



Analisis Kerusakan Sistem Wilayah Pantai Likupang Di Kabupaten Minahasa Utara

Chintia J. Wauran^{#a}, Jeffry D. Mamoto^{#b}, M. Ihsan Jasin^{#c}

^{#a}Program Studi Teknik Sipil, Universitas SamRatulangi, Manado, Indonesia
^achintiacjw@gmail.com, ^bjeffrymamoto@unsrat.ac.id, ^csanyjasin02@yahoo.com

Abstrak

Terciptanya suatu pantai di kaitkan dengan Sistem Pantai, dimana dalam kesatuan sistem tersebut terdapat berbagai proses-proses yang tujuan akhir atau hasil akhir dari proses ini adalah pembentukan pantai itu sendiri. Kabupaten Minahasa Utara memiliki banyak pantai yang di sanjung keindahan alamnya. Diantaranya ada Pantai Bahoi yang terletak di kecamatan Likupang Barat dan Pantai Surabaya yang terletak di Kecamatan Likupang Timur. Kedua pantai memiliki kepentingan yang berbeda. Pantai Bahoi yang wilayah pesisirnya di jadikan pemukiman oleh masyarakat sekitar. Sedang Pantai Surabaya menjadi salah satu tempat wisata domestik. Akan tetapi, diketahui dari penelitian mulai terjadi kerusakan pada daerah pantai tersebut. Dari studi literatur yang dilakukan, di ketahui bahwa penyebab utama kerusakan adalah abrasi yang menyebabkan penyusutan garis pantai. Kemudian di perparah dengan gelombang tinggi. Perlu dilakukan analisis Prioritas penanganan terhadap kerusakan pantai yang terjadi. Dilakukan dengan observasi lapangan serta studi literatur. Hasil yang di dapat menunjukkan total nilai bobot tingkat kepentingan masing-masing 150 untuk Pantai Bahoi dan 125 untuk Pantai Surabaya, Dimana keduanya masuk dalam kelas “D 76-150 kurang diutamakan” Akan tetapi Pantai Bahoi merupakan daerah pemukiman, yang di prediksi kedepannya akan terus bertambah populasi penduduknya serta bangunan-bangunan bagi kepentingan masyarakat disana, maka Pantai Bahoi menjadi Prioritas utama untuk penanganan kerusakan pantai.

Kata kunci: sistem pantai, abrasi, prioritas penanganan terhadap kerusakan pantai

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Perbedaan antara wilayah pesisir dan pantai disebutkan di dalam Undang-undang No. 27 Tahun 2007. Wilayah Pesisir adalah daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut. Pantai umum merupakan bagian dari kawasan pemanfaatan umum yang telah dipergunakan masyarakat antara lain untuk kepentingan kegiatan sosial, budaya, rekreasi pariwisata, olah raga, dan ekonomi.

Kecamatan Likupang di Kabupaten Minahasa Utara memiliki beberapa pantai; diantaranya adalah Pantai Bahoi di Kecamatan Likupang Barat dan Pantai Surabaya di Kecamatan Likupang Timur. Kedua pantai tersebut memiliki berbagai kepentingan masyarakat yang di laksanakan disana. Diketahui dari penelitian sebelumnya oleh Faron V. H. Sumampouw (2023) dan Renaldo W. Lumy (2023) mulai terjadi kerusakan pada daerah pantai tersebut.

Perubahan garis pantai adalah suatu proses yang berlangsung terus menerus melalui pelbagai proses baik pengikisan (abrasi) maupun penambahan (akresi) yang diakibatkan oleh pergerakan sedimen, arus susur (longshore current), tindakan ombak dan penggunaan tanah (Vreugdenhil, 1999 dalam Arief et.al., 2011).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah sebagai berikut:

- Apa itu sistem pantai?
- Apa faktor yang menyebabkan kerusakan pantai pada daerah tinjauan?
- Bagaimana menentukan tingkat prioritas penanganan kerusakan pantai di wilayah Likupang Kabupaten Minahasa Utara?

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian di batasi hanya pada kerusakan wilayah pantai dan penentuan tingkat prioritas penanganan kerusakan pantai pada daerah tinjauan yaitu Pantai Bahoi, Kecamatan Likupang Barat Kabupaten Minahasa Utara, dan Pantai Surabaya, Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara. Serta perolehan data bersumber dari data sekunder dengan mengabaikan faktor-faktor bencana alam seperti tsunami, gempa, dan lain-lain.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah maka, tujuan yang ingin di capai dalam penelitian tugas akhir ini ialah untuk mengetahui tingkat kerusakan dan prioritas penanganan pantai di wilayah Likupang Kabupaten Minahasa Utara.

1.5 Manfaat Penelitian

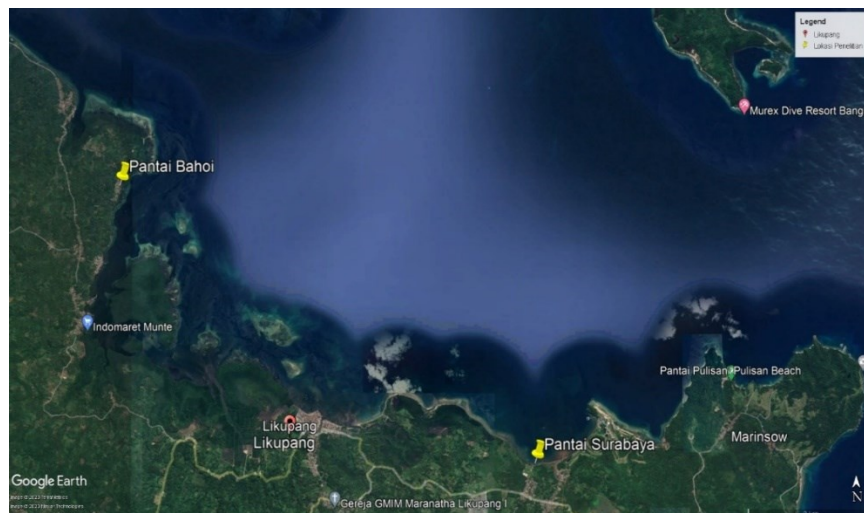
Manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini adalah:

- Memperoleh informasi ilmiah pada lokasi-lokasi penelitian, yaitu pantai-pantai yg dianggap paling kritis kerusakannya
- Sebagai informasi *data base* mengenai Analisis Sistem Pantai Di Kabupaten Minahasa Utara
- Sebagai masukan dalam mengembangkan penelitian tentang kerusakan pantai
- Sebagai referensi kepada pemerintah dalam pengelolaan wilayah pesisir pantai wilayah Kabupaten Minahasa Utara

2. Metode Penelitian

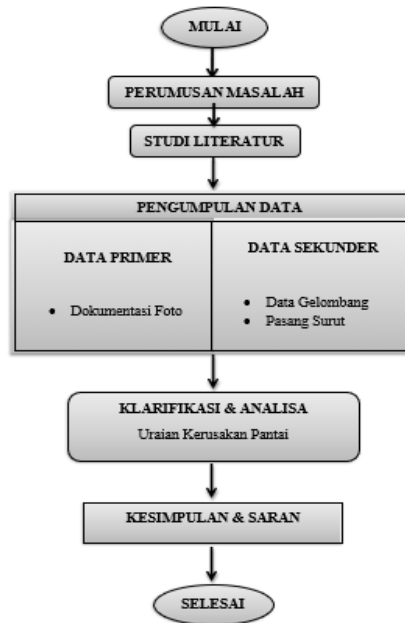
2.1 Lokasi Penelitian

- Pantai Bahoi Kecamatan Likupang Barat, Minahasa Utara yang secara geografis berada $01^{\circ}43'13''N$ dan $125^{\circ}01'09''E$
- Desa Wineru Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara. Secara Geografis terletak di $1^{\circ}39'43''N$ $125^{\circ}06'26''E$



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Sumber: Google Earth)

2.2 Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Gelombang dan Periode Signifikan

3.1.1 Pantai Bahoi Kecamatan Likupang Barat

Berdasarkan perhitungan gelombang yang di ambil berdasarkan data sekunder di pantai Bahoi kecamatan likupang barat di dapatkan tinggi gelombang dan periode gelombang signifikan, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Arah, Tinggi dan Periode Dari Masing-Masing Fetch Berdasarkan Hindcasting Gelombang Tahun 2018-2022

Bulan	H - T	Arah Datang Gelombang				Max Tiap Bulan	
		NE	E	SE	S	Arah	H - T
JANUARI	H (m)		0.625	0.235	0.131	E	0.625
	T (det)		3.847	1.883	1.362		3.847
FEBRUARI	H (m)	0.094		0.211		SE	0.211
	T (det)	0.997		1.830			1.830
MARET	H (m)		0.683	0.213	0.124	E	0.683
	T (det)		3.939	1.834	1.344		3.939
APRIL	H (m)		0.532	0.191	0.120	E	0.532
	T (det)		3.684	1.782	1.331		3.684
MEI	H (m)			0.163	0.112	SE	0.163
	T (det)			1.707	1.308		1.707
JUNI	H (m)			0.168	0.127	SE	0.168
	T (det)			1.723	1.350		1.723
JULI	H (m)			0.192	0.139	SE	0.192
	T (det)			1.783	1.386		1.783
AGUSTUS	H (m)				0.155	S	0.155
	T (det)				1.425		1.425
SEPTEMBER	H (m)				0.155	S	0.155
	T (det)				1.425		1.425
OKTOBER	H (m)			0.188	0.128	SE	0.188
	T (det)			1.775	1.353		1.775
NOVEMBER	H (m)			0.122		SE	0.122
	T (det)			1.336			1.336
DESEMBER	H (m)				0.154	S	0.154
	T (det)				1.422		1.422
MAX TIAP ARAH	H (m)	0.094	0.683	0.235	0.155	E	0.683
	T (det)	0.997	3.939	1.883	1.425		3.939

(Sumber: Perencanaan Pengaman Pantai di Pantai Bahoi Likupang Barat, FVH Sumampouw, 2023)

Didapat pada Bulan Maret arah Timur paling maksimum dengan:

Tinggi Gelombang (H) = 0,683 meter

Periode Gelombang (T) = 3,939 detik

3.1.2 Pantai Surabaya Kecamatan Likupang Timur

Berdasarkan perhitungan gelombang yang di ambil berdasarkan data sekunder di pantai Surabaya kecamatan likupang timur di dapatkan tinggi gelombang dan periode gelombang signifikan, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Arah, Tinggi dan Periode Dari Masing-Masing *Fetch* Berdasarkan *Hindcasting* Gelombang Tahun 2018-2022

Bulan	H - T	Arah Datang Gelombang				Max Tiap Bulan	
		NE	E	SE	S	Arah	H - T
JANUARI	H (m)					E	0.000
	T (det)						0.000
FEBRUARI	H (m)	0.561				SE	0.561
	T (det)	3.268					3.268
MARET	H (m)					E	0.000
	T (det)						0.000
APRIL	H (m)					E	0.000
	T (det)						0.000
MEI	H (m)					SE	0.000
	T (det)						0.000
JUNI	H (m)					SE	0.000
	T (det)						0.000
JULI	H (m)					SE	0.000
	T (det)						0.000
AGUSTUS	H (m)					S	0.000
	T (det)						0.000
SEPTEMBER	H (m)					S	0.000
	T (det)						0.000
OKTOBER	H (m)					SE	0.000
	T (det)						0.000
NOVEMBER	H (m)					SE	0.000
	T (det)						0.000
DESEMBER	H (m)					S	0.000
	T (det)						0.000
MAX TIAP ARAH	H (m)	0.561	0.000	0.000	0.000	NE	0.561
	T (det)	3.268	0.000	0.000	0.000		3.268

(Sumber: Perencanaan Pengaman Pantai di Pantai Surabaya Likupang Timur, Kabupaten Minahasa Utara, RW Lumy, 2023)

Didapat pada Bulan Maret arah Timur paling maksimum dengan:

Tinggi Gelombang (H) = 0,561 meter

Periode Gelombang (T) = 3,268 detik

3.2 Pasang Surut

3.2.1 Pantai Bahoi Kecamatan Likupang Barat

Berdasarkan perhitungan pasang surut yang di ambil berdasarkan data sekunder di pantai Bahoi kecamatan likupang barat di dapatkan tipe pasang surut di pantai bahoi.

Dibawah ini adalah perhitungan untuk tipe pasang surut yang ada di lokasi pengukuran , yaitu di Pantai Bahoi, Kecamatan Likupang Barat, Minahasa Utara, berdasarkan data pasang surut yang tertera pada Tabel 3 dan Gambar 4.

Tabel 3. Komponen Pasang Surut Hasil Analisis untuk Lokasi Pengukuran di Pantai Bahoi Likupang Barat

	SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A cm	120	32	26	6	23	13	1	4	7	8
g°	0.00	52.6	215.3	301.7	324.0	50.6	3.9	243.9	215.3	324.0

(Sumber: Perencanaan Pengaman Pantai di Pantai Bahoi Likupang Barat, FVH Sumampouw, 2023)

Berdasarkan komponen-komponen Pasang Surut yang didapat dari hasil analisis dengan menggunakan metode *Admiralty* maka dapat ditentukan tipe pasang surut yang terjadi di Bahoi,

Likupang Barat dengan menggunakan angka pasang surut “F” (*tide form number “Formzahl”*). Dimana F ditentukan sebagai berikut:

$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2} = \frac{23 + 13}{52.60 + 215.3} = 0.135$$

Pasang Surut termasuk tipe harian ganda (*semi diurnal tide*) dengan nilai **F<0,25**, dimana **F= 0,135**

Tabel 4. Elevasi Muka Air

Elevasi Muka Air	Satuan	Data
HHWL	cm	239.75
HWL	cm	210.00
MHWL	cm	177.90
MSL	cm	119.56
MLWL	cm	61.21
LLWL	cm	50.00
Z0	cm	120.19

(Sumber: Perencanaan Pengaman Pantai di Pantai Bahoi Likupang Barat, FVH Sumampouw,2023)

3.2.2 Pantai Surabaya Kecamatan Likupang Timur

Berdasarkan perhitungan pasang surut yang di ambil berdasarkan data sekunder di pantai Surabaya kecamatan likupang timur di dapatkan tipe pasang surut di Pantai Surabaya. Di bawah ini adalah hitungan untuk tipe pasang surut yang ada di lokasi pengukuran, yaitu di Pantai Surabaya, Kecamatan Likupang Timur, Minahasa, berdasarkan data pasang surut yang tertera pada Tabel 5.

Tabel 5. Komponen Pasang Surut Hasil Analisis untuk Lokasi Pengukuran di Pantai Surabaya Likupang Timur

	SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A cm	189	128	51	15	29	27	0	13	14	10
g ^o	0.00	52.6	215.3	301.7	324.0	50.6	3.9	243.9	215.3	324.0

(Sumber: Perencanaan Pengaman Pantai di Pantai Surabaya Likupang Timur, Kabupaten Minahasa Utara, RW Lumy,2023)

$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2} = \frac{29 + 27}{128 + 51} = 0.21$$

Berdasarkan komponen-komponen Pasang Surut yang didapat dari hasil analisis dengan menggunakan metode *Admiralty* maka dapat ditentukan tipe pasang surut yang terjadi di pantai Surabaya dengan menggunakan angka pasang surut “F” (*tide form number “Formzahl”*). Dimana F ditentukan sebagai berikut:

Pasang surut termasuk harian ganda (*semi diurnal tide*) dengan nilai **F < 0.25** dimana **F= 0,21**.

3.3 Rekapitulasi Faktor Penyebab Kerusakan Pantai

Rekapitulasi faktor penyebab kerusakan di Pantai Bahoi dan Pantai Surabaya ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 6. Elevasi Muka Air

Elevasi Muka Air	Satuan	Data
HHWL	cm	350
MHWL	cm	343.32
MSL	cm	189
MLWL	cm	35.62
LLWL	cm	30
Range	cm	307.70

(Sumber: Perencanaan Pengaman Pantai di Pantai Surabaya Likupang Timur, Kabupaten Minahasa Utara, RW Lumy, 2023)

Tabel 7. Rekapitulasi Faktor Penyebab Kerusakan Pantai

Lokasi Penelitian	Periode Gelombang (T) (detik)	Tinggi Gelombang (H) (m)	Pasang Surut Tertinggi (HHWL) (cm)
Pantai Bahoi	3,939	0,683	239.75
Pantai Surabaya	3,628	0,561	343.32

3.4 Rekapitulasi Faktor Penyebab Kerusakan Pantai

3.4.1 Pantai Bahoi Kecamatan Likupang Barat

Tabel 8. Koefisien Bobot Tingkat Kepentingan

No.	Jenis pemanfaatan ruang	Skala kepentingan	Koefisien bobot tingkat kepentingan (f)
1	Konservasi warisan dunia (seperti pura Tanah Lot)	Internasional	2,0
2	Pariwisata yang mendatangkan devisa, tempat ibadah, tempat usaha, industri, fasilitas pertahanan dan keamanan, daerah perkotaan, jalan negara, bandar udara, pelabuhan, pulau-pulau terluar	Kepentingan Negara	1,75
3	Pariwisata domestik, tempat ibadah, tempat usaha, industri, fasilitas pertahanan dan keamanan, daerah perkotaan, jalan provinsi, bandar udara, pelabuhan	Kepentingan Provinsi	1,50
4	Pariwisata domestik, tempat ibadah, tempat usaha, industri, fasilitas pertahanan dan keamanan, daerah perkotaan, jalan kabupaten, bandar udara, pelabuhan	Kepentingan Kabupaten/Kota	1,25
5	Pemukiman, pasar desa, jalan desa, tempat ibadah	Kepentingan lokal terkait dengan penduduk dan kegiatan perekonomian	1,00
6	Lahan pertanian (perkebunan, persawahan dan pertambakan) rakyat	Kepentingan lokal terkait dengan pertanian	0,75
7	Lahan tidak dimanfaatkan dan tidak berdampak ekonomis dan lingkungan	Tidak ada kepentingan tertentu dan tidak berdampak	0,50

Pembobotan tingkat kepentingan disajikan dalam tabel berupa koefisien bobot tingkat kepentingan, seperti terlihat pada Tabel 1. Maka didapatkan koefisien bobot tingkat kepentingan untuk Pantai Bahoi 1.00 karena lokasi penelitian termasuk pemukiman dan kepentingan lokal terkait dengan penduduk dan kegiatan perekonomian.

3.4.2 Pantai Surabaya Kecamatan Likupang Timur

Tabel 9. Koefisien Bobot Tingkat Kepentingan

No.	Jenis pemanfaatan ruang	Skala kepentingan	Koefisien bobot tingkat kepentingan (f)
1	Konservasi warisan dunia (seperti pura Tanah Lot)	Internasional	2,0
2	Pariwisata yang mendatangkan devisa, tempat ibadah, tempat usaha, industri, fasilitas pertahanan dan keamanan, daerah perkotaan, jalan negara, bandar udara, pelabuhan, pulau-pulau terluar	Kepentingan Negara	1,75
3	Pariwisata domestik, tempat ibadah, tempat usaha, industri, fasilitas pertahanan dan keamanan, daerah perkotaan, jalan provinsi, bandar udara, pelabuhan	Kepentingan Provinsi	1,50
4	Pariwisata domestik, tempat ibadah, tempat usaha, industri, fasilitas pertahanan dan keamanan, daerah perkotaan, jalan kabupaten, bandar udara, pelabuhan	Kepentingan Kabupaten/Kota	1,25
5	Permukiman, pasar desa, jalan desa, tempat ibadah	Kepentingan lokal terkait dengan penduduk dan kegiatan perekonomian	1,00
6	Lahan pertanian (perkebunan, persawahan dan pertambakan) rakyat	Kepentingan lokal terkait dengan pertanian	0,75
7	Lahan tidak dimanfaatkan dan tidak berdampak ekonomis dan lingkungan	Tidak ada kepentingan tertentu dan tidak berdampak	0,50

Pembobotan tingkat kepentingan disajikan dalam tabel berupa koefisien bobot tingkat kepentingan, seperti terlihat pada Tabel 2. Maka didapatkan koefisien bobot tingkat kepentingan untuk Pantai Surabaya 1.25 karena lokasi penelitian termasuk tempat pariwisata domestik pemukiman, kepentingan lokal terkait dengan penduduk dan kegiatan perekonomian.

3.5 Analisa Kerusakan Wilayah Pantai Tinjauan

Penelitian ini hanya menilai jenis kerusakan lingkungan dan erosi/abrasi dan kerusakan dan kegagalan bangunan.

Rumus Perhitungan penentuan kelas prioritas.

PKP = Total Bobot per lokasi x koefisien bobot

$$= (100 + 50) \times 1 = 150$$

Hasil perhitungan penilaian kerusakan lingkungan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Penilaian Kerusakan Lingkungan

Lokasi	Kriteria	Bobot Kerusakan		Penentuan Kelas Prioritas
		Lingkungan	Koef Bobot Kepentingan	
Bahoi	Rusaknya Pemukiman	100	1	150
	Rusaknya Fasilitas Umum	50		
Surabaya	Rusaknya Pemukiman	50	1.25	125
	Rusaknya Fasilitas Umum	50		

Hasil perhitungan Penilaian Erosi / Abrasi dan kerusakan bangunan dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Penilaian Erosi / Abrasi dan Kerusakan Bangunan

Lokasi	Kriteria	Bobot Kerusakan		Penentuan Kelas Prioritas
		Lingkungan	Koef Bobot Kepentingan	
Bahoi	Mundurinya Garis Pantai	50	1	150
	Berfungsi Tidaknya Bangunan	100		
Surabaya	Mundurinya Garis Pantai	50	1.25	125
	Berfungsi Tidaknya Bangunan	50		

Berikut ini merupakan hasil penentuan tingkat kerusakan pantai tinjauan.

Tabel 12. Penentuan Tingkat Kerusakan Lingkungan

Lokasi	Penentuan Kelas Prioritas	Tingkat Kerusakan
Bahoi	150	B
Surabaya	125	S

Tabel 13. Penentuan Tingkat Kerusakann Erosi /Abrasi dan Kerusakan Bangunan

Lokasi	Penentuan Kelas Prioritas	Tingkat Kerusakan
Bahoi	150	B
Surabaya	125	S

3.6 Penentuan Urutan Prioritas Berdasarkan Tingkat Kerusakan

Tabel 14. Penentuan Urutan Prioritas Berdasarkan Tingkat Kerusakan

No	Kelas prioritas	Nilai bobot	Keterangan
1	A	> 300	Amat sangat diutamakan – darurat
2	B	226 – 300	Sangat diutamakan
3	C	151 – 225	Diutamakan
4	D	76 – 150	Kurang diutamakan
5	E	< 75	Tidak diutamakan

Berdasarkan hasil analisis di atas dengan nilai bobot rata-rata 150, maka diketahui bahwa kerusakan lingkungan pantai bahoi tergolong pada kelas prioritas “D” yang berarti kurang diutamakan. Begitupun dengan hasil analisis di pantai surabaya dengan nilai bobot rata-rata 125 maka diketahui bahwa kerusakan lingkungan pantai bahoi tergolong pada kelas prioritas “D” yang berarti kurang diutamakan.

4. Kesimpulan

Secara garis besar Sistem Pantai adalah semua masukan, hasil dan interaksi yang mempengaruhi proses atau peristiwa fisik dimana hasil akhirnya atau tujuan akhir adalah pantai itu sendiri. Dari hasil observasi dan penelitian, di dapat bahwa kerusakan pantai yang terjadi penyebab dominan adalah abrasi yang diperparah dengan gelombang tinggi. Kondisi Pantai Bahoi dan pantai Surabaya di wilayah Likupang Kabupaten Minahasa Utara menunjukkan bahwa tingkat kerusakan di kedua pantai terbilang tidak berbeda jauh. Hal tersebut dapat di lihat dari nilai bobot yang di peroleh kedua pantai tersebut. Pantai Bahoi dengan Nilai Bobot 150 dan Pantai Surabaya dengan Nilai Bobot 125. Dari hasil penelitian, kedua pantai memiliki Kelas Prioritas yang sama, yaitu D yaitu 76- 150 “kurang diutamakan” dengan kriteria paling dominan penyebab utama kerusakan adalah kriteria erosi/abrasi; akan tetapi Pantai Bahoi adalah kawasan pemukiman; dan di perkirakan akan terus bertambah populasi penduduk serta bangunan-bangunan di daerah sempadan Pantai Bahoi, oleh karna itu Pantai Bahoi menjadi prioritas utama untuk perbaikan kerusakan pantai.

Referensi

- Anggi Cindy Wakkary M. Ihsan Jasin, A.K.T. Dundu, *Studi Karakteristik Gelombang Pada Daerah Pantai Desa Kalinaung Kab. Minahasa*. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.3 Mei 2017 (167-174) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Arthur H. Thambas, Jeffry Dantje Mamoto, *Studi Karakteristik Gelombang Pada Pantai Manembo-Nembo Kecamatan Matuari Kota Bitung Provinsi Sulawesi Utara*. TEKNO – Volume 20 Nomor 80 – April 2022. Universitas Sam Ratulangi Manado.

- CERC, 1984, *Shore Protection Manual*, US Army Coastal Of Engineering Research Center (CERC), Washington. (SPM 1984) .
- Faron V. H. Sumampouw, Arthur H. Thambas, Muh. Ihsan Jasin, *Perencanaan Pengaman Pantai Di Pantai Bahoi Kecamatan Likupang Barat*, Jurnal TEKNO Volume 21, No. 85, Tahun 2023, p-ISSN: 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Renaldo W. Lumy, Jeffry Dantje Mamoto, M. Ihsan Jasin, *Perencanaan Pengaman Pantai Di Pantai Surabaya Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara* Jurnal TEKNO Volume 21, No. 85, Tahun 2023, p-ISSN: 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Masita Aisza Mokodongan, Muh. Ihsan Jasin, Arthur H. Thambas, *Analisis Karakteristik Gelombang Di Pantai Bahoi Kecamatan Likupang Barat*. Jurnal Sipil Statik Vol.9 No.4 Juli 2021 (699-708) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Nur Yuwono, 1982, *Teknik Pantai*, Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Satria Putra Tawoeda, Hanjse. J Tawas, Fuad Halim. *Studi Transformasi Gelombang terhadap Perubahan Garis Pantai Beo Barat Kabupaten Kepulauan Talaud*. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.3 Maret 2016 (155-164) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Kementerian Pekerjaan Umum, *Pedoman Penilaian Kerusakan Pantai dan Prioritas Penanganannya*. Direktorat Jendral Sumber Daya Air 2010
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta
- Triatmodjo, B. 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta