



Analisis Sedimentasi Di Muara Sungai Kali Moletang Kema

Angelina P. Liogu^{#a}, Jeffry D. Mamoto^{#b}, Muhammad I. Jasin^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^aangelinalioguciaa@gmail.com, ^bjeffry.mamoto@unsrat.ac.id, ^cmuhhammadjasin@unsrat.ac.id

Abstrak

Muara sungai merupakan kawasan yang sangat dinamis dan rentan terhadap proses sedimentasi yang dapat menimbulkan gangguan terhadap aktivitas masyarakat pesisir. Penelitian ini berfokus pada analisis sedimentasi di Muara Sungai Kali Moletang Kema, Kabupaten Minahasa Utara. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor dominan yang mempengaruhi proses sedimentasi serta menghitung volume angkutan sedimen sejarah pantai dan tegak lurus pantai menggunakan metode Coastal Engineering Research Center (CERC). Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan data angin dari Website Powe DAV Nasa dan data pasang surut dari Badan Informasi Geospasial selama periode 2020-2024. Berdasarkan hasil analisis, diketahui bahwa gelombang laut merupakan faktor dominan dalam membentuk pola sedimentasi di lokasi penelitian, dengan arah gelombang utama berasal dari tenggara dengan sudut datang 45°. Volume angkutan sedimen sejarah pantai tercatat sebesar 5847,42 m³/tahun, lebih besar dibandingkan angkutan sedimen tegak lurus pantai sebesar 2621,20 m³/tahun. Proses sedimentasi ini menyebabkan penyempitan muara sungai yang berdampak pada akses nelayan dan potensi genangan. Penelitian ini merekomendasikan pembangunan struktur pengaman pantai seperti groin dan jetty sebagai upaya pengendali sedimentasi yang berkelanjutan di kawasan muara sungai.

Kata kunci: sedimentasi, muara Sungai Kali Moletang, gelombang

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Muara sungai merupakan ekosistem yang kompleks dan memiliki peranan penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan, terutama di wilayah pesisir. Muara sungai Kali Moletang Kema, yang terletak di daerah yang kaya akan keanekaragaman hayati, menjadi titik pertemuan antara air tawar dan air asin dari laut. Muara sungai berfungsi sebagai pengeluaran/pembuangan debit sungai, terutama pada waktu banjir, ke laut. Karena letaknya yang berada di ujung hilir, maka debit aliran di muara lebih besar dibanding pada tampaung sungai sebelah hulu. Tingginya sedimentasi di muara Sungai Kali Moletang Kema Sebagian besar disebabkan oleh angkutan sedimen dari hulu sungai yang kemudian diendapkan di daerah muara akibat pertemuan aliran sungai dengan gelombang dan pasang surut air laut.

Pemahaman terhadap pola sedimentasi di Muara Sungai Kali Moletang Kema sangat penting untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi sedimen, serta menentukan dampaknya terhadap lingkungan dan aktivitas masyarakat di sekitar muara. Dengan menggunakan analisis sedimentasi, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana kondisi pasang surut, debit sungai, dan gelombang yang mempengaruhi sedimentasi di muara sungai Kali Moletang Kema.

1.2 Rumusan Masalah

Apa penyebab utama masalah sedimentasi di muara Sungai Kali Moletang Kema?

1.3 Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah yang dipakai dalam penelitian ini, dalam rangka membatasi ruang lingkup penelitian yaitu sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini terbatas pada ruang lingkup Muara Sungai Kali Moletang Kema
2. Hanya menggunakan data angin 5 tahun terakhir.
3. Tidak merancang bangunan pengaman pantai.
4. Tidak memperhitungkan Rincian Anggaran Biaya.

1.4 Tujuan Penelitian

Untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang paling dominan dalam terbentuknya sedimentasi.

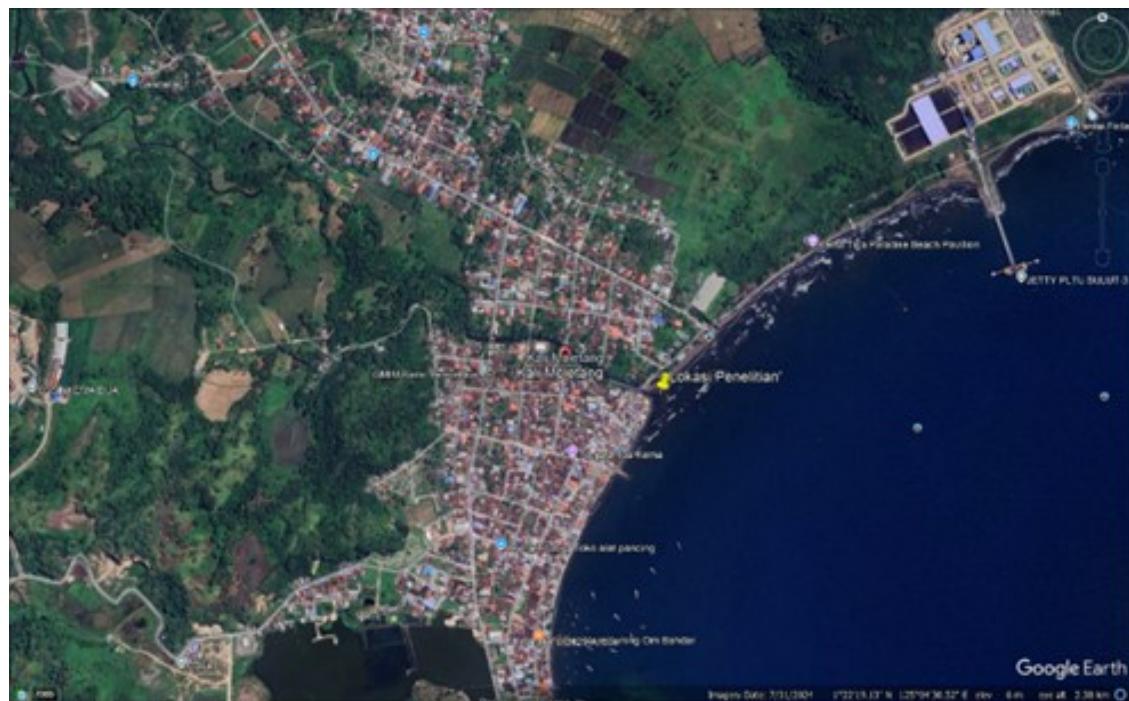
1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari Penelitian yang dilakukan adalah untuk pertimbangan dalam hal penanganan sedimen di Muara Sungai Kali Moletang Kema, yang diharapkan dapat membantu dalam menentukan pola perencanaan dan pengelolaan secara berkelanjutan.

2. Metode

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Muara Sungai Kali Moletan, Desa Kema, Kecamatan Kema, Kabupaten Minahasa Utara.



Gambar 1. Lokasi Penelitian; Google Earth

2.2 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini dilaksanakan menggunakan software-software penunjang. Data – data yang dimaksud meliputi:

- Data kecepatan angin minimal 5 tahun terakhir dari data sekunder.
- Peta satelit dari software Google Earth.
- Data Pasang Surut di ambil di Website Badan Informasi Geospasial
- Data Batimetri menggunakan software Global Mapper

2.3 Metode Analisis Pengumpulan Data

- Data Angin

Untuk perhitungan transformasi gelombang diperlukan data angin. Data angin yang dipakai minimal data bulanan dalam 5 tahun. Data angin di ambil dari website Power DAV Nasa

- Peta Lokasi

Dalam peramalan gelombang, perlu diketahui berapa panjang fetch efektif dari tiap arah utama. Sehingga dalam perhitungan fetch memerlukan peta lokasi.

- Foto Citra Satelit

Foto Citra Satelit dari software Google Earth diperlukan untuk mengetahui posisi daerah studi.

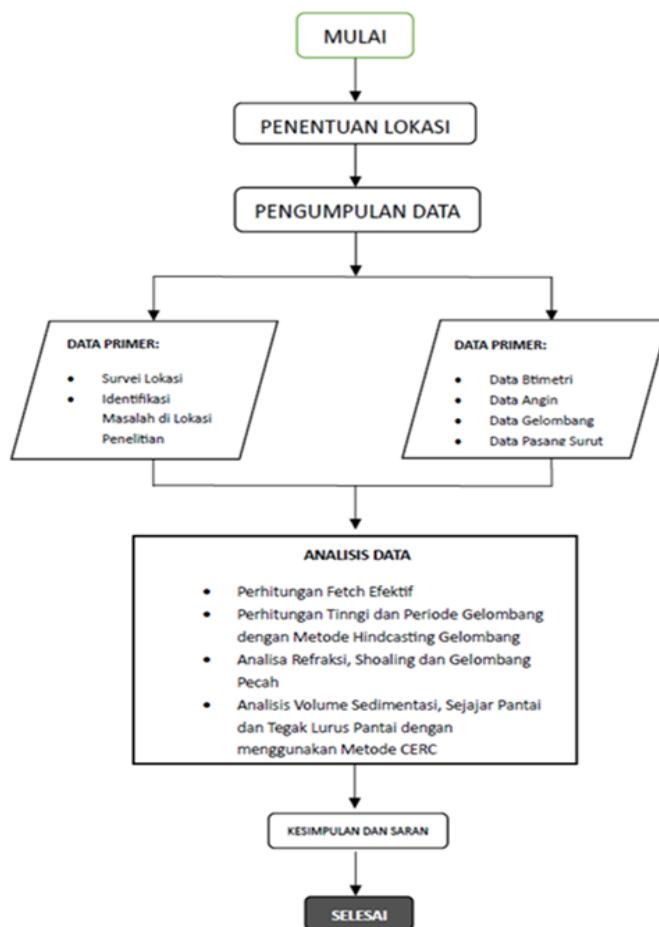
- Data Bathimetri

Data Batimetri didapat dari Website <https://download.gebco.net/> kemudian akan dilakukan analisis lebih lanjut menggunakan Global Mapper

- Data Pasang Surut

Untuk memahami dinamika transport sedimen di Muara Sungai Kali Moletang Kema, dan data pasang surut diambil di website Badan Informasi Geospasial.

2.4 Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. Kajian Literatur

3.1 Gambaran Umum Muara

Muara sungai adalah bagian hilir dari sungai yang berhubungan dengan lautan. Permasalahan di muara sungai dapat ditinjau di bagian mulut sungai (river mouth) dan estuary.

Muara sungai dapat dibedakan dalam tiga kelompok yang tergantung pada faktor dominan yang Mempengaruhinya. Ketika faktor dominan tersebut adalah:

- a. Gelombang.
- b. Debit Sungai
- c. Pasang Surut

Disuatu muara sungai ketiga faktor tersebut bekerja secara simultan, tetapi biasanya salah satu mempunyai pengaruh lebih dominan dari yang lainnya.

3.2 Transport Sedimen Pantai

Transport sedimen pantai adalah gerakan sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus yang dibangkitkannya. Transport sedimen dibedakan menjadi 2 macam yaitu:

- Tegak Lurus Pantai

Sedimen pada dasar laut terangkat dan membawa sedimen ke daerah pantai sehingga terjadi sedimentasi/akresi pada garis pantai.

- Sejajar Pantai

Sedimen akan terangkat oleh arus sepanjang pantai sampai ke lokasi yang cukup jauh sehingga di lokasi tertentu terjadi kemunduran garis pantai dan pada lokasi tertentu terjadi sedimentasi, contohnya di muara sungai.

3.3 Muara yang Didominasi Gelombang Laut

Gelombang besar yang terjadi pada pesisir pantai dapat menyebabkan/menimbulkan angkutan (transport) sedimen (pasir), baik dalam arah tegak lurus maupun sejajar pantai. Banyaknya endapan tergantung pada gelombang dan ketersediaan sedimen di pantai. Semakin besar gelombang semakin besar angkutan sedimen dan semakin banyak sedimen yang mengendap di muara (Triatmodjo, 1999).

3.4 Muara yang Didominasi Debit Sungai

Muara ini terjadi ada sungai dengan debit sepanjang tahun cukup besar yang bermuara di laut dengan gelombang relatif kecil. Sungai tersebut membawa angkutan sedimen dari hulu cukup besar. Sedimen yang sampai di muara sungai merupakan sedimen suspensi dengan diameter partikel sangat kecil, yaitu dalam beberapa mikron. Pada waktu air surut sedimen tersebut akan ter dorong ke muara dan menyebar di laut. Selama periode sekitar titik balik dimana kecepatan aliran kecil, sebagian suspensi mengendap. Saat berikutnya dimana air mulai pasang, kecepatan aliran bertambah besar dan sebagian suspensi dari laut masuk kembali ke sungai bertemu sedimen yang berasal dari hulu. Di alur sungai, terutama pada waktu air surut kecepatan aliran besar sehingga sebagian sedimen yang telah diendapkan tererosi kembali.

3.5 Muara yang Didominasi Pasang Surut

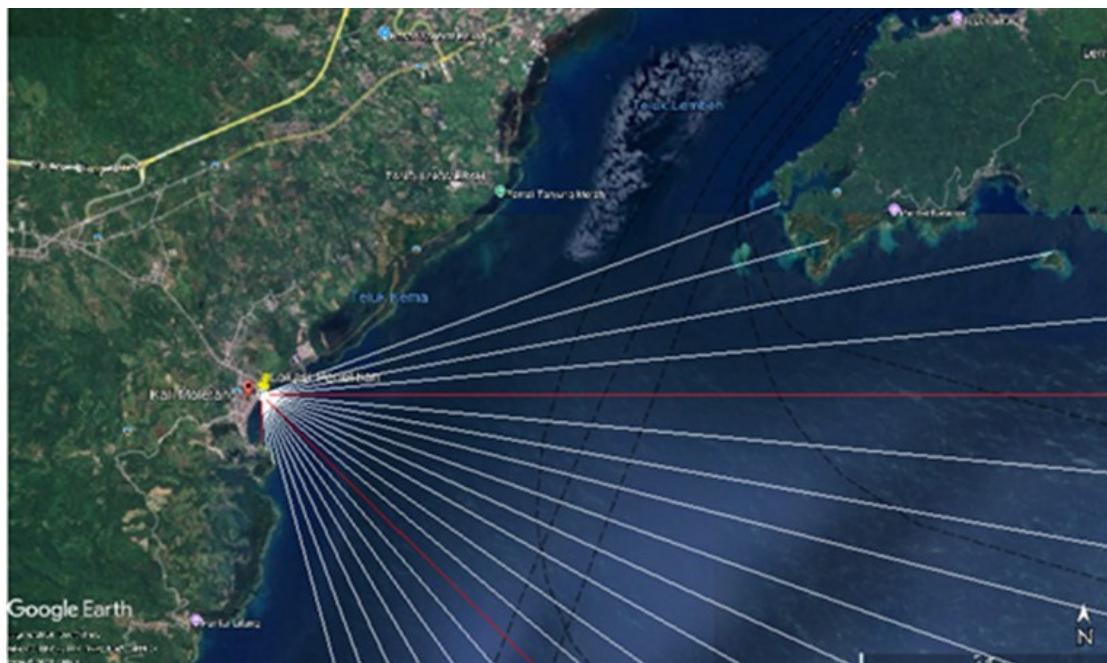
Apabila tinggi pasang surut cukup besar, volume air pasang surut yang masuk ke sungai sangat besar. Air tersebut akan berakumulasi dengan air dari hulu sungai. Pada waktu air surut, volume air yang sangat besar tersebut mengalir ke luar dalam periode waktu tertentu yang tergantung pada tipe pasang surut. Dengan demikian kecepatan arus selama air surut tersebut besar dan cukup potensial untuk membentuk muara sungai.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Perhitungan Fetch Efektif

Perhitungan Fetch dapat dilihat pada Gambar di bawah.

4.1.1 Perhitungan Fetch Muara Sungai Kali Moletang Kema



Gambar 3. Fetch Muara Sungai Kali Moletang Kema

Tabel 1. Perhitungan Fetch Efektif
(Sumber: Hasil Analisis 2023)

| Arah Mata Angin | (α) | Jarak Sebenarnya (m) | Jarak Sebenarnya (km) | Fcos(α) | cos(α) | F _{eff} (km) |
|--------------------|--------------|-------------------------|--------------------------|------------------|-----------------|--------------------------|
| UTARA (N) | -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 | |
| TIMUR LAUT (NE) | -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 | 0.000 | 0.996 | |
| | 0 | 0 | 0 | 0.000 | 1 | |
| | 5 | 0 | 0 | 0.000 | 0.996 | |
| | 10 | 0 | 0 | 0.000 | 0.985 | |
| | 15 | 0 | 0 | 0.000 | 0.966 | |
| TIMUR (E) | -20 | 11046 | 11 | 10.380 | 0.940 | 138.382 |
| | -15 | 11730 | 11.730 | 11.330 | 0.966 | |
| | -10 | 16031 | 16.031 | 15.787 | 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 | 193.185 | 0.966 | |
| TENGGARA (SE) | 20 | 200000 | 200.000 | 187.939 | 0.940 | 200.000 |
| | -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 | |
| | 5 | 200000 | 200.000 | 199.239 | 0.996 | |
| | 10 | 200000 | 200.000 | 196.962 | 0.985 | |
| SILANG (W) | 15 | 200000 | 200.000 | 193.185 | 0.966 | 200.000 |
| | 20 | 200000 | 200.000 | 187.939 | 0.940 | |

| | | | | | | |
|----------------------------|-----|--------|---------|---------|-----------------------|----------------|
| SELATAN (S) | -20 | 200000 | 200.000 | 187.939 | 0.940 | 43.835 |
| | -15 | 200000 | 200.000 | 193.185 | 0.966 | |
| | -10 | 1414 | 1 | 1.393 | 0.985 | |
| | -5 | 1114 | 1 | 1.110 | 0.996 | |
| | 0 | 949 | 1 | 0.949 | 1 | |
| | 5 | 0 | 0 | 0.000 | 0.996 | |
| | 10 | 0 | 0 | 0.000 | 0.985 | |
| | 15 | 0 | 0 | 0.000 | 0.966 | |
| | 20 | 0 | 0 | 0.000 | 0.940 | |
| | | | | | | |
| BARAT DAYA (SW) | -20 | 0 | 0 | 0.000 | 0.940 | 0.000 |
| | -15 | 0 | 0 | 0.000 | 0.966 | |
| | -10 | 0 | 0 | 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 | 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 LAUT (NW) | -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 | |
| | | | | | | |
| | | | | | Feff (total) | 382.217 |
| | | | | | Feff (dominan) | 200 |

4.2 Analisa Angin

Perhitungan Analisa Angin diperlukan untuk mendapatkan nilai Faktor Tegangan Angin (UA) di lokasi penelitian muara sungai kali moletang kema. Perhitungan Faktor Tegangan Angin Pada Tahun 2019.

4.2.1 Perhitungan Faktor Tegangan Angin Pantai Mokupa

Tabel 2. Faktor Tegangan Angin Kali Moletang Kema
(Sumber: Hasil Analisis 2023)

| Perhitungan Wind Stress Factor Pada Tahun 2024 | | | | Z = ± | 10 |
|---|------|-----|---|--------------|------------|
| Bulan | Arah | Uz | $U_{10} = Uz \left(\frac{10}{Z} \right)^{\frac{1}{2}}$ | RT | 1.1 |
| Januari | NW | 5.9 | 5.90 | 1.7 | 8.76 |
| Februari | NNE | 7.6 | 7.60 | 1.66 | 10.37 |
| Maret | NNE | 6.1 | 6.10 | 1.72 | 8.92 |
| April | NNE | 6 | 6.00 | 1.8 | 8.84 |
| Mei | E | 4.1 | 4.10 | 1.88 | 6.72 |
| Juni | SSE | 5.5 | 5.50 | 2 | 8.35 |
| Juli | S | 7.1 | 7.10 | 1.76 | 9.92 |
| Agustus | S | 5.7 | 5.70 | 1.76 | 8.53 |
| September | SSW | 6.9 | 6.90 | 1.93 | 9.72 |
| Oktober | SSW | 4.8 | 4.80 | 1.91 | 7.55 |
| November | NE | 4.5 | 4.50 | 2 | 7.23 |
| Desember | NW | 3.9 | 3.90 | 2 | 6.52 |

4.3 Hindcasting Gelombang

Hindcasting gelombang dilakukan untuk setiap data angin maksimum harian selama 5 tahun. Dari hasil hindcasting ini disusun rekapitulasi tinggi, periode dan arah gelombang terbesar dan dominan bulanan dari tahun 2020 - 2024.

4.3.1 Hindcasting Gelombang Pantai Mokupa

Tabel 3. Rekapitulasi arah, tinggi dan periode gelombang dari Masing-masing Fetch berdasarkan Hindcasting Gelombang tahun 2019 s/d 2023 Pantai Mokupa
(Sumber: Hasil Analisis 2020-2024)

| Bulan | H - T | Arah Datang Gelombang | | | Max Tiap Bulan | |
|---------------|---------|-----------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|
| | | E | SE | S | Arah | H - T |
| JANUARI | H (m) | 0.506 | | | E | 0.506 |
| | T (det) | 3.128 | | | | 3.128 |
| FEBRUARI | H (m) | | | | - | 0.000 |
| | T (det) | | | | | 0.000 |
| MARET | H (m) | 0.393 | 0.457 | 0.244 | SE | 0.457 |
| | T (det) | 2.784 | 2.984 | 2.237 | | 2.984 |
| APRIL | H (m) | 0.506 | 0.410 | 0.585 | S | 0.585 |
| | T (det) | 3.128 | 2.839 | 3.343 | | 3.343 |
| MEI | H (m) | 0.640 | 0.846 | 0.604 | SE | 0.846 |
| | T (det) | 3.484 | 3.959 | 3.424 | | 3.959 |
| JUNI | H (m) | 0.550 | 0.858 | | SE | 0.858 |
| | T (det) | 3.248 | 3.984 | | | 3.984 |
| JULI | H (m) | | 0.971 | | SE | 0.971 |
| | T (det) | | 4.216 | | | 4.216 |
| AGUSTUS | H (m) | | 0.889 | | SE | 0.889 |
| | T (det) | | 4.049 | | | 4.049 |
| SEPTEMBER | H (m) | 0.601 | 0.770 | | SE | 0.770 |
| | T (det) | 3.383 | 3.790 | | | 3.790 |
| OKTOBER | H (m) | 0.410 | 0.626 | 0.550 | SE | 0.626 |
| | T (det) | 3.383 | 3.447 | 3.340 | | 3.447 |
| NOVEMBER | H (m) | 0.669 | 0.601 | | E | 0.669 |
| | T (det) | 3.554 | 3.383 | | | 3.554 |
| DESEMBER | H (m) | 0.473 | | | E | 0.473 |
| | T (det) | 3.033 | | | | 3.033 |
| MAX TIAP ARAH | H (m) | 0.669 | 0.971 | 0.604 | SE | 0.971 |
| | T (det) | 3.554 | 4.216 | 3.424 | | 4.216 |

Dari tabel rekapitulasi yang ada di atas, kemudian diketahui bahwa gelombang dominan dan maksimum berasal dari arah Tenggara. Dengan tinggi Gelombang Sgnifikan (H_0) sebesar 0,604 m dan periode Gelombang Signifikan (T_0) sebesar 3,424 detik. Dengan daerah pembangkit dominan arah Tenggara.

4.4 Analisa Transformasi Gelombang Pantai Mokupa

Tabel 4. Perhitungan Refraksi untuk Arah Tenggara
(Sumber: Hasil Analisis 2023)

| a _o | d | H ₀ | T | L ₀ | d/L ₀ | d/L |
|----------------|-----|----------------|--------|----------------|------------------|--------|
| 45.00 | 25 | 0.9714 | 3.8862 | 23.5595 | 1.0611 | 1.0000 |
| 48.62 | 20 | 0.8807 | 3.9040 | 23.7764 | 0.8412 | 0.8400 |
| 48.71 | 15 | 0.8782 | 3.9034 | 23.7691 | 0.6311 | 0.6305 |
| 48.77 | 10 | 0.8717 | 3.9016 | 23.7469 | 0.4211 | 0.4250 |
| 48.18 | 5 | 0.8420 | 3.8883 | 23.5852 | 0.2120 | 0.2352 |
| 42.20 | 1 | 0.7642 | 3.8143 | 22.6961 | 0.0441 | 0.0877 |
| 19.71 | 0.5 | 1.2215 | 3.4392 | 18.4517 | 0.0271 | 0.0675 |

Tabel 4. Lanjutan

| L | Co | C | sin a | a | cos ao/cos a | Kr |
|--------|--------|-------|--------|---------|--------------|--------|
| 25 | 6.0624 | 6.433 | 0.7503 | 48.62 | 0.9255 | 0.9621 |
| 23.808 | 6.0902 | 6.098 | 0.7514 | 48.7077 | 0.9982 | 0.9991 |
| 23.793 | 6.0893 | 6.095 | 0.7521 | 48.7721 | 0.9987 | 0.9993 |
| 23.529 | 6.0865 | 6.031 | 0.7452 | 48.1767 | 1.0124 | 1.0062 |
| 21.259 | 6.0657 | 5.467 | 0.6717 | 42.1976 | 1.1417 | 1.0685 |
| 11.397 | 5.9503 | 2.988 | 0.3373 | 19.7126 | 2.1406 | 1.4631 |
| 7.4107 | 5.3651 | 2.155 | 0.1355 | 7.78578 | 2.5319 | 1.5912 |

Tabel 5. Perhitungan Shoaling
(Sumber: Aryandi)

| Lo | d/Lo | d/L | L | no | n | Kr | Ks | H |
|---------|--------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|--------|
| 23.5595 | 1.0611 | 1.0000 | 25.0000 | 0.5 | 0.5000 | 0.9621 | 0.9424 | 0.8807 |
| 23.7764 | 0.8412 | 0.8400 | 23.8084 | 0.5 | 0.5003 | 0.9991 | 0.9981 | 0.8782 |
| 23.7691 | 0.6311 | 0.6305 | 23.7925 | 0.5 | 0.5029 | 0.9993 | 0.9933 | 0.8717 |
| 23.7469 | 0.4211 | 0.4250 | 23.5294 | 0.5 | 0.5256 | 1.0062 | 0.9601 | 0.8420 |
| 23.5852 | 0.2120 | 0.2352 | 21.2585 | 0.5 | 0.6531 | 1.0685 | 0.8494 | 0.7642 |
| 22.6961 | 0.0441 | 0.0877 | 11.3973 | 0.5 | 0.9114 | 1.4631 | 1.0925 | 1.2215 |
| 18.4517 | 0.0271 | 0.0675 | 7.4107 | 0.5 | 0.9448 | 1.5912 | 1.3177 | 2.5610 |

Tabel 6. Perhitungsn Gelombang Pecah
(Sumber: Hasil Analisis 2023)

| H'o | H'o/gT2 | m | Hb/H'o | Hb | db |
|--------|---------|-------|--------|--------|--------|
| 1.0308 | 0.0070 | 0.045 | 1.18 | 1.2112 | 1.2566 |
| 0.8824 | 0.0059 | 0.049 | 1.18 | 1.0368 | 1.3168 |
| 0.8841 | 0.0059 | 0.064 | 1.20 | 1.0610 | 1.3262 |
| 0.9079 | 0.0061 | 0.087 | 1.20 | 1.0895 | 1.3728 |
| 0.9914 | 0.0067 | 0.079 | 1.20 | 1.1896 | 1.4990 |
| 0.6995 | 0.0049 | 0.071 | 1.32 | 0.9234 | 1.1080 |
| 0.9270 | 0.0080 | 0.050 | 1.09 | 1.0104 | 1.2630 |

Tabel 7. Perhitungan Gelombang Pecah pada Kedalaman
(Sumber: Hasil Analisis 2023)

| H'o/gT2 | m | db/Hb | db |
|---------|--------|-------|--------|
| 0.007 | 0.0446 | 1.038 | 1.2566 |
| 0.0059 | 0.049 | 1.27 | 1.3168 |
| 0.0059 | 0.0644 | 1.25 | 1.3262 |
| 0.0061 | 0.087 | 1.26 | 1.3728 |
| 0.0067 | 0.0794 | 1.26 | 1.499 |
| 0.0049 | 0.0714 | 1.2 | 1.108 |
| 0.008 | 0.05 | 1.25 | 1.263 |

4.5 Perhitungan Angkutan Sedimen Metode CERC

Perhitungan angkutan sedimen sejajar pantai dilakukan dengan menggunakan metode CERC (Coastel Engineering Research Center), yang menghubungkann parameter gelombang dengan transport sedimen lateral secara empiris. Pemilihan metode ini didasarkan pada tabel 3 yang merupakan rekapitulasi arah, tinggi, dan periode gelobang masing-masing fetch berdasarkan hindcasting gelombang pada tahun 2023. Dari data tersebut, diketahui bahwa arah gelombang dominan pada bulan Juli.

- Angkutan Sedimen Sejajar Pantai (*Longshore Transport*)

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 Hb &= 1.2369 \text{ m} \\
 g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \\
 db &= 1.5832 \text{ m} \\
 K &= 0.39 (\text{Shore Protection Manual, chapter 4-96}) \\
 ob &= 45^\circ \\
 \rho &= 1025 \text{ kg/m}^3 \\
 \rho_s &= 2650 \text{ kg/m}^3 \\
 n &= 0.5
 \end{aligned}$$

Rumus:

$$\begin{aligned} Q_s &= \frac{K}{(\rho_s - \rho) \times g \times (1-n)} \times P_1 \\ P_1 &= \frac{\rho g}{8} \times H_b^2 \times C_b \times \sin\alpha_b \times \cos\alpha_b \\ C_b &= \sqrt{g \cdot db} \end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} C_b &= \sqrt{9.81 \times 1,5832} \\ &= 3.9410 \text{ m/d} \\ P_1 &= \frac{1025 \times 9,81}{8} \times 1,2369^2 \times 3,9410 \times \sin 45^\circ \times \cos 45^\circ \\ &= 3789,531 \text{ kg m/d} \\ Q_s &= \frac{0,39}{(2650-1025) \times 9,81 \times (1-0,5)} \times 3789,531 \\ &= 0,1854 \text{ kgm}^3 / \text{d} \\ &= 0,0001854 \times 24 \times 3600 = 16,020 / \text{hari} \\ &= 16,020 \times 365 \\ &= 16,020 \times 365 \\ &= 5847,42 \text{ m}^3 / \text{tahun} \end{aligned}$$

Nilai angkutan sedimen untuk sejajar pantai adalah **5847,42 m³/tahun.**

- Angkutan Sedimen Tegak Lurus Pantai (*Onshore- Offshore Transport*)

Nilai f=d dipakai 0.49 yang diambil dari refrensi penelitian terdahulu dikarenakan asumsi distribusi ukuran butiran sedimen lokasi penelitian berdekatan dengan refrensi yang digunakan.

Diketahui:

$$\begin{aligned} F=d &= 0.49 \\ g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \\ H_b &= 1.2369 \\ \rho &= 1025 \text{ kg/m}^3 \\ \rho_s &= 2650 \text{ kg/m}^3 \\ \alpha_b &= 45^\circ \end{aligned}$$

Rumus:

$$\begin{aligned} Q_s &= \frac{\tau_b}{(\rho_s - \rho) \times g \times D} \\ \tau_b &= \rho_s \times U^2 \\ U &= \sqrt{\frac{D}{2}} \end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} U &= \sqrt{\frac{0,49}{2}} \\ &= 0,4949 \\ \tau_b &= 2650 \times 0,4949^2 \\ &= 649,25 \\ Q_s &= \frac{649,25}{(2650-1025) \times 9,81 \times 0,49} \\ &= 0,0831 \text{ kg m}^3/\text{d} \\ &= 0,0000831 \text{ m}^3 / \text{d} \\ &= 0,0000831 \times 24 \times 3600 = 7,1813 \text{ m}^3 / \text{hari} \\ &= 2621,2 \text{ m}^3 / \text{tahun} \end{aligned}$$

Nilai angkutan sedimen tegak lurus pantai adalah 2621.200 m³ / tahun. Dari hasil perhitungan angkutan sedimen didapat:

Tabel 8. Perhitungan Sedimentasi
(Sumber: Hasil Analisis 2023)

| Angkutan Sedimen | Qs (m ³ /tahun) |
|--------------------|----------------------------|
| Sejajar Pantai | 5847.420 |
| Tegak Lurus Pantai | 2621.200 |

5. Kesimpulan

Hasil analisis terhadap perhitungan angkutan sedimen menunjukkan bahwa di muara Sungai Kali Moletang Kema, volume angkutan sedimen yang bergerak sejajar pantai mencapai $5847.420 \text{ m}^3/\text{tahun}$, lebih besar dibandingkan dengan angkutan sedimen yang bergerak tegak lurus pantai, yang sebesar $2621.200 \text{ m}^3/\text{tahun}$. Hal ini mengindikasikan bahwa lebih dominan transport sedimen yang terjadi sepanjang garis pantai.

Faktor utama yang memengaruhi pola sedimentasi di muara yang dipengaruhi dominan oleh gelombang adalah arah gelombang, dengan sudut datang sebesar 45° dari arah Tenggara. Selain itu, tinggi gelombang signifikan yang tercatat di lokasi adalah sebesar 0,971 meter, serta periode gelombang sebesar 4.216 detik. Meskipun pasang surut juga berperan dalam proses sedimentasi, pengaruhnya relatif kecil jika dibandingkan dengan peran gelombang, sehingga gelombang merupakan faktor utama yang mengendalikan proses sedimentasi di wilayah muara ini.

Referensi

- C Mulyabakti, M. J. (2016). Analisis Karakteristik Gelombang Dan Pasang Surut Pada Daerah Pantai Paal Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara, 5-9.
- Manalip, E. H. (2024). Analisis Sedimentasi Di Muara Sungai Kota Manado. *Analisis Sedimentasi Di Muara Sungai Kota Manado*, 6-8.
- Faron V. H. Sumampouw, Arthur H. Thambas, M. Ihsan Jasin, (2023) *Perencanaan Pengaman Pantai Di Pantai Bahoi Kecamatan Likupang Barat*. Volume 21, No. 85, Tahun 2023 p-ISSN: 0215-9617. Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Yosua Aditya Ratu, Muh. I. Jasin, Jeffry D. Mamoto, *Analisis Karakteristik Gelombang Di Pantai Bulo Rerer Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa*, Jurnal Sipil Statik Vol.3 No.1, Januari 2015 (38-48) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi.
- Marlina, S. (2014). Analisis Sedimentasi Muara sungai di Kota Sorong. *Program Studi teknik Sipil universitas Muhammadiyah Sorong*, 1-2.
- Jonathan A. Christian, M Ihsan Jasin, Arthur H. Thambas, (2023) *Analisis Perbandingan Pengaruh Kedalaman terhadap Transformasi Gelombang di Pantai Parentek dan Pantai Malalayang*. 22, No. 89, Tahun 2024 p-ISSN: 0215- 9617. Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam ratulangi, Manado.
- Prof. Dr. Ir Bambang Triatmodjo, C. D. (1999). *Teknik Pantai*. Yogyakarta.
- Theodorus Pasomba M. Ihsan Jasin, T. J. (2019). ANALISIS PASANG SURUT PADA DAERAH PANTAI TOBOLOLO KELURAHAN TOBOLOLO KOTA TERNATE PROVINSI MALUKU UTARA. *Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado*, 1-3.
- Triatmodjo, B. (2012). *Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Usman, K. O. (2014). ANALISIS SEDIMENTASI PADA MUARA SUNGAI KOMERING KOTA PALEMBANG. *Jurusian Teknik Sipil*, Universitas Sriwijaya, 1-3.