



Analisis Sedimentasi Di Muara Sungai Wowesen Dua Desa Borgo Kecamatan Belang Kabupaten Minahasa Tenggara

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

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

^atrisonlikawalo021@student.unsrat.ac.id, ^bjeffrymamoto@unsrat.ac.id, ^carthur.thambas@unsrat.ac.id

^dtorry@unsrat.ac.id, ^esanyjasin02@yahoo.com, ^fcindyjeanesupit@unsrat.ac.id

Abstrak

Muara sungai merupakan wilayah transisi dinamis antara sistem perairan darat dan laut yang dipengaruhi oleh interaksi arus, gelombang, dan pasang surut. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi proses sedimentasi dan menganalisis pola sedimentasi. Data yang digunakan meliputi pasang surut, angin, gelombang, dan batimetri, dengan analisis gelombang melalui metode hindcasting serta perhitungan transport sedimen menggunakan metode CERC. Adapun hasil yang didapat dalam penelitian ini dan dari hasil tersebut menunjukkan bahwa pola sedimentasi di muara didominasi gelombang laut, yakni ditandai dengan adanya pergeseran mulut sungai secara periodik akibat angkutan sedimen tegak lurus pantai. Volume angkutan sedimen sejajar pantai mencapai 2608,4 m³/tahun, sedangkan tegak lurus pantai 2.621 m³/tahun. Faktor utama yang berpengaruh adalah arah gelombang dominan dari arah tenggara dengan sudut 22,51° dan periode signifikan 3,859 detik. Kondisi ini tentu berpotensi dapat menutup bagian muara jika debit aliran air dari hulu tidak mencukupi. Pada penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengelolaan ataupun perencanaan pesisir berkelanjutan serta dasar teknis dalam pengendalian sedimentasi di kawasan muara sungai Wowesen Dua Desa Borgo Kecamatan Belang Kabupaten Minahasa Tenggara.

Kata kunci: sedimentasi, CERC, gelombang, muara Sungai Wowesen Dua

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Muara sungai merupakan zona peralihan yang penting antara sistem perairan darat dan laut, di mana proses-proses fisik, kimia, dan biologis saling berinteraksi secara kompleks. Salah satu permasalahan utama yang sering terjadi di wilayah muara adalah pendangkalan akibat sedimentasi, yaitu akumulasi material hasil erosi seperti lumpur, pasir, dan kerikil yang terbawa oleh aliran sungai dan terendapkan di bagian hilir saat energi aliran berkurang. Fenomena pendangkalan ini menjadi semakin nyata dan signifikan di berbagai wilayah pesisir Indonesia, salah satunya di Muara Sungai Wowesen Dua, Desa Borgo, Kecamatan Belang, Kabupaten Minahasa Tenggara. Berdasarkan pengamatan visual, area muara menunjukkan indikasi pendangkalan yang cukup berat, ditandai dengan terbentuknya endapan sedimen di mulut sungai, penyempitan alur sungai, serta timbulnya daratan baru dari hasil pengendapan. Kondisi ini menyebabkan terganggunya aliran air sungai ke laut, menurunnya kapasitas tampungan alur sungai, dan meningkatnya risiko banjir, terutama saat musim hujan dan pasang laut tinggi.

Pendangkalan muara tidak hanya berdampak pada sistem hidrologi, tetapi juga memberikan pengaruh negatif terhadap ekosistem pesisir dan aktivitas sosial-ekonomi masyarakat, terutama para nelayan dan warga yang tinggal di sekitar muara. Untuk permasalahan pendangkalan akibat sedimentasi ini memerlukan perhatian serius karena berdampak jangka

panjang terhadap keberlanjutan fungsi muara, baik secara ekologis maupun sosial. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang komprehensif untuk menganalisis karakteristik sedimentasi, serta faktor-faktor penyebabnya. Dengan memahami proses sedimentasi di Muara Sungai Wowesen Dua secara menyeluruh, diharapkan dapat dirumuskan solusi pengelolaan muara yang berkelanjutan dan adaptif terhadap perubahan lingkungan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola sedimentasi dan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi proses sedimentasi di muara sungai Wowesen Dua Desa Borgo Kecamatan Belang.

1.2. Rumusan Masalah

1. Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi proses sedimentasi di Muara Sungai Wowesen Dua Desa Borgo, Kec. Belang, Kab. Minahasa Tenggara?
2. Bagaimana pola sedimentasi di Muara Sungai Wowesen Dua Desa Borgo, Kec. Belang, Kab. Minahasa Tenggara?

1.3. Batasan Masalah

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

1. Kegiatan penelitian ini hanya dilaksanakan pada area Muara Sungai Wowesen Dua Desa Borgo, Kecamatan Belang
2. Tidak mencakup daerah aliran sungai (DAS) secara keseluruhan, melainkan hanya pada area muara sungai yang mengalami sedimentasi.
3. Tidak melakukan perhitungan rencana atau rancangan bangunan pengaman pantai

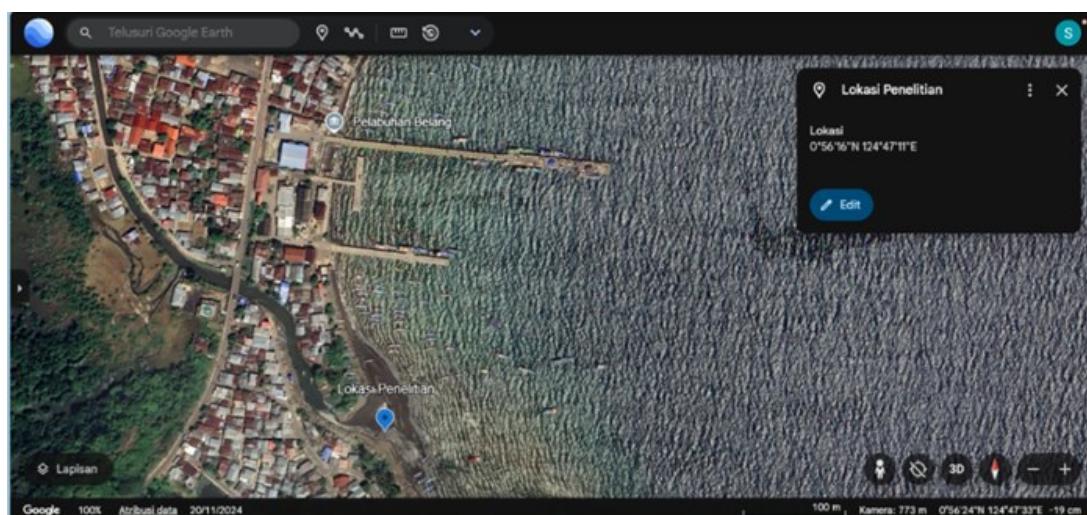
1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini yaitu:

1. Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi sedimentasi di daerah penelitian
2. Menganalisis pola sedimentasi yang terbentuk

1.5. Manfaat Penelitian

Maanfaat dalam pelaksanaan penelitian ini yakni untuk memberikan pengetahuan lebih lanjut mengenai sedimentasi di muara sungai, menyediakan data dan informasi yang nantinya dapat dijadikan dasar dalam pengelolaan, pemeliharaan dan perencanaan di wilayah pesisir secara lebih berkelanjutan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Google Earth)

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

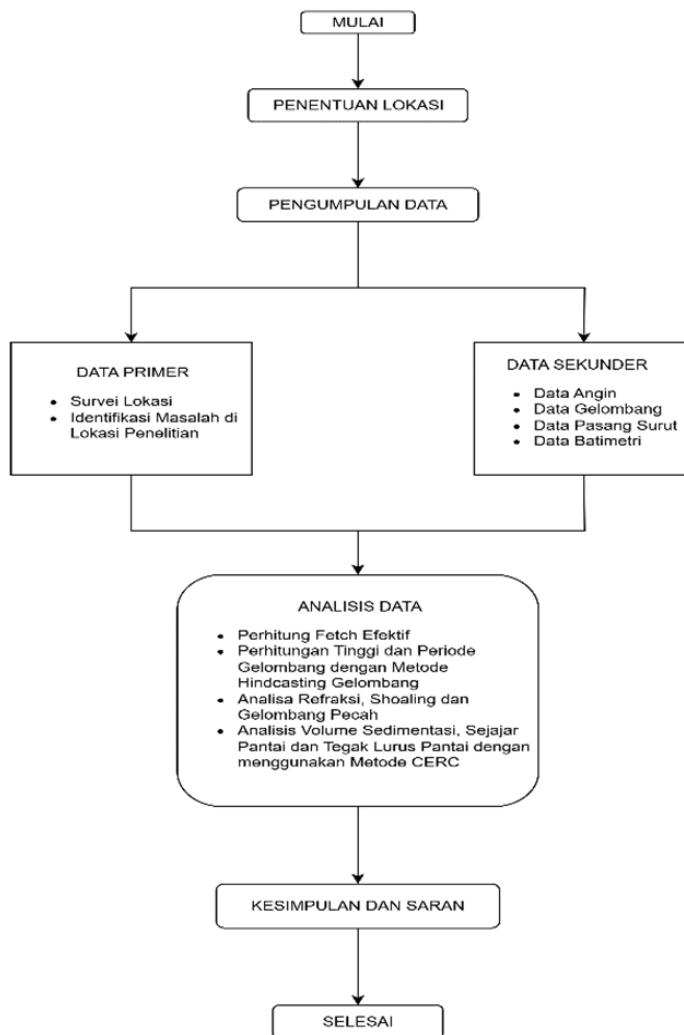
Survey lokasi dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan yang terdapat di muara sungai Wowesen Dua, yang terletak di Desa Borgo, Kecamatan Belang. Secara geografis terletak pada 0°56'16"N 124°47'11"E.

2.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini dilaksanakan dengan cara mengunjungi situs – situs terlibat sebagai sumber data untuk diambil data-data yang berhubungan dengan studi ini, ataupun dengan menggunakan software-software penunjang. Data – data yang dimaksud meliputi:

1. Data kecepatan angin 5 tahun terakhir, dari situs web POWER (Prediction of Worldwide Energy Resources) yang merupakan bagian dari NASA (National Aeronautics and Space Administration)
2. Data Pasang Surut, dari situs web SRGI – BIG (Sistem Referensi Geospasial Indonesia – Badan Informasi Geospasial)
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 | Besar | | |
|----|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 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 | 9-Dec-2024 | -0.085 | -0.033 | 0.003 | 0.016 | 0.008 | -0.014 | -0.041 | -0.060 | -0.061 | -0.040 | 0.002 | 0.058 | 0.117 | 0.166 | 0.191 | 0.186 | 0.148 | 0.082 | -0.002 | -0.088 | -0.161 | -0.208 | -0.219 | -0.194 | -0.229 | -0.010 |
| 2 | 10-Dec-2024 | -0.138 | -0.063 | 0.018 | 0.089 | 0.136 | 0.155 | 0.143 | 0.107 | 0.058 | 0.011 | -0.024 | -0.039 | -0.031 | -0.004 | 0.030 | 0.059 | 0.071 | 0.057 | 0.014 | -0.051 | -0.127 | -0.196 | -0.241 | -0.248 | -0.214 | -0.009 |
| 3 | 11-Dec-2024 | -0.210 | -0.130 | -0.020 | 0.101 | 0.212 | 0.291 | 0.323 | 0.304 | 0.240 | 0.145 | 0.041 | -0.052 | -0.116 | -0.141 | -0.129 | -0.092 | -0.046 | -0.013 | -0.007 | -0.035 | -0.095 | -0.172 | -0.244 | -0.289 | -0.134 | -0.006 |
| 4 | 12-Dec-2024 | -0.286 | -0.225 | -0.109 | 0.045 | 0.211 | 0.357 | 0.456 | 0.480 | 0.443 | 0.335 | 0.186 | 0.026 | -0.114 | -0.210 | -0.248 | -0.232 | -0.179 | -0.112 | -0.061 | -0.043 | -0.071 | -0.138 | -0.223 | -0.304 | -0.111 | 0.000 |
| 5 | 13-Dec-2024 | -0.345 | -0.323 | -0.229 | -0.071 | 0.129 | 0.334 | 0.505 | 0.606 | 0.617 | 0.536 | 0.379 | 0.178 | -0.026 | -0.194 | -0.299 | -0.331 | -0.296 | -0.219 | -0.134 | -0.072 | -0.058 | -0.099 | -0.184 | -0.285 | 0.119 | 0.005 |
| 6 | 14-Dec-2024 | -0.368 | -0.398 | -0.349 | -0.216 | -0.014 | 0.225 | 0.456 | 0.632 | 0.719 | 0.697 | 0.570 | 0.367 | 0.128 | -0.099 | -0.272 | -0.365 | -0.372 | -0.311 | -0.213 | -0.118 | -0.062 | -0.064 | -0.128 | -0.234 | 0.211 | 0.009 |
| 7 | 15-Dec-2024 | -0.347 | -0.426 | -0.436 | -0.354 | -0.181 | 0.058 | 0.322 | 0.560 | 0.723 | 0.779 | 0.715 | 0.546 | 0.308 | 0.050 | -0.176 | -0.331 | -0.394 | -0.370 | -0.283 | -0.172 | -0.081 | -0.042 | -0.070 | -0.160 | 0.238 | 0.010 |
| 8 | 16-Dec-2024 | -0.284 | -0.400 | -0.466 | -0.448 | -0.330 | -0.123 | 0.140 | 0.410 | 0.634 | 0.766 | 0.780 | 0.673 | 0.470 | 0.216 | -0.038 | -0.241 | -0.361 | -0.386 | -0.330 | -0.225 | -0.114 | -0.088 | -0.026 | -0.084 | 0.195 | 0.008 |
| 9 | 17-Dec-2024 | -0.196 | -0.327 | -0.435 | -0.476 | -0.424 | -0.274 | -0.045 | 0.223 | 0.479 | 0.669 | 0.757 | 0.724 | 0.581 | 0.360 | 0.109 | -0.121 | -0.285 | -0.361 | -0.348 | -0.266 | -0.155 | -0.056 | -0.005 | -0.022 | 0.106 | 0.004 |
| 10 | 18-Dec-2024 | -0.104 | -0.226 | -0.352 | -0.438 | -0.448 | -0.364 | -0.191 | 0.044 | 0.297 | 0.517 | 0.660 | 0.697 | 0.623 | 0.455 | 0.233 | 0.003 | -0.187 | -0.305 | -0.336 | -0.291 | -0.196 | -0.090 | -0.012 | 0.012 | 0.001 | 0.000 |
| 11 | 19-Dec-2024 | -0.029 | -0.123 | -0.242 | -0.348 | -0.404 | -0.381 | -0.273 | -0.092 | 0.130 | 0.348 | 0.519 | 0.607 | 0.596 | 0.489 | 0.313 | 0.106 | -0.088 | -0.231 | -0.301 | -0.295 | -0.229 | -0.132 | -0.040 | 0.015 | -0.085 | -0.004 |
| 12 | 20-Dec-2024 | 0.016 | -0.038 | -0.131 | -0.233 | -0.310 | -0.333 | -0.284 | -0.165 | 0.006 | 0.196 | 0.365 | 0.480 | 0.515 | 0.464 | 0.341 | 0.172 | -0.005 | -0.156 | -0.251 | -0.280 | -0.247 | -0.171 | -0.081 | -0.007 | -0.137 | -0.006 |
| 13 | 21-Dec-2024 | 0.029 | 0.018 | -0.037 | -0.115 | -0.191 | -0.238 | -0.235 | -0.173 | -0.061 | 0.082 | 0.226 | 0.341 | 0.400 | 0.392 | 0.318 | 0.195 | 0.048 | -0.091 | -0.197 | -0.251 | -0.249 | -0.200 | -0.124 | -0.045 | -0.158 | -0.007 |
| 14 | 22-Dec-2024 | 0.015 | 0.041 | 0.029 | -0.014 | -0.071 | -0.120 | -0.143 | -0.127 | -0.071 | 0.018 | 0.119 | 0.212 | 0.274 | 0.290 | 0.255 | 0.176 | 0.068 | -0.048 | -0.147 | -0.213 | -0.235 | -0.214 | -0.160 | -0.088 | -0.154 | -0.006 |
| 15 | 23-Dec-2024 | -0.017 | 0.036 | 0.062 | 0.060 | 0.036 | 0.002 | -0.028 | -0.041 | -0.031 | 0.003 | 0.054 | 0.109 | 0.153 | 0.175 | 0.165 | 0.122 | 0.054 | -0.029 | -0.110 | -0.175 | -0.211 | -0.214 | -0.184 | -0.128 | -0.137 | -0.006 |

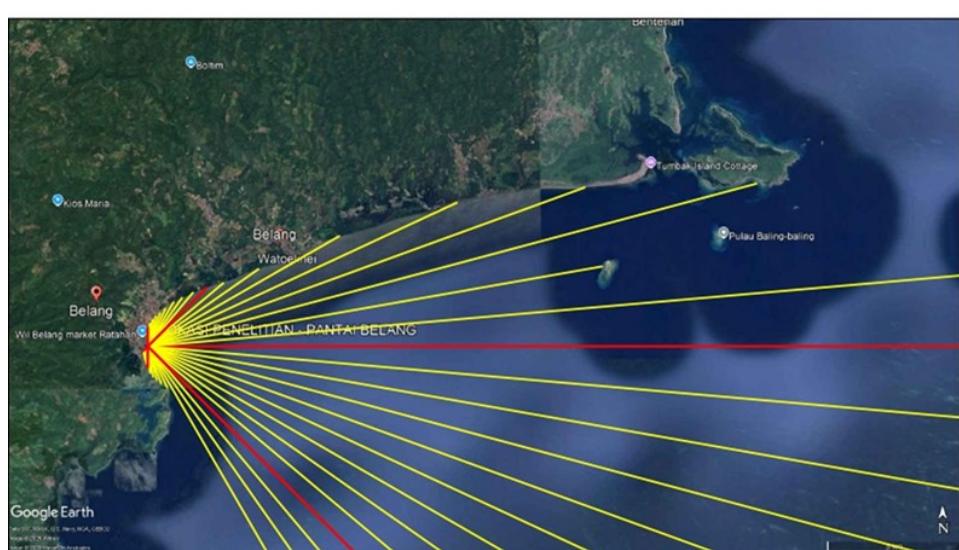
Tabel 2. Komponen Pasang Surut

| SO | M2 | S2 | N2 | K1 | O1 | M4 | MS4 | K2 | P1 | |
|-------------|------|------|-------|-------|-------|------|-----|-------|-------|-------|
| A cm | 0 | 34 | 12 | 3 | 27 | 20 | 0 | 6 | 3 | 9 |
| g° | 0,00 | 52,6 | 215,3 | 301,7 | 324,0 | 50,6 | 3,9 | 243,9 | 215,3 | 324,0 |

Tabel 3. Elevasi Muka Air

| Elevasi Muka Air | Satuan | Data |
|------------------|--------|--------|
| HHWL | cm | 114.39 |
| HWL | cm | 78.00 |
| MHWL | cm | 46.03 |
| MSL | cm | -0.07 |
| MLWL | cm | -46.17 |
| LLWL | cm | -47.60 |
| Range | cm | 114.45 |

3.2 Gelombang



Gambar 3. Fetch Lokasi

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 | 0,000 | 0,000 | 0,940 | |
| | -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 | 0,000 |
| | 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 | |
| | | | | | | |
| TIMUR LAUT (NE) | -20 | 0 | 0,000 | 0,000 | 0,940 | |
| | -15 | 0 | 0,000 | 0,000 | 0,966 | |
| | -10 | 0 | 0,000 | 0,000 | 0,985 | |
| | -5 | 45843 | 45,843 | 45,669 | 0,996 | |
| | 0 | 200000 | 200,000 | 200,000 | 1 | 116,604 |
| | 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 | |
| | -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 | 200,000 |
| | 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 | |
| | | | | | | |
| TENGGARA (SE) | -20 | 200000 | 200,000 | 187,939 | 0,940 | |
| | -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 | 200,000 |
| | 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 | |
| | | | | | | |
| | -20 | 200000 | 200,000 | 187,939 | 0,940 | 200 |

| | | | | | | |
|----------------------------|-----|--------|---------|---------|-------|----------------------|
| | -15 | 200000 | 200,000 | 193,185 | 0,966 | |
| | -10 | 200000 | 200,000 | 196,962 | 0,985 | |
| | -5 | 200000 | 200,000 | 199,239 | 0,996 | |
| SELATAN (S) | 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 | |
| | -20 | 200000 | 200,000 | 187,939 | 0,940 | |
| BARAT DAYA (SW) | -15 | 200000 | 200,000 | 193,185 | 0,966 | |
| | -10 | 17794 | 17,794 | 17,523 | 0,985 | |
| | -5 | 17690 | 17,690 | 17,622 | 0,996 | |
| | 0 | 0 | 0,000 | 0,000 | 1 | 47,448 |
| | 5 | 0 | 0,000 | 0,000 | 0,996 | |
| | 10 | 0 | 0,000 | 0,000 | 0,985 | |
| BARAT (W) | 15 | 0 | 0,000 | 0,000 | 0,966 | |
| | 20 | 0 | 0,000 | 0,000 | 0,940 | |
| | -20 | 0 | 0,000 | 0,000 | 0,940 | |
| | -15 | 0 | 0,000 | 0,000 | 0,966 | |
| | -10 | 0 | 0,000 | 0,000 | 0,985 | |
| | -5 | 0 | 0,000 | 0,000 | 0,996 | |
| BARAT LAUT (NW) | 0 | 0 | 0,000 | 0,000 | 1 | 0,000 |
| | 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 | |
| | -20 | 0 | 0,000 | 0,000 | 0,940 | |
| | | | | | | Feff (total) 764,051 |
| | | | | | | 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 | |
|-----------|---------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|----|----------------|-------|
| | | N | NE | E | SE | S | SE | Arah | H - T |
| JANUARI | H (m) | 0,106 | 0,263 | - | 0,279 | - | - | - | 0,279 |
| | T (det) | 1,123 | 1,893 | - | 2,382 | - | - | SE | 2,382 |
| FEBRUARI | H (m) | - | 0,284 | - | - | - | - | NE | 0,284 |
| | T (det) | - | 1,933 | - | - | - | - | NE | 1,933 |
| MARET | H (m) | - | 0,267 | - | 0,227 | - | - | NE | 0,267 |
| | T (det) | - | 1,902 | - | 2,168 | - | - | NE | 2,168 |
| APRIL | H (m) | - | 0,201 | - | 0,410 | - | - | SE | 0,410 |
| | T (det) | - | 1,937 | - | 2,839 | - | - | SE | 2,839 |
| MEI | H (m) | - | - | - | 0,846 | 0,137 | - | SE | 0,846 |
| | T (det) | - | - | - | 3,959 | 1,273 | - | SE | 3,959 |
| JUNI | H (m) | - | - | - | 0,744 | - | - | SE | 0,744 |
| | T (det) | - | - | - | 3,731 | - | - | SE | 3,731 |
| JULI | H (m) | - | - | - | 0,730 | - | - | SE | 0,730 |
| | T (det) | - | - | - | 3,700 | - | - | SE | 3,700 |
| AGUSTUS | H (m) | - | - | - | 0,717 | 0,149 | - | SE | 0,717 |
| | T (det) | - | - | - | 3,669 | 1,303 | - | SE | 3,669 |
| SEPTEMBER | H (m) | - | - | - | 0,640 | 0,146 | - | SE | 0,640 |
| | T (det) | - | - | - | 3,484 | 1,296 | - | SE | 3,484 |
| OKTOBER | H (m) | - | - | - | 0,626 | - | - | SE | 0,626 |
| | T (det) | - | - | - | 3,447 | - | - | SE | 3,447 |
| NOVEMBER | H (m) | - | - | - | 0,601 | - | - | SE | 0,601 |
| | T (det) | - | - | - | 3,383 | - | - | SE | 3,383 |
| DESEMBER | H (m) | - | 0,201 | 0,155 | 0,244 | - | - | SE | 0,244 |
| | T (det) | - | 1,762 | 1,645 | 2,237 | - | - | SE | 2,237 |
| MAX TIAP | H (m) | 0,106 | 0,284 | 0,155 | 0,846 | 0,149 | - | SE | 0,846 |
| ARAH | T (det) | 1,123 | 1,937 | 1,645 | 3,959 | 1,303 | - | SE | 3,959 |

Didapat pada Bulan Mei arah Tenggara paling maksimum dengan:

Tinggi Gelombang (H) = 0,846 meter

Periode Gelombang (T) = 3,959 detik

3.4 Koefisien Refraksi dan Koefisien Shoaling

Tabel 6. Perhitungan Shoaling untuk Arah Tenggara

| Lo | d/Lo | d/L | L | No | n | Kr | Ks | H |
|---------|--------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|--------|
| 22,8713 | 1,0931 | 1,0000 | 25,0000 | 0,5 | 0,5000 | 0,9429 | 0,9149 | 0,7301 |
| 21,2778 | 0,9399 | 0,9400 | 21,2776 | 0,5 | 0,5001 | 1,0000 | 0,9998 | 0,7300 |
| 21,2754 | 0,7050 | 0,7052 | 21,2695 | 0,5 | 0,5012 | 1,0002 | 0,9978 | 0,7285 |
| 21,2479 | 0,4706 | 0,4725 | 21,1655 | 0,5 | 0,5156 | 1,0027 | 0,9736 | 0,7112 |
| 20,9135 | 0,2391 | 0,2584 | 19,3483 | 0,5 | 0,6264 | 1,0528 | 0,8627 | 0,6459 |
| 19,4572 | 0,0514 | 0,0956 | 10,4595 | 0,5 | 0,8972 | 1,4203 | 1,0366 | 0,9511 |
| 23,2980 | 0,0215 | 0,0598 | 8,3628 | 0,5 | 0,9559 | 1,6881 | 1,4572 | 2,3397 |

Tabel 7. Perhitungan Refraksi untuk Arah Tenggara

| a _o | d | H ₀ | T | Lo | d/Lo | d/L | L | Co | C | sin a | a | cos a _o /cos a |
|----------------|-----|----------------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|---------------------------|
| 45,00 | 25 | 0,8464 | 3,8290 | 22,8713 | 1,0931 | 1,0000 | 25,0000 | 5,9732 | 6,5292 | 0,7729 | 50,6168 | 0,8890 |
| 50,62 | 20 | 0,7301 | 3,6932 | 21,2778 | 0,9399 | 0,9400 | 21,2776 | 5,7614 | 5,7613 | 0,7729 | 50,6160 | 1,0000 |
| 50,62 | 15 | 0,7300 | 3,6930 | 21,2754 | 0,7050 | 0,7052 | 21,2695 | 5,7610 | 5,7594 | 0,7727 | 50,5968 | 1,0004 |
| 50,60 | 10 | 0,7285 | 3,6906 | 21,2479 | 0,4706 | 0,4725 | 21,1655 | 5,7573 | 5,7350 | 0,7697 | 50,3269 | 1,0054 |
| 50,33 | 5 | 0,7112 | 3,6614 | 20,9135 | 0,2391 | 0,2584 | 19,3483 | 5,7118 | 5,2844 | 0,7121 | 45,4058 | 1,1084 |
| 45,41 | 1 | 0,6459 | 3,5316 | 19,4572 | 0,0514 | 0,0956 | 10,4595 | 5,5094 | 2,9617 | 0,3828 | 22,5072 | 2,0174 |
| 22,51 | 0,5 | 0,9511 | 3,8645 | 23,2980 | 0,0215 | 0,0598 | 8,3628 | 6,0287 | 2,1640 | 0,1374 | 7,8977 | 2,8498 |

3.5 Perhitungan Gelombang Pecah

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan grafik yang tersedia yaitu grafik yang menyatakan hubungan antara Hb /gT2.

Tabel 8. Perhitungan Gelombang Pecah untuk Potongan Tenggara

| Hb/gT2 | m | db/Hb | db |
|--------|-------|-------|-------|
| 0,008 | 0,138 | 0,862 | 0,967 |
| 0,007 | 0,127 | 0,875 | 0,806 |
| 0,007 | 0,112 | 0,887 | 0,819 |
| 0,007 | 0,090 | 0,925 | 0,865 |
| 0,007 | 0,057 | 1,062 | 1,039 |
| 0,005 | 0,015 | 1,187 | 0,795 |
| 0,005 | 0,008 | 1,225 | 0,869 |

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

Tabel 9. Perhitungan Angkutan Sedimen

| Angkutan Sedimen | Qs (m ³ /tahun) |
|--------------------|----------------------------|
| Sejajar Pantai | 2608,388 |
| Tegak Lurus Pantai | 2621,200 |

3.7 Penentuan Tipe Sedimentasi

Dalam hasil pengamatan pada Gambar 5 menunjukkan bahwa pola sedimentasi yang terjadi di muara sungai ini didominasi oleh pengaruh gelombang laut, yang ditandai dengan pergeseran mulut sungai secara berkala akibat angkutan sedimen tegak lurus pantai. Sedimen mengendap pada suatu daerah yang kecepatan air sungainya berkurang. Apabila hal ini terjadi saat air sungai mengalir ke laut atau danau, maka akan terbentuk delta yang lambat laun akan menjadi daratan baru. Proses pengendapan terjadi ketika energi gelombang meredam di muara, dan pergeseran semakin signifikan apabila debit aliran hulu tidak mampu mengerosi endapan sehingga berpotensi menutup mulut sungai.



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 $22,51^\circ$ terhadap garis tegak lurus pantai membangkitkan arus sejajar pantai sebagai mekanisme utama transportasi sedimen
- Arah dominan gelombang berasal dari Tenggara dan periode signifikan 3,859 detik.

2. Tinggi Gelombang

Tinggi gelombang signifikan 0,846 m menentukan energi gelombang yang mampu mengangkat 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

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pola sedimentasi didominasi oleh pengaruh gelombang laut, yang ditandai dengan pergeseran periodik posisi muara akibat transportasi sedimen sejajar pantai. Perhitungan dengan menggunakan metode CERC memperlihatkan volume angkutan sedimen sejajar pantai 2608,4 m³/tahun, lebih kecil jika dibandingkan dengan angkutan sedimen tegak lurus pantai 2.621,2 m³/tahun. Faktor utama yang memengaruhi pola sedimentasi adalah arah dan tinggi gelombang dominan dari arah Tenggara dengan sudut $22,51^\circ$, periode gelombang signifikan sebesar 3,859 detik, serta tipe pasang surut semi-diurnal. Akumulasi sedimen mengakibatkan pendangkalan dan perpindahan mulut sungai secara periodik, sehingga gelombang laut terbukti menjadi faktor dominan dalam perubahan morfologi muara di lokasi penelitian.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan dilakukan pemantauan berkala terhadap dinamika sedimentasi muara, khususnya pada musim gelombang tinggi, guna mengantisipasi penutupan muara dan degradasi lingkungan pesisir. Kajian teknis terkait pembangunan bangunan pelindung pantai, seperti jetty atau groin, perlu dipertimbangkan sebagai upaya pengendalian sedimentasi. Peran aktif pemerintah daerah dan masyarakat dalam pengelolaan hulu serta pelestarian vegetasi pesisir juga penting untuk menjaga keseimbangan lingkungan. Temuan ini diharapkan dapat menjadi dasar perencanaan pengembangan wilayah pesisir secara berkelanjutan, baik untuk sektor perikanan, pariwisata, maupun mitigasi bencana di Desa Borgo dan sekitarnya.

Referensi

- Walangare, A., Jasin, M. I., & Mamoto, J. D. (2025). *Analisis Sedimentasi Di Muara Sungai Talawaan Bajo*. TEKNO, 23(92), 869-876.
- Sumampouw, F. V., Thambas, A. H., & Jasin, M. I. (2023). *Perencanaan Pengaman Pantai Di Pantai Bahoi Kecamatan Likupang Barat*. TEKNO, 21(85), 837-848.
- Temo, M. Z., Mamoto, J. D., & Dundu, A. K. (2024). *Studi Pengembangan Wisata Pantai Toro Di Kecamatan Lembean Timur Kabupaten Minahasa Tenggara*. TEKNO, 22(89), 1745-1755.
- 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*.
- Manalip, E. H., Jasin, M. I., & Dundu, A. K. (2024). Analisis Sedimentasi Di Muara Sungai Malalayang Kota Manado. TEKNO, 22(90), 2197-2204.
- Sangian, R. S., Jasin, M. I., & Dundu, A. K. (2025). Analisis Sedimentasi Di Muara Sungai Paniki Pantai Tanawangko. TEKNO, 23(91), 485-492.

- Usman, K. O. (2014). *Analisis Sedimentasi Pada Muara Sungai Komering Kota Palembang* (Doctoral dissertation, Sriwijaya University).
- Triatmodjo, B 1999. "Teknik Pantai", Beta Offset. Yogyakarta.