



## Analisis Sedimentasi Di Muara Sungai Kuhanga Kabupaten Bolaang Mongondow Utara

Jacky T. Antou<sup>#a</sup>, Arthur H. Thambas<sup>#b</sup>, Jeffry D. Mamoto<sup>#c</sup>

<sup>#</sup>Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

<sup>a</sup>jackyantou021@student.unsrat.ac.id, <sup>b</sup>arthur.thambas@unsrat.ac.id, <sup>c</sup>jeffrymamoto@unsrat.ac.id

### Abstrak

Muara sungai adalah bagian hilir sungai tempat aliran sungai bertemu dengan laut, dan terjadi pencampuran antara air tawar dan air laut. Daerah ini merupakan zona transisi dari lingkungan sungai (fluvial) ke lingkungan laut (marin). Proses sedimentasi yang terjadi di muara sungai memiliki dampak penting terhadap perubahan morfologi Kawasan pesisir, aksesibilitas perairan, serta keseimbangan ekosistem dan aktivitas social ekonomi masyarakat sekitar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sedimentasi serta mengidentifikasi faktor – faktor yang mempengaruhi proses sedimentasi di Muara Sungai Kuhanga Desa Kuhanga Kecamatan Bintauna. Metode yang digunakan meliputi survei lokasi dan pengumpulan data pasang surut, angin, gelombang, dan batimetri. Data pasang surut dari Sistem Reformasi Geospasial Indonesia (SRGI) dan penentuan tipe pasang surut menggunakan metode Admiralty, selanjutnya perhitungan gelombang dilakukan dengan metode handcasting menggunakan data angin dari website ERA 5 Climate Data Store. Karakteristik gelombang dianalisis dengan menghitung transformasi gelombang, yaitu koefisien refraksi dan shoaling dan perhitungan gelombang pecah digunakan untuk mengetahui lokasi pecahnya gelombang. Sedimentasi dianalisis dengan metode CERC untuk mengetahui banyaknya angkutan sedimen sejajar maupun tegak lurus pantai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sedimentasi di muara didominasi oleh pengaruh gelombang laut. Penelitian ini diharapkan bisa memberikan kontribusi dalam pengelolaan wilayah pesisir yang lebih berkelanjutan serta menjadi acuan pertimbangan dalam perencanaan Teknik pengendalian sedimentasi di Kawasan muara sungai Kuhanga.

*Kata kunci: sedimentasi, muara sungai, pasang surut, gelombang, pesisir, CERC, Kuhanga, Bintauna*

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Pantai Bunga Indah yang terletak di Desa Kuhanga, Kecamatan Bintauna, Kabupaten Bolaang Mongondow Utara, Provinsi Sulawesi Utara. Pantai ini memiliki akses yang strategis karena letaknya hanya sekitar 300m dari jalan Trans Sulawesi di Desa Kuhanga. Gelombang pasang di Pantai Bunga Indah, dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk kondisi cuaca dan fase bulan. Pada periode tertentu, terutama saat musim peralihan antara musim hujan dan kemarau, kecepatan angin yang lebih tinggi dapat meningkatkan ketinggian gelombang.

Muara sungai dan kawasan pantai memiliki peran krusial dalam aspek ekologi serta sosial-ekonomi. Muara merupakan zona pertemuan antara air sungai yang tawar dan air laut yang asin, menciptakan habitat yang kaya akan keanekaragaman hayati, seperti berbagai jenis ikan, burung, dan tumbuhan.

Sedimentasi merupakan proses pengendapan material seperti pasir, lumpur, dan batu yang terbawa oleh aliran air, hembusan angin, atau gelombang laut ke lokasi tertentu. Di kawasan pesisir, sedimen bisa berasal dari daratan melalui sungai, atau berasal dari laut akibat proses erosi dan abrasi. Proses ini berperan dalam membentuk dan mengubah struktur pantai seiring waktu. Penumpukan atau kehilangan sedimen dapat menyebabkan pantai bertambah luas (akresi) atau menyempit (erosi). Contohnya, muara sungai sering menjadi tempat utama terjadinya sedimentasi, yang bisa membentuk delta atau dataran banjir.

Secara umum, penelitian dalam bidang lingkungan dan pesisir sangat penting untuk menjaga kelestarian ekosistem serta memastikan bahwa masyarakat dapat terus memanfaatkan sumber daya alam dan hidup berdampingan dengan lingkungan tersebut secara berkelanjutan. Oleh karena itu, dilakukan analisis sedimentasi di muara sungai dan dampaknya terhadap morfologi pantai, dengan tujuan untuk memahami pengaruhnya berdasarkan volume atau distribusi sedimen.

### 1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini yakni faktor apa yang mempengaruhi sedimentasi di muara Sungai Kuhanga Pantai Bunga Indah?

### 1.3. Batasan Masalah

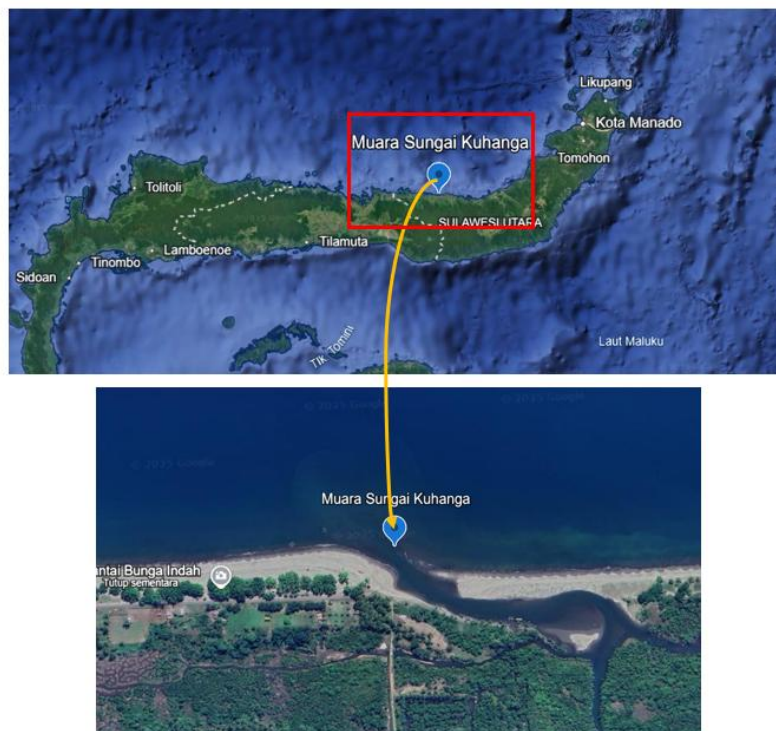
1. Penelitian ini hanya dilakukan di pantai Bunga Indah;
2. Tidak menghitung rencana atau rancangan bangunan pengaman pantai;
3. Tidak mencakup Daerah Aliran Sungai (DAS), melainkan hanya pada area muara sungai yang mengalami sedimentasi.

### 1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi sedimentasi di muara Sungai Kuhanga Pantai Bunga Indah.

### 1.5. Manfaat Penelitian

1. Menambah pengetahuan dan wawasan peneliti terhadap penelitian yang berhubungan dengan analisis sedimentasi pantai;
2. Mengetahui volume sedimen, tegak lurus dan sejajar pantai;
3. Manfaat bagi masyarakat sekitar dan pengelola pantai.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian (Google Earth)

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Lokasi Penelitian

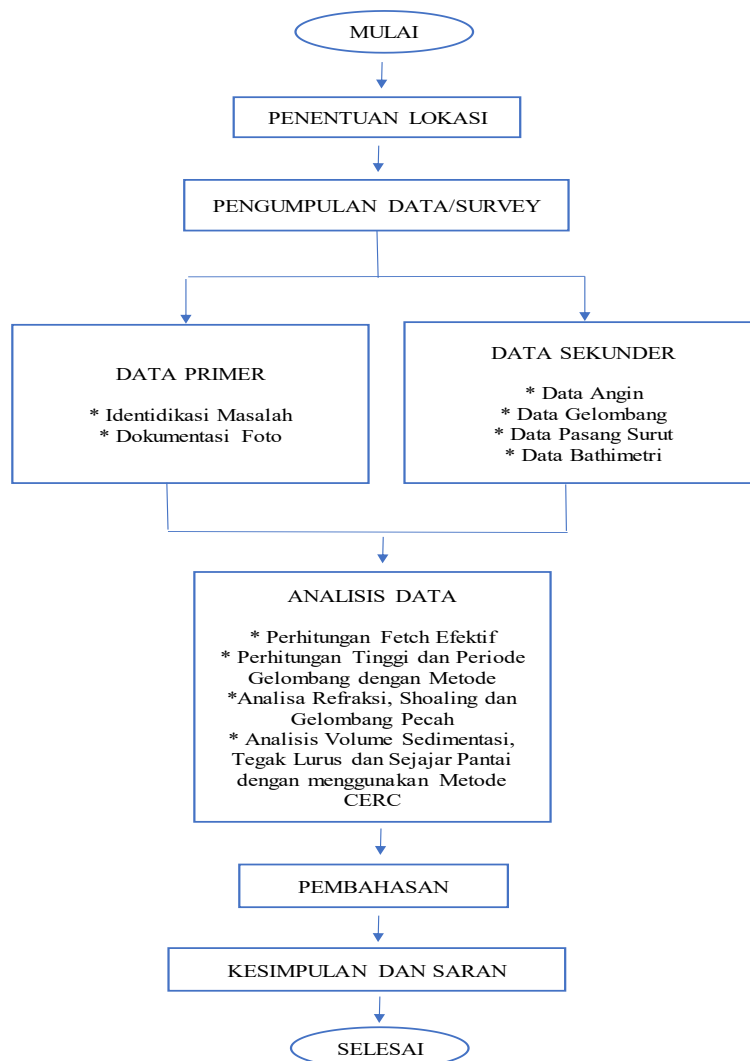
Survey ini dilakukan di Muara Sungai Kuhanga, Kecamatan Bintauna, Kabupaten Bolaang Mongondow Utara, Provinsi Sulawesi Utara. Lokasi Penelitian ini tepatnya berada di posisi koordinat 0°53'11"N 123°31'44"E.

### 2.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui kunjungan ke berbagai Lembaga atau instansi terkait guna memperoleh informasi dan data yang relevan dengan penelitian ini, serta dengan memanfaatkan software – software pendukung sebagai alat bantu dalam proses pengumpulan data. Data – data yang dimaksud meliputi:

1. Data kecepatan angin 5 tahun terakhir dari website (ERA 5 climate data store);
2. Data Pasang Surut dari website Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI);
3. Peta lokasi / satelit dari *software Google Earth*;
4. Data Bathimetri dari *Batnas* menggunakan *software Global Mapper*.

### 2.3. Bagan Alir Penelitian



**Gambar 2.** Bagan Alir Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Pasang Surut

**Tabel 1.** Tabel Hasil Pengukuran Pasang Surut

No	Tanggal	Jam																							Jumlah	Bacam	
		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-Jul-2025	0,57	0,72	0,72	0,55	0,26	-0,09	-0,42	-0,64	-0,71	-0,61	-0,39	0,09	0,20	0,48	0,52	0,47	0,30	0,05	-0,20	-0,39	-0,46	-0,40	-0,23	0,02	0,18	0,01
2	2-Jul-2025	0,27	0,47	0,55	0,50	0,33	0,07	-0,21	-0,44	-0,58	-0,58	-0,45	-0,23	0,04	0,28	0,44	0,49	0,43	0,26	-0,05	-0,16	-0,31	-0,36	-0,31	-0,17	0,30	0,01
3	3-Jul-2025	0,02	0,20	0,33	0,37	0,31	0,16	-0,05	-0,25	-0,41	-0,48	-0,45	-0,31	-0,11	0,12	0,31	0,44	0,47	0,40	-0,26	0,08	-0,10	-0,23	-0,29	-0,26	0,00	0,00
4	4-Jul-2025	-0,17	-0,04	0,09	0,18	0,21	0,16	0,05	-0,30	-0,24	-0,34	-0,38	-0,33	-0,21	-0,04	0,16	0,33	0,44	0,47	0,42	0,29	0,13	-0,04	-0,18	-0,27	0,38	0,02
5	5-Jul-2025	-0,28	-0,24	-0,15	-0,04	0,05	0,09	0,08	0,02	-0,08	-0,19	-0,27	-0,30	-0,27	-0,16	-0,01	0,17	0,34	0,46	0,51	0,47	0,35	0,19	-0,01	-0,18	0,57	0,02
6	6-Jul-2025	-0,30	-0,36	-0,34	-0,26	-0,15	-0,04	0,05	0,08	0,05	-0,03	-0,13	-0,22	-0,27	-0,25	-0,16	0,00	0,19	0,38	0,52	0,59	0,55	0,42	0,22	-0,01	0,50	0,02
7	7-Jul-2025	-0,24	-0,40	-0,48	-0,46	-0,36	-0,21	-0,05	0,07	0,13	0,11	0,02	-0,10	-0,22	-0,30	-0,29	-0,19	0,00	0,23	0,46	0,63	0,70	0,65	0,47	0,21	0,37	0,02
8	8-Jul-2025	-0,08	-0,35	-0,54	-0,61	-0,56	-0,41	-0,21	0,00	0,15	0,21	0,17	0,04	-0,13	-0,29	-0,37	-0,35	-0,21	0,09	0,32	0,58	0,77	0,82	0,72	0,48	0,17	0,01
9	9-Jul-2025	0,15	-0,21	-0,51	-0,69	-0,73	-0,62	-0,40	0,13	0,11	0,26	0,29	0,24	0,01	-0,21	-0,39	-0,47	-0,41	-0,20	0,11	0,45	0,74	0,92	0,92	0,74	0,23	0,01
10	10-Jul-2025	0,42	0,01	-0,38	-0,68	-0,83	-0,79	-0,60	-0,31	0,01	0,26	0,38	0,34	0,17	-0,08	-0,34	-0,52	-0,56	-0,43	-0,14	0,24	0,62	0,91	1,04	0,96	-0,33	-0,01
11	11-Jul-2025	0,69	0,28	-0,17	-0,38	-0,84	-0,91	-0,79	-0,51	-0,15	0,18	0,40	0,46	0,34	0,09	-0,22	-0,49	-0,64	-0,61	-0,39	-0,03	0,40	0,79	1,05	1,10	-0,34	-0,02
12	12-Jul-2025	0,92	0,56	0,09	-0,39	-0,76	-0,95	-0,92	-0,70	-0,34	0,05	0,36	0,52	0,49	0,29	-0,04	-0,38	-0,63	-0,72	-0,61	-0,30	0,13	0,58	0,94	1,12	-0,68	-0,05
13	13-Jul-2025	1,07	0,80	0,36	-0,14	-0,60	-0,90	-0,98	0,83	-0,53	-0,13	0,26	0,52	0,60	0,47	0,19	-0,18	-0,52	-0,72	-0,74	-0,54	-0,17	0,29	0,71	1,01	0,99	0,04
14	14-Jul-2025	1,10	-0,95	-0,60	0,12	-0,37	-0,76	-0,96	-0,98	-0,69	-0,31	0,10	0,45	0,64	0,62	-0,41	-0,07	-0,31	-0,61	-0,76	-0,69	-0,43	-0,03	0,41	0,78	-0,64	-0,19
15	15-Jul-2025	0,99	0,98	0,75	0,35	-0,12	-0,53	-0,84	-0,98	-0,79	-0,48	-0,08	0,31	0,60	0,70	0,59	0,32	-0,04	-0,40	-0,65	-0,72	-0,60	-0,31	0,08	0,47	-0,36	-0,01

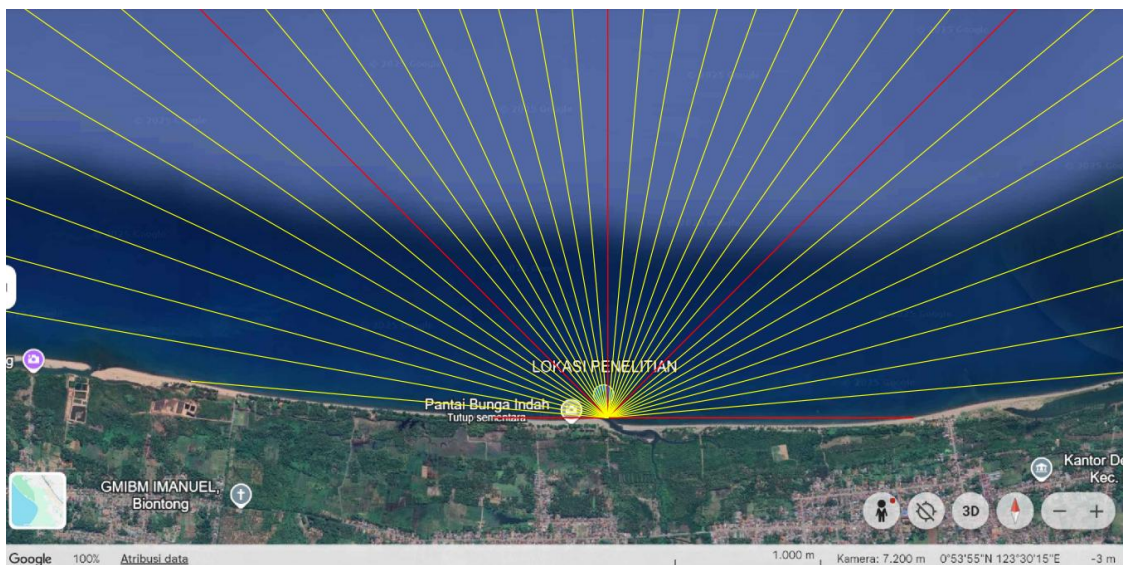
**Tabel 2.** Komponen Pasang Surut

	SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A cm	-0,38	82	27	7	18	14	2	11	7	6
g°	0,00	87,7	197,5	212,2	174,3	217,7	74,1	261,2	197,5	174,3

**Tabel 3.** Elevasi Muka Air

Elevasi Muka Air	Satuan	Data
HHWL	cm	173,82
HWL	cm	111,90
MHWL	cm	108,62
MSL	cm	-0,38
MLWL	cm	-109,38
LLWL	cm	-167,26
Range	cm	174,20

#### 3.2 Gelombang



**Gambar 3.** Fetch Lokasi

**Tabel 4.** Perhitungan Jarak Fetch

arah Mata Angin	$(\alpha)$	Jarak Sebenarnya	Jarak Sebenarnya	$F\cos(\alpha)$	$\cos(\alpha)$	Feff
		(m)	(km)			(km)
UTARA (N)	-20	200000	200,000	187,939	0,940	200,000
	-15	200000	200,000	193,185	0,966	
	-10	200000	200,000	196,962	0,985	
	-5	200000	200,000	199,239	0,996	
	0	200000	200,000	200,000	1	
	5	200000	200,000	199,239	0,996	
	10	200000	200,000	196,962	0,985	
	15	200000	200,000	193,185	0,966	
	20	200000	200,000	187,939	0,940	
TIMUR LAUT (NE)	-20	200000	200,000	187,939	0,940	200,000
	-15	200000	200,000	193,185	0,966	
	-10	200000	200,000	196,962	0,985	
	-5	200000	200,000	199,239	0,996	
	0	200000	200,000	200,000	1	
	5	200000	200,000	199,239	0,996	
	10	200000	200,000	196,962	0,985	
	15	200000	200,000	193,185	0,966	
	20	200000	200,000	187,939	0,940	
TIMUR (E)	-20	200000	200,000	187,939	0,940	88,840
	-15	200000	200,000	193,185	0,966	
	-10	200000	200,000	196,962	0,985	
	-5	200000	200,000	199,239	0,996	
	0	2092	2,092	2,092	1	
	5	0	0,000	0,000	0,996	
	10	0	0,000	0,000	0,985	
	15	0	0,000	0,000	0,966	
	20	0	0,000	0,000	0,940	
TENGGARA (SE)	-20	0	0,000	0,000	0,940	0,000
	-15	0	0,000	0,000	0,966	
	-10	0	0,000	0,000	0,985	
	-5	0	0,000	0,000	0,996	
	0	0	0,000	0,000	1	
	5	0	0,000	0,000	0,996	
	10	0	0,000	0,000	0,985	
	15	0	0,000	0,000	0,966	
	20	0	0,000	0,000	0,940	
SELATAN (S)	-20	0	0,000	0,000	0,940	0,000
	-15	0	0,000	0,000	0,966	
	-10	0	0,000	0,000	0,985	
	-5	0	0,000	0,000	0,996	
	0	0	0,000	0,000	1	
	5	0	0,000	0,000	0,996	
	10	0	0,000	0,000	0,985	
	15	0	0,000	0,000	0,966	
	20	0	0,000	0,000	0,940	

BARAT DAYA (SW)	-20	0	0,000	0,000	0,940	0,000
	-15	0	0,000	0,000	0,966	
	-10	0	0,000	0,000	0,985	
	-5	0	0,000	0,000	0,996	
	0	0	0,000	0,000	1	
	5	0	0,000	0,000	0,996	
	10	0	0,000	0,000	0,985	
	15	0	0,000	0,000	0,966	
	20	0	0,000	0,000	0,940	
BARAT (W)	-20	0	0,000	0,000	0,940	66,308
	-15	0	0,000	0,000	0,966	
	-10	0	0,000	0,000	0,985	
	-5	0	0,000	0,000	0,996	
	0	784	0,784	0,784	1	
	5	2882	2,882	2,871	0,996	
	10	200000	200,000	196,962	0,985	
	15	200000	200,000	193,185	0,966	
	20	200000	200,000	187,939	0,940	
BARAT LAUT (NW)	-20	200000	200,000	187,939	0,940	200,000
	-15	200000	200,000	193,185	0,966	
	-10	200000	200,000	196,962	0,985	
	-5	200000	200,000	199,239	0,996	
	0	200000	200,000	200,000	1	
	5	200000	200,000	199,239	0,996	
	10	200000	200,000	196,962	0,985	
	15	200000	200,000	193,185	0,966	
	20	200000	200,000	187,939	0,940	
					Feff (total)	755,149
					Feff (dominan)	200

### 3.3 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 Bulan	
		W	NW	N	NE	-	-	-	Arah	H - T
JANUARI	H (m)	-	0,922	0,626	-	-	-	-	NW	0,922
	T (det)	-	4,117	3,447	-	-	-	-		4,117
FEBRUARI	H (m)	-	1,010	-	0,846	-	-	-	NW	1,010
	T (det)	-	4,293	-	3,959	-	-	-		4,293
MARET	H (m)	-	0,730	0,601	-	-	-	-	NW	0,730
	T (det)	-	3,700	3,383	-	-	-	-		3,700
APRIL	H (m)	-	0,942	0,669	-	-	-	-	NW	0,942
	T (det)	-	4,157	3,554	-	-	-	-		4,157
MEI	H (m)	-	0,640	0,717	-	-	-	-	N	0,717
	T (det)	-	3,484	3,669	-	-	-	-		3,669
JUNI	H (m)	-	-	0,770	-	-	-	-	N	0,770
	T (det)	-	-	3,790	-	-	-	-		3,790
JULI	H (m)	-	0,834	0,626	-	-	-	-	NW	0,834
	T (det)	-	3,933	3,447	-	-	-	-		3,933
AGUSTUS	H (m)	-	0,616	0,770	-	-	-	-	N	0,770
	T (det)	-	3,422	3,790	-	-	-	-		3,790
SEPTEMBER	H (m)	-	0,757	0,717	-	-	-	-	NW	0,757
	T (det)	-	3,761	3,669	-	-	-	-		3,761
OKTOBER	H (m)	-	0,846	0,802	-	-	-	-	NW	0,846
	T (det)	-	3,959	3,863	-	-	-	-		3,959
NOVEMBER	H (m)	0,565	-	0,744	-	-	-	-	N	0,744
	T (det)	3,290	-	3,731	-	-	-	-		3,731
DESEMBER	H (m)	-	0,858	-	-	-	-	-	SE	0,858
	T (det)	-	3,984	-	-	-	-	-		3,984
MAX TIAP ARAH	H (m)	0,565	1,010	0,802	-	-	-	-	NW	1,010
	T (det)	3,290	4,293	3,863	-	-	-	-		4,293

Didapat pada Bulan Februari arah Barat Laut paling maksimum dengan:

Tinggi Gelombang (H) = 1,010 meter

Periode Gelombang (T) = 4,293 detik

### 3.4 Koefisien Refraksi dan Koefisien Shoaling

**Tabel 6.** Perhitungan Shoaling untuk Barat Laut

Lo	d/Lo	d/L	L	no	n	Kr	Ks	H
28,6471	0,8727	0,8727	28,6462	0,50	0,5002	1,0000	0,9996	1,0099
28,6385	0,6984	0,6986	28,6298	0,50	0,5013	1,0002	0,9976	1,0078
28,5850	0,5248	0,5262	28,5083	0,50	0,5089	1,0017	0,9851	0,9945
28,2570	0,3539	0,3615	27,6616	0,50	0,5484	1,0135	0,9314	0,9388
26,8611	0,1861	0,2135	23,4225	0,50	0,6843	1,0861	0,8379	0,8543
24,6763	0,0405	0,0839	11,9214	0,50	0,9182	1,4795	1,1272	1,4248
37,2912	0,0134	0,0469	10,6723	0,50	0,9722	1,8818	1,7970	4,8182

**Tabel 7.** Perhitungan Refraksi untuk Barat Laut

a <sub>0</sub>	d	H0	T	Lo	d/Lo	d/L	L	Co	C	sin a	a	cos ao/cos a
45,00	25	1,0103	4,2853	28,6471	0,8727	0,8727	28,6462	6,6850	6,6848	0,70708	44,9982	1,0000
45,00	20	1,0099	4,2846	28,6385	0,6984	0,6986	28,6298	6,6840	6,6820	0,70687	44,9807	1,0004
44,98	15	1,0078	4,2806	28,5850	0,5248	0,5262	28,5083	6,6778	6,6598	0,70497	44,8272	1,0034
44,83	10	0,9945	4,2560	28,2570	0,3539	0,3615	27,6616	6,6394	6,4995	0,69012	43,6394	1,0272
43,64	5	0,9388	4,1495	26,8611	0,1861	0,2135	23,4225	6,4733	5,6446	0,60177	36,9969	1,1795
37,00	1,0	0,8543	3,9772	24,6763	0,0405	0,0839	11,9214	6,2044	2,9974	0,29072	16,9012	2,1890
16,90	0,5	1,4248	4,8892	37,2912	0,0134	0,0469	10,6723	7,6272	2,1828	0,08320	4,7726	3,5413

### 3.5 Perhitungan Gelombang Pecah

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan grafik yang tersedia yaitu grafik yang menyatakan hubungan antara  $H_b / gT^2$ .

**Tabel 8.** Perhitungan Gelombang Pecah untuk Potongan Tenggara

H'o	H'o/gT <sup>2</sup>	m	Hb/H'o	Hb	db
1,0107	0,0056	0,0326	1,1680	1,1805	1,3233
1,0123	0,0056	0,0557	1,2400	1,2553	1,3808
1,0230	0,0057	0,0885	1,2500	1,2787	1,1828
1,0676	0,0060	0,0859	1,2477	1,3321	1,2655
1,1204	0,0066	0,0787	1,1870	1,3299	1,2967
0,7579	0,0049	0,0934	1,2814	0,9712	0,8741
0,7929	0,0034	0,0967	1,4680	1,1640	1,0185

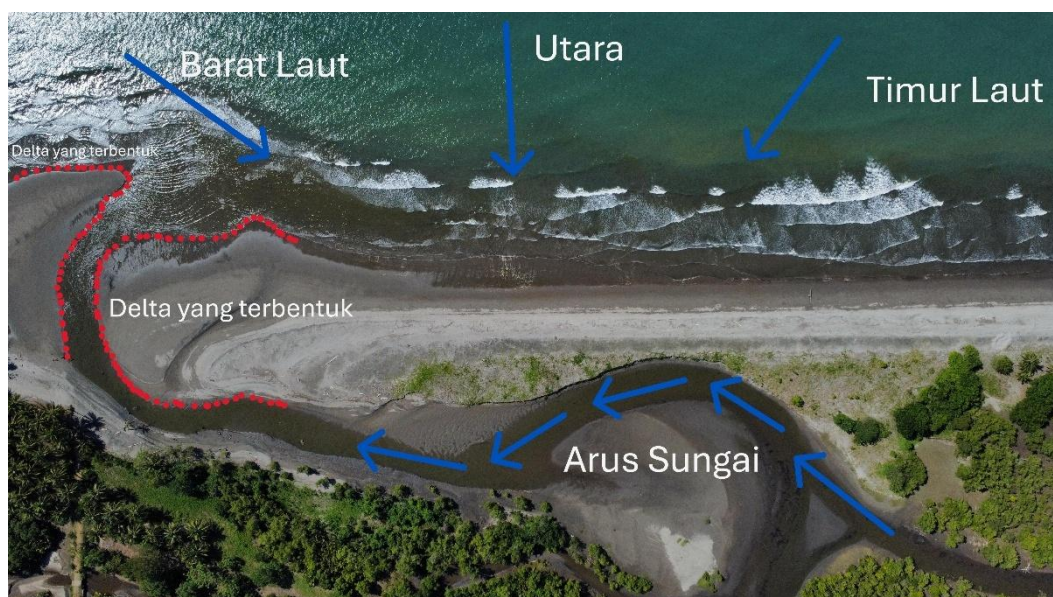
### 3.6 Angkutan Sedimen Sejajar Pantai dan Tegak Lurus Pantai dengan Menggunakan Metode CERC

**Tabel 9.** Perhitungan Angkutan Sedimen

Angkutan Sedimen	Qs (m <sup>3</sup> /tahun)
Sejajar Pantai	2708,627
Tegak Lurus Pantai	2621,200

### 3.7 Penentuan Tipe Sedimentasi

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 5 menunjukkan bahwa pola sedimentasi yang terbentuk di muara sungai menunjukkan karakteristik yang secara dominan dikendalikan oleh pengaruh dinamika gelombang laut. Hal ini ditunjukkan oleh perubahan posisi mulut sungai yang terjadi secara periodic, terutama pada bagian muara yang mengalami pergeseran arah aliran. Pergeseran tersebut merupakan akibat dari proses angkutan sedimen sejajar pantai yang dipengaruhi oleh arah datang gelombang.



**Gambar 5.** Penentuan Tipe Sedimentasi



### 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 sebesar  $16,90^\circ$  terhadap garis tegak lurus pantai membangkitkan arus sejajar pantai sebagai mekanisme utama transportasi sedimen
  - Arah dominan gelombang berasal dari Barat Laut dan periode signifikan 4,293 detik.
2. Tinggi Gelombang  
Tinggi gelombang signifikan 1,010 m menentukan energi gelombang yang mampu mengangkut sedimen di sekitar muara.
3. Periode Gelombang  
Periode gelombang menggambarkan waktu yang dibutuhkan satu gelombang untuk melewati titik tertentu dan berkaitan erat dengan panjang gelombang.

## 4. Kesimpulan dan Saran

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa pola sedimentasi di Muara Sungai Kuhanga dikendalikan oleh dominasi gelombang laut. Pengaruh gelombang yang datang dari arah Barat Laut dengan sudut sekitar  $16,90^\circ$  dan periode signifikan 4,293 detik menyebabkan terjadinya angkutan sedimen sejajar pantai sebesar  $\pm 2.708,627 \text{ m}^3/\text{tahun}$  dan tegak lurus pantai sebesar  $\pm 2.621,200 \text{ m}^3/\text{tahun}$ . Aktivitas gelombang ini memicu pergeseran posisi mulut sungai secara periodik serta pendangkalan di area muara. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa gelombang laut merupakan faktor dominan yang membentuk pola sedimentasi dan perubahan morfologi muara di lokasi penelitian.

### 4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan dilakukan pemantauan rutin terhadap dinamika sedimentasi di muara, terutama pada musim gelombang tinggi, untuk mencegah penutupan alur muara dan kerusakan lingkungan pesisir. Kajian teknis lanjutan mengenai pembangunan bangunan pelindung pantai seperti *jetty* atau *groin* perlu dipertimbangkan sebagai upaya pengendalian sedimentasi dan menjaga keterbukaan muara.

## Referensi

- Manalip, E. H., Jasin, M. I., & Dundu, A. K. (2024). Analisis Sedimentasi Di Muara Sungai Malalayang Kota Manado. *TEKNO*, 22(90), 2197-2204.
- Sepang, I. S., Mamoto, J. D., & Thambas, A. H. (2024). Analisis Pasang Surut Di Kawasan Pantai Budo Desa Budo Kecamatan Wori Kabupaten Minahasa Utara. *TEKNO*, 22(88), 1471-1478.
- Sumampouw, F. V., Thambas, A. H., & Jasin, M. I. (2023). Perencanaan Pengaman Pantai Di Pantai Bahoi Kecamatan Likupang Barat. *TEKNO*, 21(85), 837-848.
- Tiranda, T. A., Jasin, M. I., & Mamoto, J. D. (2022). Analisis Karakteristik Gelombang Di Pantai Matabulu Kecamatan Nuangan Kabupaten Bolaang Mongondow Provinsi Sulawesi Utara. *TEKNO*, 20(81).
- Anasiru, T. (2006). Angkutan sedimen pada muara sungai palu. *SMARTek*, 4(1), 221845.
- Sangian, R. S., Jasin, M. I., & Dundu, A. K. (2025). Analisis Sedimentasi Di Muara Sungai Paniki Pantai Tanawangko. *TEKNO*, 23(91), 485-492.
- Walangare, A., Jasin, M. I., & Mamoto, J. D. (2025). Analisis Sedimentasi Di Muara Sungai Talawaan Bajo. *TEKNO*, 23(92), 869-876.
- 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.
- Triatmodjo, B. 2012. Perencanaan Bangunan Pantai. Beta Offset. Yogyakarta.

SHORE PROTECTION MANUAL 1984. DEPARTEMENT OF THE ARMY US Army Corps of Engineers Washington, DC 23014.  
<https://www.ruangguru.com/blog/mengenal-sedimentasi-dan-jenis-jenisnya>