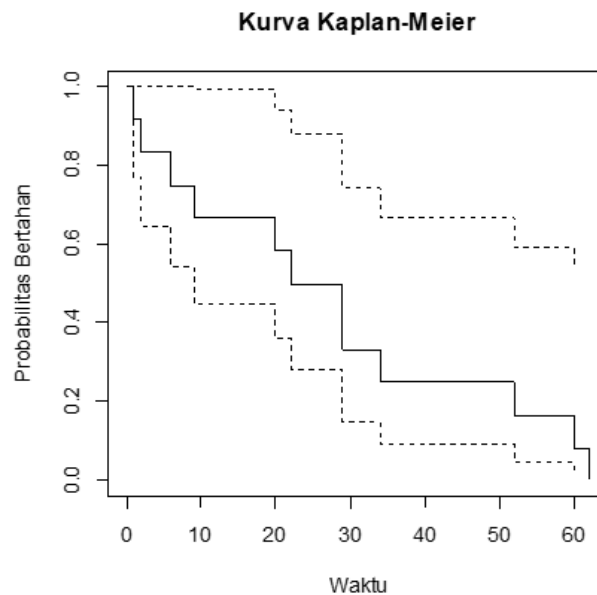


Gambar 2. Distribusi Jarak Waktu Kejadian Gelombang Pasang dan Abrasi di Indonesia

Histogram di atas menggambarkan distribusi jarak waktu antar kejadian bencana di Indonesia, diukur dalam satuan hari. Grafik ini memperlihatkan frekuensi kejadian pada interval jarak waktu tertentu, dengan sumbu x menunjukkan jarak waktu (hari) dan sumbu y menunjukkan jumlah kejadian bencana. Dari histogram, dapat diidentifikasi beberapa pola berikut :

1. Interval 0–10 hari dan 20–30 hari memiliki frekuensi tertinggi, masing-masing sebanyak 3 kejadian. Hal ini menunjukkan bahwa bencana cenderung lebih sering terjadi dengan selang waktu yang singkat di antara kejadian-kejadian tersebut.
2. Interval 30–40 hari memiliki frekuensi terendah, yaitu 1 kejadian. Ini mengindikasikan bahwa jarak waktu lebih lama antara dua kejadian relatif jarang terjadi.
3. Frekuensi mulai meningkat kembali pada interval 60–70 hari, dengan jumlah 2 kejadian.

Distribusi ini memberikan gambaran awal tentang pola waktu kejadian bencana. Hasil ini relevan dalam analisis survival menggunakan pendekatan Kaplan-Meier, di mana distribusi jarak waktu ini dapat digunakan untuk mengestimasi fungsi survival, yaitu probabilitas bahwa suatu wilayah tidak mengalami bencana dalam jangka waktu tertentu.



Gambar 3. Kurva Kaplan-Meier

Berdasarkan hasil output 3, diperoleh kurva yang menunjukkan probabilitas bertahan terhadap waktu. Sumbu X pada grafik merepresentasikan waktu dalam satuan tertentu, yang dalam penelitian ini mengacu pada jarak waktu antar kejadian gelombang pasang dan abrasi. Sementara itu, sumbu Y merepresentasikan probabilitas bertahan, yaitu peluang bahwa kejadian belum terjadi hingga waktu tertentu. Pada awal waktu ($t = 0$), probabilitas bertahan dimulai dari 1 (100%), yang menunjukkan bahwa semua kejadian belum terjadi. Seiring berjalannya waktu, kurva Kaplan-Meier menurun secara bertahap, menandakan bahwa semakin banyak kejadian yang tercatat dalam periode waktu tertentu.

Kurva ini merepresentasikan jarak waktu antar kejadian, di mana setiap penurunan menunjukkan waktu saat gelombang pasang atau abrasi terjadi. Pola penurunan ini menunjukkan bahwa kejadian-kejadian tersebut tidak berlangsung secara merata dalam waktu, dengan beberapa kejadian terjadi dalam interval waktu yang berdekatan, sementara yang lain memiliki selang waktu yang lebih panjang. Selain itu, garis putus-putus pada grafik menggambarkan interval kepercayaan (confidence interval) untuk probabilitas bertahan, yang menunjukkan tingkat ketidakpastian estimasi pada setiap waktu tertentu.

Dengan menggunakan data kejadian bencana gelombang pasang dan abrasi dari BNPB, yang mencakup tanggal kejadian tanpa adanya data tersensor, kurva Kaplan-Meier berhasil menggambarkan pola penurunan probabilitas bertahan secara rinci. Metode Kaplan-Meier ini mampu memberikan estimasi objektif tanpa memerlukan asumsi distribusi tertentu, sehingga memungkinkan penelitian untuk memberikan wawasan yang lebih akurat terkait pola kejadian bencana. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat membantu pengambil kebijakan dalam menyusun strategi mitigasi bencana, seperti penjadwalan intervensi yang lebih terarah berdasarkan pola kejadian. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan dalam memahami dan mengelola risiko gelombang pasang dan abrasi di wilayah Indonesia.

KESIMPULAN

Penelitian ini mengeksplorasi hubungan antara gelombang pasang dan abrasi di Indonesia sepanjang tahun 2024, dengan fokus pada estimasi jarak waktu antar kejadian menggunakan metode Kaplan-Meier. Gelombang pasang dan abrasi adalah fenomena alam yang

berdampak besar pada ekosistem pesisir, ekonomi, dan kehidupan masyarakat. Gelombang pasang dipengaruhi oleh gravitasi bulan dan matahari, sementara abrasi disebabkan oleh kekuatan gelombang yang mengikis garis pantai, yang juga diperparah oleh aktivitas manusia. Metode Kaplan-Meier digunakan untuk menganalisis data survival, yang memungkinkan estimasi pola temporal antara gelombang pasang dan abrasi. Metode ini cocok untuk data dengan ukuran sampel kecil dan data tersensor. Dari hasil analisis Bencana gelombang pasang dan abrasi terjadi lebih sering di wilayah tertentu seperti Riau. Jarak waktu antar kejadian bencana bervariasi dari 1 hingga 60 hari, dengan sebagian besar terjadi dalam interval waktu singkat (<10 hari). Probabilitas bertahan terhadap bencana menurun signifikan pada hari ke-30, menunjukkan periode intensitas kejadian yang tinggi.

Penelitian ini memberikan wawasan penting untuk mengembangkan strategi mitigasi bencana, seperti sistem peringatan dini dan pengelolaan pesisir yang lebih baik. Hubungan erat antara gelombang pasang dan abrasi menekankan perlunya tindakan preventif, seperti penanaman mangrove dan pengendalian aktivitas manusia di kawasan pesisir. Secara keseluruhan, penelitian ini menyoroti pentingnya analisis data berbasis waktu dalam memahami dinamika bencana alam, guna melindungi ekosistem pesisir dan meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat terhadap ancaman bencana.

Referensi

- Agustin, M., Hidayat, D., & Iskandar, M. (2020). Analisis survival terhadap ketahanan pantai di pesisir Sumatera akibat gelombang pasang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12(1), 67-78.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2024). Geoportal Data Bencana Indonesia. Diakses dari <https://gis.bnpb.go.id/>.
- BPBD Kabupaten Buleleng. (2024). Gelombang pasang dan upaya mitigasinya. Diakses dari https://bpbd.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/98_gelombang-pasang-dan-upaya-mitigasinya.
- Cook, A., 2008. Kaplan Meier Estimate of S(t). National University of Singapore. Singapore.
- Gayatri, D., 2005. Mengenal Analisis Ketahanan (Survival Analysis). *Jurnal Keperawatan Indonesia*, Vol. 9, No. 1. <https://doi.org/10.7454/jki.v9i1.158>.
- Gramedia. (2021). Pengertian abrasi: Penyebab, dampak, dan cara mengatasinya. Diakses dari <https://www.gramedia.com/literasi/pengertian-abrasi/>.
- Khoiri, H., 2018. Analisis Data Survival dengan Survival Least Square-Svm (Studi Simulasi dan Studi Kasus Pasien Kanker Serviks). Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kleinbaum, D. G., & Klein, M. (2012). *Survival Analysis: A Self-Learning Text* (3rd ed.). Springer.
- Klein, J. P., & Moeschberger, M. L. (2003). *Survival Analysis: Techniques for Censored and Truncated Data* (2nd ed.). New York: Springer. Diakses dari <https://www.amazon.com/Survival-Analysis-Techniques-Truncated-Statistics/dp/038795399X>.
- Kurniawan, A., Previaan, A. T., & Nurrohman, Z. I. (2023). Survival function and hazard function analysis of exponential distribution in type I censored survival data: A case study of breast cancer patients. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 17(3), 1795-1802. <https://doi.org/10.30598/barekengvol17iss3pp1795-1802>.
- Lawless, J. F., 2003. *The Statistical Analysis of Recurrent Event*. Springer Science+Business Media Inc, New York.

- Martin, M. T. (2017). *Survival Analysis: A Practical Approach*. New York: Wiley. Diakses dari <https://www.wiley.com/en-us/Survival+Analysis%3A+A+Practical+Approach-p-9781119212475>.
- Maruddani, dkk., 2021. *Survival Analysis*. UNDIP Press Semarang, Semarang.
- Mitigasi Bencana. (2014). Abrasi: Penyebab, ciri-ciri, dan dampaknya. Diakses dari https://www.mitigasi-bencana.com/?page_id=132.
- Muhajir, M., & Palupi, Y. D., 2018. Analisis Survival terhadap Pasien Diare Anak Menggunakan Metode Kaplan Meier dan Uji Log Rank. *Jurnal Ilmu-Ilmu MIPA*, Vol. 18, No. 1, 74-84.
- NOAA. (2024). Laporan waktu kejadian gelombang pasang dan abrasi. Diakses dari NOAA Website.
- Pratama, R. & Wibowo, D. (2023). Penggunaan analisis survival untuk memodelkan waktu kejadian abrasi di pesisir Jawa Timur. *Jurnal Mitigasi Bencana*, 8(2), 103-116.
- Sugiyono. (2019). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Diakses dari <https://repository.stei.ac.id/1537/4/BAB%203.pdf>.
- Suhartini, A., Rahmawati, R., & Suparti, S., 2018. Analisis Kurva Survival Kaplan Meier Menggunakan Uji Log Rank (Studi Kasus :Pasien Penyakit Jantung Koroner di RSUD Undata Palu). *Jurnal Gaussian*, Vol.7, No. 1, 33-42. <https://doi.org/10.14710/j.gauss.7.1.33-42>.
- Therneau, T. M., & Grambsch, P. M. (2000). *Modeling Survival Data: Extending the Cox Model*. New York: Springer. Diakses dari <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4757-3294-8>.
- Wikipedia. (2024). Abrasi. Diakses dari <https://id.m.wikipedia.org/wiki/Abrasi>.