



Sistem Pengaman Pantai Pada Daerah Pantai Boulevard Amurang Kabupaten Minahasa Selatan

Oktorando Simbar^{#a}, Arthur H. Thambas^{#b}, M. Ihsan Jasin^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam ratulangi Manado, Indonesia
^aoktorandosimbar021@student.unsrat.ac.id, ^barthurthambas@unsrat.ac.id, ^csanyjasin02@yahoo.com

Abstrak

Pantai Boulevard Amurang terletak di bagian Teluk Amurang. Teluk Amurang adalah sebuah teluk di semenanjung Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara. Lebih tepatnya berada di wilayah Kota Amurang yang merupakan Ibukota Kabupaten Minahasa Selatan. Pantai Boulevard Amurang merupakan salah satu Kawasan wisata yang ada di Kota Amurang karena mempunyai kondisi pemandangan pantai yang indah. Namun, pada tengah Bulan Juni Tahun 2022, tepatnya pada tanggal 15 Juni 2022 sekitar pukul 14.00 WITA, telah terjadi bencana abrasi yang menerjang di daerah pantai kelurahan uwuran satu dan bitung, Pantai Boulevard Amurang merupakan salah satu daerah pesisir pantai mengalami kerusakan di karenakan terjadi bencana abrasi. Terkait masalah yang terjadi, maka diperlukan penanganan khusus, yaitu karena sudah pernah ada bangunan pengaman pantai di lokasi tersebut sebelum terjadi bencana abrasi, dibutuhkan sistem pengaman pantai permanen yang cocok di lokasi abrasi. Dengan menggunakan metode AHP untuk mendapatkan tipe bangunan yang sesuai untuk lokasi penelitian. Dari hasil AHP didapatkan skor tertinggi pada *revetment*. Skor dai pengaman pantai *breakwater* adalah 32,40%, groin sebesar 20%, dan *revetment* sebesar 47.60%. Berdasarkan skor ini maka akan digunakan Bangunan Pengaman Pantai jenis *revetment*. *Revetment* dipilih untuk pengaman pantai Boulevard Amurang karena dapat menahan erosi di bagian belakang bangunan, lebih efektif apabila dibandingkan dengan groin di sepanjang pantai karena *longshore* transport sedimen yang terjadi tidak besar, melindungi pantai dari limpasan gelombang tinggi yang terjadi sehingga pemukiman di belakangnya dapat dilindungi, dan pelaksanaan lebih mudah.

Kata kunci: Pantai Boulevard Amurang, pengaman pantai, Metode AHP

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pantai Boulevard Amurang terletak di bagian Teluk Amurang. Teluk Amurang adalah sebuah teluk di semenanjung Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara. Lebih tepatnya berada di wilayah Kota Amurang yang merupakan Ibukota Kabupaten Minahasa Selatan. Pantai Boulevard Amurang merupakan salah satu Kawasan wisata yang ada di Kota Amurang karena mempunyai kondisi pemandangan pantai yang indah. Namun, pada tengah Bulan Juni Tahun 2022, tepatnya pada tanggal 15 Juni 2022 sekitar pukul 14.00 WITA, telah terjadi bencana abrasi yang menerjang di daerah pantai kelurahan uwuran satu dan bitung, Pantai Boulevard Amurang merupakan salah satu daerah pesisir pantai mengalami kerusakan di karenakan terjadi bencana abrasi.

Terkait masalah yang terjadi, maka diperlukan penanganan khusus, yaitu karena sudah pernah ada bangunan pengaman pantai di lokasi tersebut sebelum terjadi bencana abrasi, dibutuhkan sistem pengaman pantai permanen yang cocok di lokasi abrasi, seperti jika menempatkan bolder (pemecah/penahan ombak), sehingga ketika terjadi bencana abrasi lagiapa bisa di tahan bolder tersebut dan apa bolder tersebut akan tetap kokoh jika terkena bencana seperti abrasi tersebut. Sistem bangunan pengaman pantai yang tepat untuk Pantai Boulevard Amurang saat ini merupakan salah satu hal yang saat ini diperlukan sesuai dengan kebutuhan daerah kawasan pantai tersebut, juga kebutuhan masyarakat sekitar pantai tersebut.



Gambar 1. Abrasi di Daerah Pantai Boulevard Amurang



Gambar 2. Pantai Boulevard Amurang Sebelum Terjadi Bencana Abrasi

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana sistem pengaman Pantai yang sesuai pada daerah Pantai Boulevard Amurang?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan sistem pengaman Pantai yang sesuai pada daerah Pantai Boulevard Amurang.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini:

1. Mengkaji dan memberikan pemahaman mengenai system pengaman pantai yang sesuai dengan permasalahan yang terjadi di lokasi Pantai Boulevard Amurang.
2. Untuk mengetahui pengaruh-pengaruh yang terjadi dalam pembuatan bangunan pengaman pantai di daerah lokasi studi.
3. Sebagai bahan referensi dalam mempelajari mengenai bangunan pengaman pantai.

1.5 Batasan Masalah

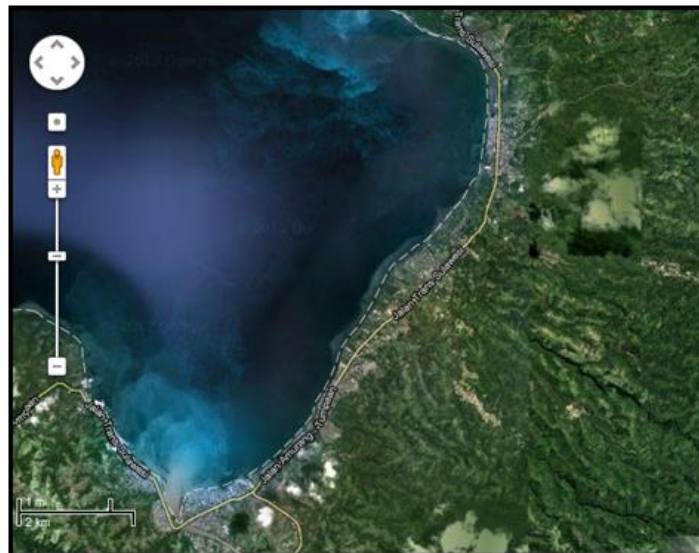
Untuk membatasi permasalahan yang ditinjau, maka digunakan batasan masalah sebagai berikut

1. Data-data yang diperlukan diambil sesuai dengan penelitian sebelumnya.
2. Tidak sampai perhitungan dimensi bangunan dan perhitungan strukturnya.
3. Tidak memperhitungkan biaya perencanaan (RAB) dan perhitungan volume pekerjaan (BOQ) untuk pembuatan pengaman bangunan pelindung pantai.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

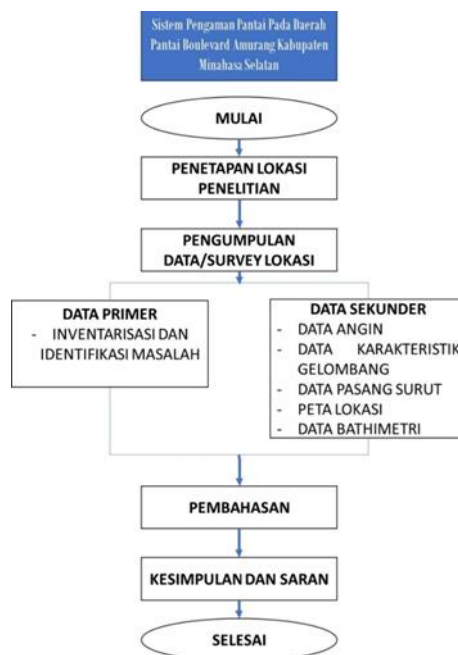
Lokasi Penelitian di Pantai Boulevard Amurang yang terletak di bagian Teluk Amurang. Teluk Amurang adalah sebuah teluk di semenanjung Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara.



Gambar 3. Lokasi Penelitian

2.2 Bagan Alir Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kondisi Umum Wilayah

Pantai Boulevard Amurang terletak di bagian Teluk Amurang. Teluk Amurang adalah sebuah teluk di semenanjung Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara. Kabupaten Minahasa Selatan terletak antar $0^{\circ},47' -1^{\circ},24' \text{ LU}$ dan $124^{\circ},18' - 124^{\circ}45' \text{ BT}$.

3.2 Struktur Hirarki

Dalam perencanaan pemilihan sistem pengaman pantai yang tepat, pemahaman terhadap konsep Hirarki AHP memegang peranan yang sangat penting. Hirarki AHP merupakan

representasi visual yang menunjukkan struktur hierarkis suatu sistem, di mana pencapaian tujuan utama sistem tersebut dilakukan melalui kriteria dan alternatif yang lebih rinci. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, hirarki AHP terdiri dari tiga bagian utama yaitu tujuan, kriteria dan alternatif. Dengan memahami struktur hirarki ini, pengambil keputusan dapat mengklarifikasi tujuan akhir mereka, mengidentifikasi kriteria yang relevan, dan mengevaluasi alternatif dengan lebih terorganisir dan sistematis dalam merumuskan strategi pemeliharaan yang efektif.

Kriteria seperti yang telah dijelaskan sebelumnya terbagi atas 4 jenis yaitu :

- Angin : untuk mengetahui gelombang yang dipengaruhi oleh kecepatan angin (U), lama hembus angin (D), arah angin dan *fetch* (F).
- Pasang surut : elevasi muka air tertinggi (pasang) dan muka air terendah (surut) sangat penting untuk perencanaan bangunan pantai.
- Gelombang : fenomena dimana permukaan laut naik dan turun secara vertikal yang membentuk pola kurva/grafik sinusoidal.
- Batimetri : menjelaskan mengenai pengukuran dan pemetaan topografi dasar laut.

3.3 Analisa Data

1. Angin

Data angin yang digunakan tiap jam selama 5 tahun dan data angin harian selama 5 tahun. Data angin ini untuk mengetahui arah angin yang berpengaruh di wilayah pantai tersebut. Pembagian data angin dikelompokkan berdasarkan kelompok interval kecepatan dan arah angin, kemudian akan didapat arah angin dominan.

Tabel 1. Kecepatan Angin di Pantai Teluk Amurang

Mata Angin	Kecepatan angin					Total
	<5	5-10	10 -15	15-20	>20	
Utara	9.72	1.01	0.03	0.00	0.00	10.76
Timur laut	10.16	0.49	0.05	0.00	0.00	10.70
Timur	6.81	1.56	0.12	0.00	0.00	8.49
Tenggara	12.10	7.51	0.36	0.00	0.00	19.98
Selatan	13.93	7.12	0.33	0.00	0.00	21.39
Barat daya	8.04	0.56	0.06	0.00	0.00	8.66
Barat	8.96	1.66	0.05	0.00	0.00	10.67
Barat laut	8.03	1.25	0.08	0.00	0.00	9.35
Total						100.00

Dapat dilihat bahwa angin dominan terjadi dari selatan dengan persentase kejadian adalah $\pm 7,9$ %.

2. Gelombang

Fetch adalah area di mana gelombang terbentuk, di mana kecepatan dan arah angin relatif diasumsikan konstan. Dalam konteks analisis pembentukan gelombang di laut, fetch dibatasi oleh kontur daratan yang mengelilingi perairan laut. Untuk meramalkan gelombang laut dalam, dapat dilakukan dengan mengumpulkan data angin harian selama beberapa tahun terakhir. Kemudian mentransformasikan data angin dari darat ke laut. Memeriksa faktor tegangan angin dengan harga fetch untuk menghasilkan peramalan gelombang. Lalu menggunakan nilai tegangan dan harga fetch untuk menentukan tinggi gelombang dan periode gelombang menggunakan grafik peramalan gelombang dan menggunakan kala ulang gelombang untuk menentukan tinggi gelombang rencana (Hr) di laut dalam untuk kala ulang n tahun. Dengan langkah-langkah tersebut, maka dapat melakukan peramalan gelombang laut dalam selama 10 tahun dan menentukan tinggi dan periode gelombang yang diinginkan. Berikut adalah distribusi tinggi gelombang di Pantai Teluk Amurang (Tabel 2).

Gelombang membutuhkan cukup ruang untuk terbentuk karena dipengaruhi oleh angin. Semakin besar area pembentukannya, semakin besar pula gelombang yang dihasilkan oleh angin dengan kecepatan tertentu, hingga mencapai keadaan yang stabil. Wilayah di mana gelombang terbentuk terbagi menjadi delapan arah utama berdasarkan arah mata angin. Tiap

arah utama ini terdiri dari sembilan garis fetch yang memiliki sudut antara garis-garis tersebut sebesar 5 derajat. Garis fetch tersebut ditarik dari titik awal pembentukan gelombang hingga mencapai daratan.

Tabel 2. Distribusi Tinggi Gelombang di Pantai Teluk Amurang

Arah	Tinggi gelombang (m)						Total
	<0.3	0.3-0.6	0.6-0.9	0.9-1.2	1.2-1.5	>1.5	
Utara	3.386	0.176	0.006	0.018	0.000	0.000	3.59
Timur laut	2.265	0.133	0.019	0.010	0.009	0.000	2.44
Timur	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
Tenggara	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
Selatan	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
Barat daya	3.165	0.173	0.009	0.000	0.000	0.000	3.35
Barat	5.174	0.872	0.169	0.82	0.032	0.044	6.37
Barat laut	4.289	0.479	0.065	0.025	0.000	0.000	4.86
Bergelombang							=20.60
Tidak bergelombang							=77.28
Tidak tercatat							=2.12
Total							=100.0

Tabel 3. Nilai Ekstrim Tinggi Gelombang di Pantai Teluk Amurang

Periode Ulang (tahun)	Nilai Ekstrim Tinggi Gel. (m)
1	1.07
2	1.25
3	1.43
5	1.63
10	1.86
25	2.13
50	2.32
100	2.50
200	2.66

3. Pasang Surut

Analisa pasang surut sangatlah penting dalam penentuan pengaman pantai yang nantinya akan dibangun. Karena jika perencanaan dan perhitungan komponen dari pasang surut ini tidak benar maka kemungkinannya terjadi pasang tertinggi pada pantai maka bisa menimbulkan abrasi. Informasi yang diperoleh dari data pasang surut membantu dalam menemukan titik terendah mutlak dari permukaan laut dan pola pasang surutnya. Posisi air surut terendah yang diperoleh dari pola pasang surut lokal digunakan sebagai titik referensi untuk menentukan elevasi kontur tanah serta semua bangunan.

Observasi pasang dilakukan untuk memperoleh informasi tentang tinggi permukaan air laut dengan menggunakan alat pengukur pasang-surut dan diukur dalam interval waktu tertentu. Setidaknya observasi pasang harus dilakukan selama 15 hari untuk mencakup satu siklus penuh pasang (pasang purnama dan perbani).

Komponen pasang surut yang dihasilkan selain digunakan untuk mengetahui tipe pasang surut pada sebuah perairan juga digunakan untuk mencari nilai elevasi penting pasang surut.

Tabel 4. Nilai Elevasi-elevasi Penting Pasang Surut Pantai Teluk Amurang

Elevasi Penting	Elevasi Peilskal (cm)	Diikatkan ke LWS (cm)
Highest Water Spring (HWS)	293.9	320.86
Mean High Water Spring (MHWS)	263.37	290.33
Mean High Water Level (MHWL)	205.36	232.32
Mean Sea Level (MSL)	135.52	162.48
Mean Low Water Level (MLWL)	66.35	93.31
Mean Low Water Spring (MLWS)	7.47	34.43
Lowest Water Spring (LWS)	-26.96	0

4. Sedimentasi

Pergerakan partikel materi di wilayah pantai yang dipicu oleh aliran gelombang disebut sebagai transportasi sedimen. Di wilayah pantai, transportasi sedimen dapat dibagi menjadi dua jenis utama: transportasi sedimen menuju dan menjauhi pantai, serta transportasi sedimen sepanjang pantai. Transportasi sedimen menuju dan menjauhi pantai umumnya bergerak tegak lurus terhadap garis pantai, sementara transportasi sepanjang pantai lebih condong bergerak sejajar dengan garis pantai.

Hasil dari pemodelan arus yang telah dilakukan di atas, dapat disimpulkan bahwa arus yang dominan berasal dari arah barat laut dengan kecepatan 0,1 s ampai dengan 1 m/s. sejalan dengan itu maka sedimen transpor yang terjadi adalah sedimen transpor sepanjang pantai dari arah barat menuju timur.

Tabel 5. Sedimen Transport

No.	Lokasi	Koordinat		Berat Jenis (g)	D95	D84	D50	D16
		x	y					
1	AM.0	678878.91	136085.80	2.343	2.150	1.355	0.610	0.205
2	A.40	677529.90	134598.23	2.343	2.50	1.355	0.610	0.205
3	AM.3	676574.01	132829.16	2.172	2.050	1.435	0.590	0.245
4	AM.5	675270.49	131372.23	2.135	0.585	0.395	0.235	0.135
5	A.145	674127.32	131010.65	1.974	1.505	1.105	0.750	0.485
6	AM.9	673351.04	131536.04	2.004	1.950	1.450	0.750	0.400

5. Lingkungan

Wilayah pantai Boulevard Amurang dapat mengalami proses erosi secara cepat apabila tidak ada penahan pada kawasan tersebut. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa belum ada upaya untuk mengantisipasi kejadian erosi di pantai Boulevard Amurang. Di beberapa tempat pernah diupayakan penanaman mangrove namun kebanyakan dalam kondisi tidak subur atau kurang berhasil. Hal tersebut terjadi karena kuangnya perawatan pada mangrove yang ditanam. Hutan mangrove bermanfaat sebagai penahan erosi atau abrasi karena dapat menghalangi air laut sehingga tidak mengikis daratan.

Kondisi terumbu karang di pantai Boulevard Amurang tergolong rendah karena hanya sedikit ditemukan adanya karang. Hilang dan rusaknya terumbu karang akan mengancam kondisi sosial dan ekonomi bagi masyarakat sekitar, Terumbu karang merupakan aset sekaligus benteng alami yang mampu melindungi pantai dari gempuran ombak sekaligus sebagai sumber mata pencaharian masyarakat sekitar.

6. Erosi

Masyarakat di lokasi studi menyatakan bahwa selama ini di wilayah mereka terjadi kerusakan wilayah pantai. Kerusakan yang terjadi adalah berupa erosi atau abrasi. Abrasi pantai telah berlangsung untuk waktu yang cukup lama. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, terjadi peningkatan yang signifikan dalam abrasi pantai. Efek dari abrasi ini telah menyentuh bangunan, mengancam stabilitas struktur mereka. Beberapa bagian bangunan telah mengalami kerusakan bahkan hancur karena pondasi mereka terkikis. Selain itu, dampak lain dari abrasi ini adalah penyumbatan kawasan terumbu karang oleh pasir yang terbawa arus dan kemudian mengendap, menyebabkan kematian banyak terumbu karang. Abrasi yang terjadi disebabkan oleh arus utama dari arah barat laut yang langsung menghantam pantai. Selain itu, pergerakan sedimen sepanjang garis pantai juga berkontribusi pada proses abrasi.

Beberapa kerugian non materi akibat terjadinya kerusakan pantai di lokasi studi yang diderita oleh masyarakat antara lain adalah adanya rasa khawatir terjadi bencana akibat pemukiman masyarakat berada di tepi laut, terutama ketika terjadi air pasang dan gelombang besar. Selain itu Terganggunya ketentraman hidup masyarakat karena pemukiman sering terendam air laut terutama ketika terjadi pasang. Oleh karena itu, pembangunan struktur pengaman pantai diperlukan untuk mengatasi masalah ini. Beberapa manfaat yang akan diperoleh masyarakat dengan adanya bangunan pengaman pantai menurut responden adalah menghindari areal masyarakat dari kerusakan akibat rusaknya pantai.

3.4 Alternatif Pelindung Pantai

Perlindungan pantai bisa terjadi alami melalui terumbu karang atau hutan bakau, dan juga dengan bantuan manusia melalui struktur bangunan pengaman pantai. Untuk mencegah erosi dan melindungi pantai dari gelombang, diperlukan penerapan sistem pengaman pantai seperti penanaman mangrove dan konstruksi struktur pelindung pantai. Namun, dalam kasus abrasi di Pantai Teluk Amurang, tindakan yang segera diperlukan, sehingga hanya mengandalkan penanaman mangrove tidaklah cukup efektif karena memakan waktu lama untuk tumbuh dan berkembang. Oleh karena itu, diperlukan alternatif solusi berupa pembangunan bangunan pelindung pantai yang dapat memberikan perlindungan yang cepat dan efektif terhadap abrasi. Penyusunan jenis struktur pengaman pantai didasarkan pada fungsi yang ingin dicapai oleh struktur tersebut, tingkat kesulitan penerapannya, ketersediaan material yang ada di daerah setempat, serta kondisi morfologi pantai di lokasi tersebut.

1. Groin

Groin terbagi menjadi dua jenis, yaitu yang dapat difraksi dan yang tidak. Groin yang tidak dapat difraksi umumnya memiliki panjang yang lebih pendek dibandingkan dengan groin yang dapat difraksi. Permeabilitas groin dapat diatur dan digunakan sebagai faktor kalibrasi untuk mendapatkan jenis groin yang sesuai dengan perubahan garis pantai yang diinginkan. Panjang groin akan efektif dalam menahan sedimentasi jika menutup lebar zona pesisir. Namun, ini dapat menghentikan suplai sedimen ke hilir dan menyebabkan erosi. Oleh karena itu, panjang groin biasanya dipilih antara 40% hingga 60% dari lebar zona pesisir, dan jarak antar groin berkisar antara 1 hingga 3 kali panjang groin.

2. Breakwater

Konstruksi pemecah gelombang yang diposisikan secara terpisah pada jarak tertentu dari garis pantai sejajar dengan pantai. Fungsinya adalah untuk melindungi pantai dari gelombang yang berasal dari arah laut lepas. Prinsip kerja dari breakwater ini adalah menggunakan defraksi gelombang. Dampak dari defraksi gelombang tersebut memengaruhi pergerakan sedimen, yang dapat menyebabkan pembentukan tombolo di belakang lokasi breakwater. Tombolo terjadi apabila jarak antara pemecah gelombang dengan garis pantai lebih kecil dibandingkan panjang pemecah gelombang.

3. Revetment atau Seawall

Revetment atau seawall adalah konstruksi yang dipasang untuk melindungi pantai dari erosi dan gelombang yang lemah. Mereka direncanakan untuk dipasang sepanjang garis pantai yang diperkirakan akan mengalami erosi, dengan maksud melindungi pantai dan wilayah di belakangnya dari dampak gelombang yang dapat menyebabkan erosi dan peningkatan air laut. Revetment mempunyai sisi miring dan terbuat dari tumpukan batu atau bronjong, sehingga lebih fleksibel dan dapat menyesuaikan diri terhadap gerusan di kaki bangunan. Prinsip kerja dari revetment adalah air laut yang mengalir di sekitar bagian belakang struktur akan terserap oleh tanah dan kembali ke laut. Jika perbedaan tinggi permukaan air di belakang dan di depan struktur cukup besar, ini bisa menciptakan aliran yang kuat yang mampu menarik partikel tanah dari belakang, berpotensi mempengaruhi fondasi bangunan.

3.5 Analisis Metode *Analytical Hierarchy Process*

3.5.1. Kriteria AHP

Kriteria-kriteria AHP yang diambil adalah kriteria yang memberikan pengaruh signifikan terhadap sistem. Adapun kriteria yang ditetapkan untuk pemilihan bangunan pengaman pantai terdiri dari Gelombang, Erosi, Abrasi, Sedimentasi, Lingkungan.

Pemilihan lima kriteria tersebut tampaknya didasarkan pada pertimbangan yang cermat terhadap berbagai aspek yang penting dalam pemilihan bangunan pengaman pantai. Berikut adalah beberapa alasan mengapa setiap kriteria dipilih:

- a. Gelombang: Gelombang adalah salah satu faktor utama yang dapat menyebabkan erosi dan abrasi di pantai. Tinggi gelombang, frekuensi gelombang, dan arah gelombang dapat

- mempengaruhi tingkat keamanan pantai dan kebutuhan akan struktur pengaman yang tepat.
- Erosi: Erosi adalah proses alami atau buatan yang menghilangkan material tanah atau batuan dari pantai atau tepi sungai. Menilai tingkat erosi adalah penting untuk menentukan kebutuhan untuk membangun struktur pengaman pantai yang efektif.
 - Abrasi: Abrasi adalah proses mekanis di mana material yang ada di pantai terkikis oleh air laut atau angin, sering kali disertai dengan getaran pasir atau batu. Abrasi dapat menyebabkan penurunan garis pantai yang signifikan dan perubahan bentuk pantai yang merugikan.
 - Sedimentasi: Sedimentasi adalah proses penumpukan endapan mineral atau organik oleh air, angin, atau es. Menilai tingkat sedimentasi adalah penting karena dapat mempengaruhi kebutuhan untuk struktur pengaman pantai yang mengatur pergerakan sedimen.
 - Lingkungan: Aspek lingkungan mencakup dampak struktur pengaman pantai terhadap ekosistem laut, habitat satwa liar, dan keberlanjutan lingkungan secara keseluruhan. Memperhitungkan faktor lingkungan penting untuk memastikan bahwa solusi yang dipilih tidak hanya efektif dalam melindungi pantai tetapi juga memperhatikan kelestarian lingkungan.

Tabel 6. Tingkat Kerawanan Pantai

No.	Kriteria	Indikator	Evaluasi			Total Skor
			Kategori	Bobot Faktor	Skor	
1.	Gelombang	Riwayat	Tinggi	2	10	20
		Kerawanan	Tinggi	5	10	50
		Ancaman	Tinggi	7	10	70
		Probabilitas	Tinggi	9	10	90
2.	Erosi	Perubahan garis pantai	Sedang	7	5	35
		Gerusan	Tinggi	3	9	27
		Panjang pantai	Tinggi	9	8	72
3.	Abrasi	Lebar terabasi	Sedang	6	6	36
		Panjang terabrasi	Sedang	9	5	45
4.	Sedimentasi	Lama tertutup	Sedang	9	4	36
		%Muara terbuka	Sedang	6	6	36
		Pengaruh sedimentasi ke sekitar	Tinggi	3	8	24
5.	Lingkungan	Kualitas air	Sedang	5	6	30
		Terumbu karang	Rendah	9	2	18
		Mangrove	Rendah	9	2	18
Skor akhir						607

Keterangan skala:

1. Gelombang

Riwayat (faktor penting = 2)

- Rendah (Skor 1-3) = 0-1 kali kejadian dalam 10 tahun terakhir
- Sedang (Skor 4-7) = 2-3 kali kejadian dalam 10 tahun terakhir
- Tinggi (Skor 8-10) = >3 kali kejadian dalam 10 tahun terakhir

Kerawanan (faktor penting = 5)

- Rendah (Skor 1-3) = <1% terimbas
- Sedang (Skor 4-7) = 1-10% terimbas
- Tinggi (Skor 8-10) = >10% terimbas

Probabilitas (faktor penting = 7)

- Rendah (Skor 1-3) = 1 kali kejadian dalam 15-20 tahun
- Sedang (Skor 4-7) = 1 kali kejadian dalam 10-15 tahun
- Tinggi (Skor 8-10) = 1 kali kejadian dalam 5-10 tahun

Ancaman (faktor penting = 9)

- Rendah (Skor 1-3) = <5% terimbas
- Sedang (Skor 4-7) = 5-25% terimbas
- Tinggi (Skor 8-10) = >25% terimbas

2. Erosi

Perubahan garis pantai (faktor penting = 7)

- a. Rendah (Skor 1-3) = <0.5 m/tahun
- b. Sedang (Skor 4-7) = 0.5-2.0 m/tahun
- c. Tinggi (Skor 8-10) = 2.0-5.0 m/tahun

Gerusan di kaki bangunan (faktor penting = 3)

- a. Rendah (Skor 1-3) = tidak membahayakan konstruksi
- b. Sedang (Skor 4-7) = cukup berbahaya terhadap konstruksi
- c. Tinggi (Skor 8-10) = sangat berbahaya terhadap konstruksi

Panjang pantai yang tererosi (faktor penting = 9)

- a. Rendah (Skor 1-3) = 5-10 m
- b. Sedang (Skor 4-7) = 10-100 m
- c. Tinggi (Skor 8-10) = >100 m

3. Abrasi

Lebar pantai terabrasi (faktor penting = 6)

- a. Rendah (Skor 1-3) = tidak membahayakan konstruksi
- b. Sedang (Skor 4-7) = cukup berbahaya terhadap konstruksi
- c. Tinggi (Skor 8-10) = sangat berbahaya terhadap konstruksi

Panjang pantai teabrasi (faktor penting = 9)

- a. Rendah (Skor 1-3) = 5-10 m
- b. Sedang (Skor 4-7) = 10-100 m
- c. Tinggi (Skor 8-10) = >100 m

4. Sedimentasi

Lama uara tertutup (faktor penting = 9)

- a. Rendah (Skor 1-3) = 0-1 bulan
- b. Sedang (Skor 4-7) = 1-2 bulan
- c. Tinggi (Skor 8-10) = >2 bulan

Persentase pembukaan muara (faktor penting = 6)

- a. Rendah (Skor 1-3) = >80%
- b. Sedang (Skor 4-7) = 50-80%
- c. Tinggi (Skor 8-10) = <50%

Pengaruh sedimentasi terhadap sekitar (faktor penting = 3)

- a. Rendah (Skor 1-3) = lokal
- b. Sedang (Skor 4-7) = lokal dan sekitarnya (1-2 km²)
- c. Tinggi (Skor 8-10) = daerah yang luas (>2 km²)

5. Lingkungan

Kualitas air laut (faktor penting = 3)

- a. Rendah (Skor 1-3) = pencemaran berada di bawah ambang batas
- b. Sedang (Skor 4-7) = pencemaran berada di sekitar ambang
- c. Tinggi (Skor 8-10) = pencemaran berada di atas ambang batas

Terumbu karang (faktor penting = 9)

- a. Rendah (Skor 1-3) = kerusakan pada 10-30% luas areal terumbu
- b. Sedang (Skor 4-7) = kerusakan pada 30-70% luas areal terumbu
- c. Tinggi (Skor 8-10) = kerusakan pada 70-100% luas areal terumbu

Mangrove (faktor penting = 9)

- a. Rendah (Skor 1-3) = kerusakan pada 10-30% luas areal hutan
- b. Sedang (Skor 4-7) = kerusakan pada 30-70% luas areal hutan
- c. Tinggi (Skor 8-10) = kerusakan pada 70-100% luas areal hutan

3.6 Perhitungan dengan Metode Analytical Hierarchy Process

Dengan memanfaatkan kuesioner dan tinjauan pustaka, maka dapat menentukan tingkat kepentingan dari setiap kriteria dan opsi yang tersedia. Setelah tingkat kepentingan dari setiap kriteria terungkap, kami akan membuat matriks perbandingan berpasangan untuk mengevaluasi

tingkat kepentingan relatif antara satu kriteria dengan yang lain.

Tabel 7. Matriks Berpasangan

	Gelombang	Erosi	Abrasi	Sedimentasi	Lingkungan
Gelombang	1	2	5	7	9
Erosi	½	1	3	5	7
Abrasi	1/5	1/3	1	2	3
Sedimentasi	1/7	1/5	½	1	2
Lingkungan	1/9	1/7	1/3	1/2	1

Tabel 8. Matriks Berpasangan Bentuk Desimal

	Gelombang	Erosi	Abrasi	Sedimentasi	Lingkungan
Gelombang	1.00	2.00	5.00	7.00	9.00
Erosi	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
Abrasi	0.20	0.33	1.00	2.00	3.00
Sedimentasi	0.14	0.20	0.50	1.00	2.00
Lingkungan	0.11	0.14	0.33	0.50	1.00
Total	1.95	3.67	9.83	15.50	22.00

Tabel 9. Matriks Nilai Kriteria

	Gelombang	Erosi	Abrasi	Sedimentasi	Lingkungan	Total	Rerata
Gelombang	0.513	0.545	0.509	0.452	0.409	2.427	0.485
Erosi	0.256	0.272	0.305	0.323	0.318	1.475	0.295
Abrasi	0.103	0.090	0.102	0.129	0.136	0.560	0.112
Sedimentasi	0.072	0.054	0.051	0.065	0.091	0.333	0.067
Lingkungan	0.056	0.038	0.034	0.032	0.045	0.206	0.041

Tabel 10. Matriks Penjumlahan Setiap Baris

	Gelombang	Erosi	Abrasi	Sedimentasi	Lingkungan	Total
Gelombang	0.485	0.59	0.56	0.469	0.369	2.473
Erosi	0.242	0.295	0.336	0.335	0.287	1.495
Abrasi	0.097	0.097	0.112	0.134	0.123	0.563
Sedimentasi	0.067	0.059	0.056	0.067	0.082	0.934
Lingkungan	0.053	0.041	1.100	0.033	0.067	1.294

Tabel 11. Perhitungan Rasio Konsistensi

Jumlah Baris	Rerata	Hasil
2.473	0.485	2.958
1.495	0.295	1.79
0.563	0.112	0.675
0.934	0.067	1.001
1.294	0.041	1.335

$$\text{Jumlah} = 7.759$$

$$n = 5$$

$$\lambda_{maks} = 2.759$$

$$Ci = \frac{2.759 - 5}{5 - 1} = -0.560$$

$$CR = \frac{-0.560}{1.12} = -0.5$$

CR ≤ 0.1 Konsisten

Selanjutnya menentukan nilai eigen dimana nilai eigen adalah nilai kriteria dari suatu matriks. Kriteria yang digunakan adalah gelombang, erosi, abrasi, sedimentasi, dan lingkungan.

Tabel 12. Kriteria Gelombang

	Reventment	Groin	Breakwater
Reventment	1	3	4
Groin	1/3	1	2
Breakwater	¼	1/2	1

Tabel 13. Kriteria Erosi

	Reventment	Groin	Breakwater
Reventment	1	2	1/3
Groin	½	1	¼
Breakwater	3	4	1

Tabel 14. Kriteria Abrasi

	Reventment	Groin	Breakwater
Reventment	1	½	1/3
Groin	2	1	½
Breakwater	3	2	1

Tabel 15. Kriteria Sedimentasi

	Reventment	Groin	Breakwater
Reventment	1	2	½
Groin	½	1	1/3
Breakwater	2	3	1

Tabel 16. Kriteria Lingkungan

	Reventment	Groin	Breakwater
Reventment	1	2	½
Groin	½	1	1/3
Breakwater	2	3	1

Tabel 17. Nilai Faktor Kriteria

	Gelombang	Erosi	Abrasi	Sedimentasi	Lingkungan	Total	Rerata
Breakwater	0.624	0.239	0.163	0.297	0.297	1.621	0.324
Groin	0.239	0.137	0.297	0.163	0.163	1.000	0.200
Reventment	0.137	0.624	0.539	0.539	0.539	2.379	0.476

4. Kesimpulan

Metode Analisis Hirarki (*Analytical Hierarchy Process*) adalah teknik yang efektif untuk membantu dalam pengambilan keputusan antara beberapa alternatif yang memiliki peringkat

yang mendekati satu sama lain. Dari seluruh rangkaian proses pengamatan sampai dengan analisis dapat disimpulkan beberapa hal penting berkaitan dengan perencanaan bangunan pengaman pantai di Teluk Amurang. Dari hasil pembangkitan gelombang berdasarkan data angin BMKG selama 5 tahun terakhir angin dominan terjadi dari arah selatan dengan gelombang dominan dari arah barat. Berdasarkan hasil AHP, dari perbandingan anatar tiga struktur groin, revetment dan breakwater didapatkan Alternatif terbaik revetmen dengan skor (2.379) dan rerata tertinggi (0.476), struktur Revetment ini sangat efektif melindungi pantai dari abrasi erosi serta limpasan gelombang tinggi yang terjadi sehingga pemukiman di belakangnya dapat dilindungi dan pelaksanaan lebih mudah.

Referensi

Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumberdaya Air dan Konstruksi, *Pengenalan Bangunan Pantai*, SIMANTU (Sistem Manajemen Pengetahuan), Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Kebayoran Baru.

J. B. Mangare, “PENERAPAN METODE ANALYICAL HIERARCHY PROCESS UNTUK PEMILIHAN SISTEM PENGAMANAN PANTAI,” *Jurnal Sipil Statik*, vol. 4, no. 11, pp. 701–704, 2016.

C. Mareta, P. Wahyu, and S. Prihardhani, “DESIGN OF SHORE PROTECTION STRUCTURE AT TAMBAKHARJO, SEMARANG.”

“1.+Natasya+C.P.+Simbar (1)”, Tommy Jansen, Ariestides K. T. Dundu, Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai Di Pantai Moinit Kecamatan Amurang Kabupaten Minahasa Selatan. TEKNO Vol. 21 No. 84 (2023) p-ISSN : 0215 – 9617. Universitas Sam Ratulangi Manado.

Nur Yuwono, 1982, Teknik Pantai, Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.

Nur Yuwono, 1992, Dasar-dasar Perencanaan Bangunan Pantai, Vol 2, Laboratorium Hidraulika dan Hidrologi, PAU-IT-UGM, Yogyakarta

R. Reine, P. H. Tarore, M. Sibi, and D. R. O. Walangitan, “PEMILIHAN SISTEM PENGAMANAN PANTAI DENGAN MENGGUNAKAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (STUDI KASUS: PANTAI WORI DI KECAMATAN WORI KABUPATEN MINAHASA UTARA),” *Jurnal Sipil Statik*, vol. 1, no. 8, pp. 579–586, 2013.

S. Putra Tawoeda HanjseJ Tawas and F. Halim, “STUDI TRANSFORMASI GELOMBANG TERHADAP PERUBAHAN GARIS PANTAI BEO BARAT KABUPATEN KEPULAUAN TALAUD,” *Jurnal Sipil Statik*, vol. 4, no. 3, pp. 155–164, 2016.

T. Pasomba’, M. I. Jasin, and T. Jansen, “ANALISIS PASANG SURUT PADA DAERAH PANTAI TOBOLOLO KELURAHAN TOBOLOLO KOTA TERNATE PROVINSI MALUKU UTARA,” *Jurnal Sipil Statik*, vol. 7, no. 11, pp. 1515–1526, 2019.

Triatmodjo, B. 1996. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta. Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta

Triatmodjo, B. 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.