



Pola Sedimentasi Di Muara Sungai Sosoan Atep Oki

Olivia Damopolii^{#a}, Muhammad I. Jasin^{#b}, Arthur H. Thambas^{#c}
Ariestides K. T. Dundu^{#d}, Jeffry D. Mamoto^{#e}, Cindy J. Supit^{#f}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

^aoliviadamopolii021@student.unsrat.ac.id, ^bsanyjasin02@yahoo.com, ^carthur.thambas@unsrat.ac.id

^dtorry@unsrat.ac.id, ^ejeffrymamoto@unsrat.ac.id, ^fcindyjeanesupit@unsrat.ac.id

Abstrak

Muara sungai merupakan wilayah peralihan antara daratan dan laut yang memiliki dinamika tinggi akibat pengaruh proses hidrodinamika. Muara Sungai Sosoan Atep Oki yang berada di Desa Atep Oki, Kecamatan Lembean Timur, Kabupaten Minahasa, menunjukkan adanya permasalahan sedimentasi yang ditandai oleh pendangkalan muara serta perubahan bentuk morfologi kawasan pantai. Penelitian ini bertujuan mengkaji pola sedimentasi yang terjadi di Muara Sungai Sosoan Atep Oki serta mengidentifikasi faktor-faktor hidrodinamika yang berperan, meliputi gelombang, pasang surut, dan arus sungai. Metode penelitian yang digunakan meliputi analisis data angin untuk peramalan gelombang menggunakan Sverdrup-Munk-Bretschneider (SMB), analisis karakteristik gelombang pecah, serta perhitungan angkutan sedimen sejajar pantai dengan metode CERC. Data yang dianalisis merupakan data primer dan sekunder pada tahun 2020-2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses sedimentasi di muara sungai lebih dominan dipengaruhi oleh aktivitas gelombang laut, terutama gelombang yang datang dengan arah membentuk sudut terhadap garis pantai sehingga menghasilkan transport sedimen sejajar pantai. Kondisi tersebut memicu terbentuknya endapan berupa lidah pasir (sand spit) dan pasir gosong (sand bar) di sekitar muara, yang berpotensi menyebabkan penutupan alur muara searah dengan arah dominan pergerakan sedimen. Pengaruh pasang surut dan arus sungai relative lebih kecil dibandingkan pengaruh gelombang. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai bahan pertimbangan dalam pengelolaan kawasan pesisir dan penanganan permasalahan sedimentasi di Muara Sungai Sosoan Atep Oki.

Kata kunci: sedimentasi, muara sungai Sosoan Atep Oki, gelombang, transport sedimen

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Muara sungai atau muara adalah wilayah badan air tempat masuknya satu atau lebih sungai ke laut, samudra, danau, bendungan, atau bahkan sungai lain yang lebih besar. Sedimen yang terbawa dari daratan erosi lahan, aktivitas manusia akan diendapkan atau diolah secara alami di muara sebelum masuk ke laut. Kecepatan aliran air sungai yang melambat drastis saat bertemu dengan air laut menyebabkan partikel sedimen mengendap. Proses ini membentuk fitur seperti delta (jika sedimentasi tinggi) atau laguna (jika pengaruh pasang surut dan gelombang lebih dominan). Akumulasi sedimen di muara dapat menyebabkan progradasi atau maju-nya garis pantai ke arah laut.

Sungai Sosoan Atep Oki yang terletak di Desa Atep Oki Wilayah Kecamatan Lembean Timur, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara, merupakan salah satu sungai yang bermuara di Pantai Atep Oki. Aktivitas di daerah aliran sungai (DAS), seperti permukiman, pembangunan infrastruktur, serta aktivitas industri di sekitarnya, diduga kuat telah meningkatkan beban sedimen yang masuk ke aliran sungai. Indikasi awal seperti sering terjadinya pendangkalan di sekitar muara, berkurangnya kedalaman alur pelayaran bagi perahu nelayan. Belum adanya data yang komprehensif mengenai laju, sebaran, dan karakteristik sedimentasi di Muara Sungai Sosoan

Atep Oki menjadikan masalah ini sulit untuk dikelola secara efektif.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pola penyebaran sedimentasi di muara Sungai Sosan Atep Oki?
2. Faktor-faktor hidrodinamika apa saja (gelombang, pasang surut, arus sungai) yang mempengaruhi proses sedimentasi di muara tersebut?

1.3. Batasan Masalah

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

1. Penelitian ini hanya dilakukan pada muara Sungai Sosan Atep Oki, Desa Atep Oki, Kecamatan Lembean Timur.
2. Data yang digunakan dalam penelitian dibatasi pada periode tahun 2020–2024, sehingga hasil analisis hanya merepresentasikan kondisi dalam kurun waktu tersebut.
3. Analisis yang dilakukan difokuskan pada area muara sungai yang mengalami sedimentasi, tidak mencakup keseluruhan Daerah Aliran Sungai (DAS).
4. Penelitian ini tidak mencakup perencanaan maupun perhitungan teknis bangunan pengaman pantai (seperti jetty, groin, atau breakwater).
5. Penelitian ini tidak menghitung debit sungai.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Menganalisis pola sedimentasi di muara sungai Sosan Atep Oki
2. Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi sedimentasi di daerah penelitian

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat dalam memberikan wawasan ilmiah mengenai sedimentasi di muara sungai, menyediakan data dan informasi yang dapat dijadikan dasar dalam pengelolaan dan perencanaan wilayah pesisir secara lebih berkelanjutan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Google Earth)

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan yang terdapat di muara Sungai Sosoan Atep Oki, yang terletak di Desa Atep Oki, Kecamatan Lembean Timur. Secara geografis terletak pada 1°09'00"N 125°01'22"E.

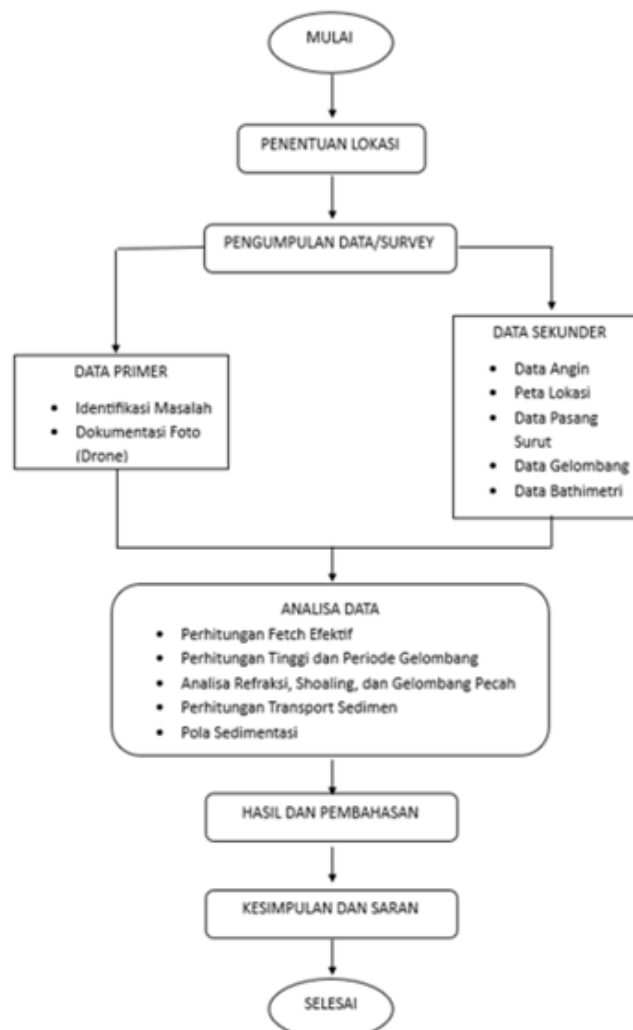
2.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui kunjungan ke berbagai lembaga atau instansi terkait yang berfungsi sebagai sumber informasi untuk memperoleh data dan keterangan yang relevan dengan penelitian ini. Selain itu, pengumpulan data juga dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak pendukung yang sesuai dengan kebutuhan penelitian. Data yang digunakan dalam studi ini meliputi:

- Data kecepatan angin minimal 5 tahun terakhir (2020-2024) dari website Power Dav.Nasa
- Peta satelit dari software Google Earth
- Foto citra satelit dari software Google Earth
- Data pasang surut dari website Sistem Referensi Geospasial (SRGI)
- Data Batimetri dari INA – Geospasial, kemudian diolah menggunakan software Global Mapper

2.3. Bagan Alir Penelitian

Kegiatan penelitian dikerjakan menurut alur pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

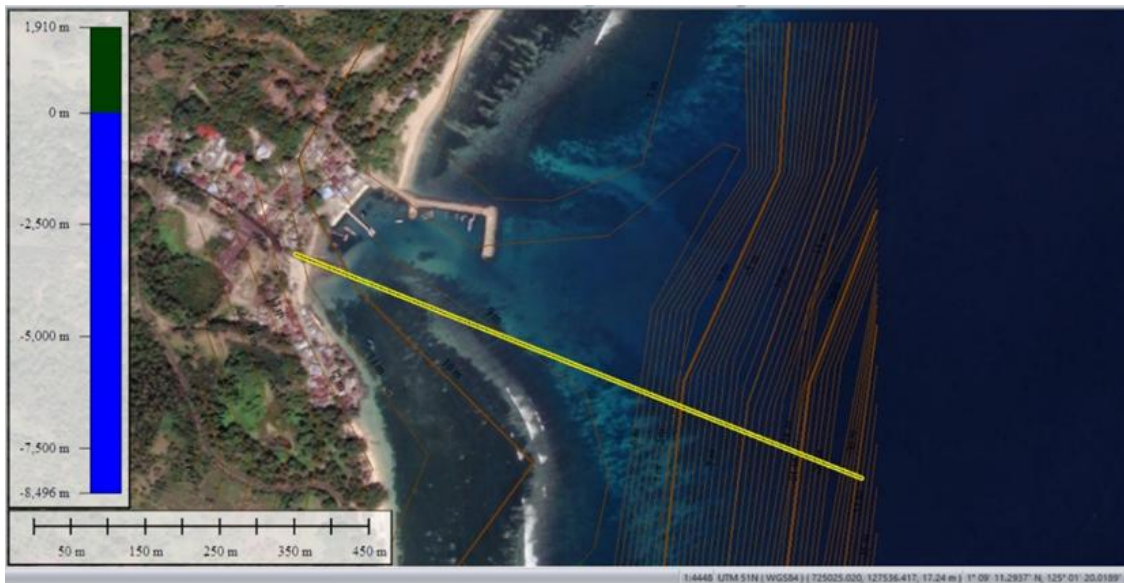
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Peta Topografi dan Bathimetri

Peta topografi dan bathimetri lokasi studi ditunjukkan pada Gambar 3.

3.2 Pasang Surut

Hasil pengukuran pasang surut, komponen pasang surut dan elevasi muka air ditunjukkan pada Tabel 1 sd. Tabel 3.



Gambar 3. Peta Topografi dan Bathimetri

Tabel 1. Tabel Hasil Pengukuran Pasang Surut

No	Tanggal	Jan																							
		0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
1	1-Sep-2025	0,005	-0,04	-0,108	-0,186	-0,258	-0,304	-0,312	-0,277	-0,203	-0,101	0,01	0,014	0,195	0,245	0,263	0,255	0,229	0,197	0,166	0,138	0,114	0,087	0,053	0,007
2	2-Sep-2025	-0,052	-0,118	-0,184	-0,24	-0,277	-0,287	-0,269	-0,227	-0,168	-0,101	-0,084	0,025	0,075	0,116	0,153	0,188	0,222	0,254	0,277	0,283	0,264	0,215	0,137	0,036
3	3-Sep-2025	-0,073	-0,177	-0,258	-0,305	-0,314	-0,287	-0,235	-0,173	-0,115	-0,072	-0,048	-0,04	-0,035	-0,022	0,013	0,074	0,16	0,256	0,345	0,403	0,412	0,362	0,256	0,108
4	4-Sep-2025	-0,056	-0,207	-0,318	-0,372	-0,363	-0,302	-0,211	-0,117	-0,045	-0,013	-0,023	-0,065	-0,117	-0,151	-0,142	-0,078	0,041	0,194	0,351	0,475	0,534	0,508	0,395	0,214
5	5-Sep-2025	0	-0,203	-0,367	-0,432	0,419	-0,332	-0,2	-0,063	0,039	0,079	0,049	-0,037	-0,149	-0,245	-0,287	-0,249	-0,125	0,066	0,283	0,479	0,603	0,624	0,53	0,338
6	6-Sep-2025	-0,088	-0,165	-0,368	-0,478	-0,477	-0,375	-0,206	-0,022	0,126	0,195	0,167	0,053	-0,113	-0,279	-0,391	-0,407	-0,31	-0,113	0,143	0,401	0,597	0,683	0,633	0,457
7	7-Sep-2025	0,193	-0,098	-0,349	-0,508	-0,53	-0,429	-0,235	-0,004	0,199	0,316	0,317	0,2	-0,001	-0,23	-0,421	-0,514	-0,48	-0,31	-0,048	0,249	0,508	0,665	0,678	0,544
8	8-Sep-2025	0,293	-0,014	-0,303	-0,504	-0,571	-0,49	-0,289	-0,022	0,236	0,415	0,469	0,38	0,173	-0,097	-0,357	-0,536	-0,588	-0,48	-0,251	0,05	0,347	0,566	0,65	0,578
9	9-Sep-2025	0,366	0,068	0,239	0,48	-0,592	-0,548	-0,361	-0,081	0,22	0,463	0,585	0,553	0,377	0,101	-0,203	-0,456	-0,598	-0,578	-0,417	-0,151	0,149	0,405	0,55	0,546
10	10-Sep-2025	0,393	0,132	-0,17	-0,433	-0,578	-0,59	-0,439	-0,171	0,149	0,441	0,632	0,675	0,561	0,318	0,011	-0,285	-0,497	-0,574	-0,502	-0,305	-0,041	0,217	0,398	0,453
11	11-Sep-2025	0,367	0,161	-0,109	-0,371	-0,553	-0,603	-0,503	-0,272	0,036	0,35	0,593	0,711	0,676	0,502	0,233	-0,063	-0,315	-0,464	-0,481	-0,373	-0,178	0,045	0,228	0,319
12	12-Sep-2025	0,291	0,148	-0,071	-0,307	-0,495	-0,579	-0,532	-0,357	-0,09	0,21	0,476	0,649	0,693	0,603	0,407	0,155	-0,091	-0,275	-0,361	-0,338	-0,227	-0,07	0,08	0,174
13	13-Sep-2025	0,181	0,095	-0,065	-0,255	-0,423	-0,521	-0,516	-0,401	-0,195	0,059	0,31	0,505	0,606	0,598	0,49	0,316	0,118	-0,056	-0,172	-0,212	-0,181	-0,104	-0,014	0,05
14	14-Sep-2025	0,063	0,012	-0,093	-0,227	-0,354	-0,44	-0,455	-0,389	-0,25	-0,062	0,14	0,318	0,44	0,49	0,465	0,381	0,263	0,14	0,037	-0,03	-0,057	-0,054	-0,038	-0,028
15	15-Sep-2025	-0,04	-0,081	-0,149	-0,229	-0,305	-0,355	-0,364	-0,325	-0,241	-0,123	0,009	0,136	0,241	0,311	0,344	0,342	0,314	0,269	0,217	0,164	0,113	0,062	0,009	-0,048

Tabel 2. Komponen Pasang Surut

	SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A cm	1	37	24	4	21	17	1	13	7	7
g°	0,00	187,5	338,7	68,0	69,1	133,7	23,8	125,8	338,7	69,1

Tabel 3. Elevasi Muka Air

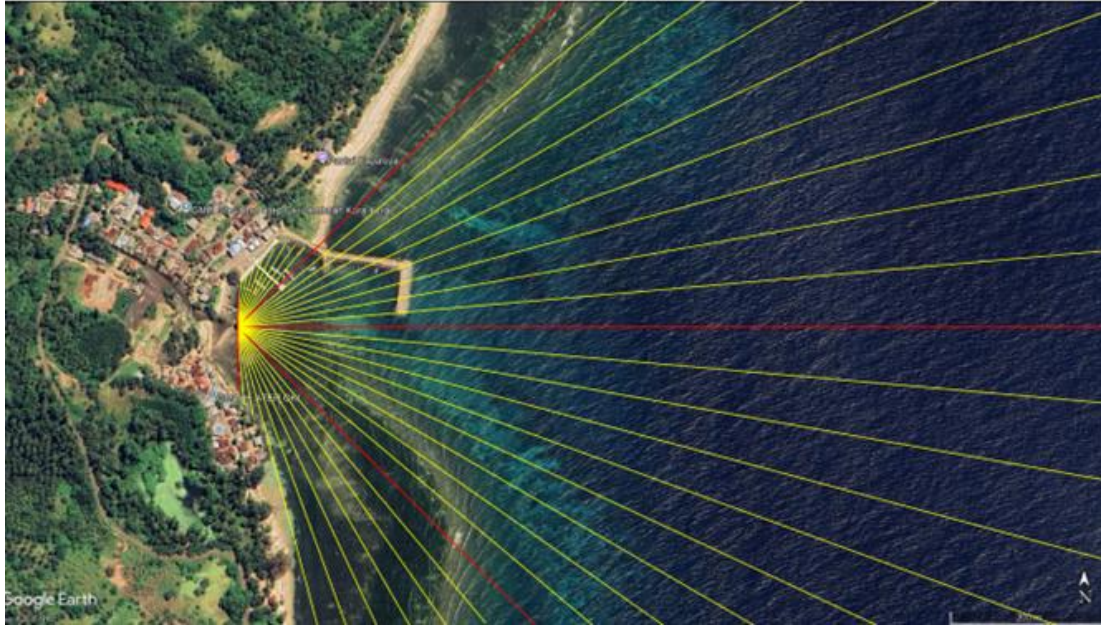
Elevasi Muka Air	Satuan	Data
HHWL	cm	130,49
HWL	cm	71,10
MHWL	cm	61,76
MSL	cm	0,67
MLWL	cm	68,73
LLWL	cm	-122,61
Range	cm	129,81

Tabel 4. Perhitungan Jarak Fetch

Arah Mata Angin	(α)	Jarak Sebenarnya (m)	Jarak Sebenarnya (km)	Fcos(α)	cos(α)	Feff (km)
UTARA (N)	-20	0	0	0	0,940	0,037
	-15	0	0	0	0,966	
	-10	0	0	0	0,985	
	-5	0	0	0	0,996	
	0	40	0	0	1,000	
	5	60	0	0	0,996	
	10	68	0	0	0,985	
	15	78	0	0	0,966	
	20	91	0	0	0,940	
TIMUR LAUT (NE)	-20	110	0	0	0,940	111,453
	-15	123	0	0	0,966	
	-10	128	0	0	0,985	
	-5	134	0	0	0,996	
	0	200000	200	200	1,000	
	5	200000	200	199	0,996	
	10	200000	200	197	0,985	
	15	200000	200	193	0,966	
	20	200000	200	188	0,940	
TIMUR (E)	-20	200000	200	188	0,940	200,000
	-15	200000	200	193	0,966	
	-10	200000	200	197	0,985	
	-5	200000	200	199	0,996	
	0	200000	200	200	1,000	
	5	200000	200	199	0,996	
	10	200000	200	197	0,985	
	15	200000	200	193	0,966	
	20	200000	200	188	0,940	
TENGGARA (SE)	-20	200000	200	188	0,940	200,000
	-15	200000	200	193	0,966	
	-10	200000	200	197	0,985	
	-5	200000	200	199	0,996	
	0	200000	200	200	1,000	
	5	200000	200	199	0,996	
	10	200000	200	197	0,985	
	15	200000	200	193	0,966	
	20	200000	200	188	0,940	
SELATAN (S)	-20	0	0	0	0,940	43,475
	-15	0	0	0	0,966	
	-10	0	0	0	0,985	
	-5	0	0	0	0,996	
	0	81	0	0	1,000	
	5	99	0	0	0,996	
	10	115	0	0	0,985	
	15	200000	200	193	0,966	
	20	200000	200	188	0,940	
BARAT DAYA (SW)	-20	0	0	0	0,940	0,000
	-15	0	0	0	0,966	
	-10	0	0	0	0,985	
	-5	0	0	0	0,996	
	0	0	0	0	1,000	
	5	0	0	0	0,996	
	10	0	0	0	0,985	
	15	0	0	0	0,966	
	20	0	0	0	0,940	
BARAT (W)	-20	0	0	0	0,940	0,000
	-15	0	0	0	0,966	
	-10	0	0	0	0,985	
	-5	0	0	0	0,996	
	0	0	0	0	1,000	
	5	0	0	0	0,996	
	10	0	0	0	0,985	
	15	0	0	0	0,966	
	20	0	0	0	0,940	
BARAT LAUT (NW)	-20	0	0	0	0,940	0,000
	-15	0	0	0	0,966	
	-10	0	0	0	0,985	
	-5	0	0	0	0,996	
	0	0	0	0	1,000	
	5	0	0	0	0,996	
	10	0	0	0	0,985	
	15	0	0	0	0,966	
	20	0	0	0	0,940	
Feff (total)						554,966
Feff (dominan)						200,000

3.3 Gelombang

Gelombang di lokasi studi diperoleh melalui analisis fetch yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan Tabel 4.



Gambar 4. Fetch Lokasi

3.4 Rekapitulasi Arah, Tinggi dan Periode Masing-masing Fetch berdasarkan Hindcasting Gelombang Tahun 2020 – 2024

Tabel 5. Rekapitulasi Arah, Tinggi, dan Periode

Bulan	H - T	Arah Datang Gelombang					Max Tiap Arah
		N	NE	SE	S	E	
JANUARI	H (m)	0,000				1,244	E
	T (det)	0,000				5,082	
FEBRUARI	H (m)	0,084					N
	T (det)	0,789					
MARET	H (m)	0,071	1,091			1,208	NE
	T (det)	0,754	4,540			5,043	
APRIL	H (m)	0,066	1,091			1,027	NE
	T (det)	0,738	4,540			4,829	
MEI	H (m)		0,767	1,151	0,663	1,020	SE
	T (det)		4,132	4,978	3,506	4,820	
JUNI	H (m)			0,726	0,678		SE
	T (det)			3,593	3,527		
JULI	H (m)				0,736		S
	T (det)				3,606		
AGUSTUS	H (m)				0,749		S
	T (det)				3,622		
SEPTEMBER	H (m)				0,726		S
	T (det)				3,593		
OKTOBER	H (m)				0,729		S
	T (det)				3,597		
NOVEMBER	H (m)		0,878		0,528		NE
	T (det)		4,284		3,300		
DESEMBER	H (m)	0,000					N
	T (det)	0,000					
MAX TIAP	H (m)	0,084	1,091	1,151	0,749	1,244	E
ARAH	T (det)	0,789	4,540	4,978	3,622	5,082	

Didapat pada bulan Januari arah Timur paling maksimum dengan:

Tinggi Gelombang (H) = 1,244 m

Periode Gelombang (T) = 5,082 detik

3.5 Analisis Transformasi Gelombang

Tabel 6. Perhitungan Koefisien Refraksi

a_o	d	H_o	T	Lo	d/Lo	d/L
45	10	1,244	4,956	38,324	0,2609	0,27748
41,6778	8	1,132	4,771	35,505	0,2253	0,24633
37,4614	5	1,019	4,530	32,009	0,1562	0,19664
28,8918	2	1,029	4,551	32,316	0,0619	0,10627
16,3425	1	1,338	5,074	40,164	0,0249	0,06478

Tabel 7. Lanjutan Perhitungan Refraksi

L	Co	C	sin a	a	cos ao/cos a	Kr
36,039	7,732	7,271	0,665	41,678	1,080	1,039
32,477	7,442	6,808	0,608	37,461	1,113	1,055
25,427	7,066	5,613	0,483	28,892	1,297	1,139
18,820	7,100	4,135	0,281	16,342	1,768	1,330
15,437	7,916	3,042	0,108	6,209	2,632	1,622

Tabel 8. Perhitungan Gelombang Pecah

H'o	H'o/gT²	m	Hb/H'o	Hb	db
1,4193	0,0059	0,0177	1,11	1,575	1,953
1,3266	0,0059	0,0145	1,11	1,475	1,814
1,1504	0,0057	0,0093	1,17	1,346	1,723
1,0512	0,0052	0,0039	1,18	1,240	1,588
0,9761	0,0039	0,0020	1,21	1,181	1,512

Tabel 9. Perhitungan Kedalaman Gelombang Pecah

Hb/gT²	m	db/Hb	db
0,0065	0,0177	1,24	1,953
0,0066	0,0145	1,23	1,814
0,0067	0,0093	1,28	1,723
0,0061	0,0039	1,28	1,588
0,0047	0,0020	1,28	1,512

3.6 Angkutan Sedimen Sejajar Pantai dan Tegak Lurus Pantai menggunakan Metode CERC

Tabel 10. Hasil Perhitungan Angkutan Sedimen

Angkutan Sedimen	Qs (m³/tahun)
Sejajar Pantai	13389,210
Tegak Lurus Pantai	2621,200

3.7 Penentuan Tipe Sedimen



Gambar 5. Penentuan Tipe Sedimentasi

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 5, pola sedimentasi yang terbentuk di muara sungai menunjukkan karakteristik yang didominasi oleh pengaruh gelombang laut. Hal ini ditunjukkan oleh adanya endapan berbentuk lidah pasir (*sand spit*) dan pasir gosong (*sand bar*) di bagian tengah muara, yang terlihat sebagai gundukan pasir yang memanjang dari arah darat menuju laut.

Ini menunjukkan adanya pola sedimentasi delta lidah pasir. Sedimen terkumpul di sisi muara terutama di sebelah kiri menunjukkan adanya pengaruh arus laut atau gelombang yang membawa material dari satu arah, kemungkinan dari arah kanan ke kiri jika arah datangnya gelombang utama membentuk sudut terhadap garis pantai, maka muara sungai berpotensi mengalami penutupan, di mana arah penutupannya akan sejalan dengan arah pergerakan sedimen atau pasir sepanjang pantai. Aliran sungai tampak menyempit dan berkelok sebelum bertemu laut akibat penumpukan sedimen di mulut muara. Ini menandakan bahwa sedimentasi lebih dominan daripada erosi, membuat muara mengalami pendangkalan.

3.8 Faktor-faktor yang mempengaruhi Pola Sedimentasi di Muara Sungai yang di Dominasi oleh Gelombang

Beberapa faktor yang mempengaruhi pola sedimentasi yang dikendalikan oleh dominasi gelombang antara lain:

1. Arah Gelombang

- Sudut datang gelombang adalah sudut yang terbentuk antara arah datangnya gelombang menuju pantai dengan garis pantai itu sendiri, yang berperan penting dalam menentukan arah arus sejajar pantai (*longshore current*). Arus sejajar pantai ini menjadi faktor utama dalam proses perpindahan sedimen sepanjang garis pantai. Di kawasan muara Sungai Sosoan Atep Oki Kecamatan Lembean Timur, sudut datang gelombang terukur sekitar 45° terhadap garis tegak lurus pantai.
- Dominasi arah gelombang menunjukkan arah utama pergerakan gelombang dalam periode waktu tertentu, yang berpengaruh terhadap arah utama transportasi sedimen. Berdasarkan hasil analisis pergerakan sedimen, diketahui bahwa gelombang dominan berasal dari arah Timur dengan sudut datang sebesar 45° serta memiliki periode gelombang signifikan sebesar 5.082 detik.

2. Tinggi Gelombang

Tinggi Gelombang memiliki peran penting karena berhubungan langsung dengan jumlah energi yang dibawa oleh gelombang. Semakin besar tinggi gelombang, semakin besar pula

energi yang dapat digunakan untuk mengangkut sedimen. Di muara Sungai Sosoan Atep Oki, tinggi gelombang signifikan terukur sebesar 1.244 m.

3. Periode Gelombang

Periode gelombang menunjukkan lamanya waktu yang diperlukan oleh satu gelombang untuk melintasi suatu titik tertentu serta memiliki hubungan erat dengan panjang gelombang. Gelombang dengan periode lebih panjang umumnya memiliki panjang gelombang yang lebih besar, sehingga mampu memengaruhi area dasar laut yang luas dan berpengaruh terhadap pola penyebaran sedimen di sekitar muara

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Hasil analisis pola sedimentasi di muara sungai, dapat disimpulkan bahwa proses pembentukan dan perkembangan morfologi kawasan ini didominasi oleh pengaruh gelombang laut. Hal ini terlihat dari terbentuknya endapan berbentuk lidah pasir (*sand spit*) dan pasir gosong (*sand bar*) di bagian tengah muara yang menunjukkan karakteristik sedimentasi tipe delta lidah pasir. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode CERC, volume angkutan sedimen sejajar pantai mencapai sekitar 13389,210 m³/tahun, sedangkan angkutan sedimen tegak lurus pantai mencapai sekitar 2621,200 m³/tahun.

Faktor-faktor utama yang mempengaruhi pola sedimentasi di muara ini meliputi arah dan tinggi gelombang berasal dari timur dengan sudut 450, periode gelombang signifikan sebesar 5.082 detik. Meskipun akumulasi sedimen di sisi kiri muara mengindikasikan adanya transportasi material sejajar pantai yang disebabkan oleh arus dan gelombang yang datang miring terhadap garis pantai. Kondisi ini menyebabkan penyempitan dan perubahan arah aliran sungai sebelum mencapai laut, serta mengakibatkan pendangkalan pada area muara akibat proses sedimentasi yang lebih kuat dibandingkan erosi. Dengan demikian, pengaruh gelombang laut terbukti sebagai faktor dominan dalam pembentukan pola sedimentasi dan perubahan morfologi muara di lokasi penelitian

4.2 Saran

Dari penelitian maka diperlukan pemantauan jangka panjang untuk muara secara berkala untuk mengamati perubahan bentuk dan dinamika sedimentasi dari waktu ke waktu, khususnya akibat pengaruh gelombang laut yang tinggi. Data jangka panjang akan membantu memahami akumulasi secara lebih akurat. Bisa juga mempertimbangkan pemasangan bangunan pengamanan pantai untuk pengendali sedimentasi (misalnya jetty atau groin).

Referensi

- Temo, M. Z., Mamoto, J. D., & Dundu, A. K. (2024). Studi Pengembangan Wisata Pantai Toro Di Kecamatan Lembean Timur Kabupaten Minahasa. *TEKNO*, 22(89), 1745-1755.
- Sangian, R. S., Jasin, M. I., & Dundu, A. K. (2025). Analisis Sedimentasi Di Muara Sungai Paniki Pantai Tanawangko. *TEKNO*, 23(91), 485-492.
- Manalip, E. H., Jasin, M. I., & Dundu, A. K. (2024). Analisis Sedimentasi Di Muara Sungai Malalayang Kota Manado. *TEKNO*, 22(90), 2197-2204.
- Pokaton, K. Y., Tawas, H. J., Jasin, M. I., & Mamoto, J. D. (2013). Perencanaan Jetty Di Muara Sungai Ranoyapo Amurang. *Jurnal Sipil Statik*, 1(6), 131720.
- Gushaf, Y. K. (2015). Prakiraan Laju Transpor Sedimen Pelabuhan Boom Banyuwangi Menggunakan Metode Gelombang Angin.
- Usman, K. O. (2014). *Analisis Sedimentasi Pada Muara Sungai Komering Kota Palembang* (Doctoral Dissertation, Sriwijaya University).
- Triatmodjo, B 1999. "Teknik Pantai", Beta Offset. Yogyakarta.
- Walangare, A., Jasin, M. I., & Mamoto, J. D. (2025). Analisis Sedimentasi Di Muara Sungai Talawaan Bajo. *TEKNO*, 23(92), 869-876.
- Dauhan, S. K., Tawas, H., Tangkudung, H., & Mamoto, J. D. (2013). Analisis karakteristik gelombang pecah terhadap perubahan garis pantai di Atep Oki. *Jurnal Sipil Statik*, 1(12), 784-796.