



## Analisis Perbandingan Elevasi Muka Air Laut Menggunakan Metode Least Square Di Pantai Kabesaran Desa Tulap

Debora G. Lumunon<sup>#a</sup>, Muhammad I. Jasin<sup>#b</sup>, Jeffry D. Mamoto<sup>#c</sup>  
Arthur H. Thambas<sup>#d</sup>, Ariestides K. T. Dundu<sup>#e</sup>, Cindy J. Supit<sup>#f</sup>

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

<sup>a</sup>deboralumunon021@student.unsrat.ac.id, <sup>b</sup>muhammadjasin@unsrat.ac.id, <sup>c</sup>jeffrymamoto@student.unsrat.ac.id

<sup>d</sup>arthur.thambas@unsrat.ac.id, <sup>e</sup>torry@unsrat.ac.id, <sup>f</sup>cindyjeanesupit@unsrat.ac.id

### Abstrak

Pantai Kabesaran yang terletak di Desa Tulap, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara, merupakan kawasan pesisir yang menghadap Laut Maluku dan rentan terhadap perubahan elevasi muka air laut akibat pasang surut. Penelitian ini bertujuan menganalisis elevasi muka air laut menggunakan metode Least Square, menentukan tipe pasang surut berdasarkan bilangan Formzahl, serta membandingkan elevasi muka air pada kondisi cuaca normal dan cuaca ekstrem. Data angin selama satu tahun 2025 diperoleh dari POWER-DAV NASA, sedangkan data pasang surut diperoleh dari SRGI-BIG. Berdasarkan data angin, bulan Mei dengan kecepatan 4,91 m/s digunakan sebagai kondisi normal dan bulan September dengan kecepatan 8,84 m/s digunakan sebagai kondisi ekstrem. Data pasang surut kedua bulan tersebut dicatat setiap satu jam dan diolah menggunakan program MOD-LSQ. Hasil analisis kondisi normal menghasilkan HHWL 49,348 dm, MSL 24,126 dm, dan LLWL -1,096 dm, sedangkan kondisi ekstrem menghasilkan HHWL 41,362 dm, MSL 23,710 dm, dan LLWL 6,058 dm. Bilangan Formzahl masing-masing sebesar 0,703 dan 0,814 sehingga kedua kondisi termasuk pasang surut campuran condong ke semi-diurnal. Rentang HHWL–LLWL pada kondisi normal sebesar 50,444 dm dan pada kondisi ekstrem sebesar 35,304 dm. Dengan demikian, kondisi yang diklasifikasikan ekstrem berdasarkan data angin tidak menghasilkan HHWL lebih tinggi daripada kondisi normal pada periode data yang dianalisis, tetapi menunjukkan posisi LLWL yang lebih tinggi. Perubahan kondisi yang dianalisis tidak mengubah tipe dasar pasang surut di Pantai Kabesaran.

*Kata kunci: elevasi muka air laut; metode Least Square, pasang surut, cuaca ekstrem, Pantai Kabesaran, bilangan Formzahl*

### 1. Pendahuluan

Elevasi muka air laut adalah ketinggian permukaan laut yang diukur relatif terhadap titik acuan tertentu pada waktu tertentu. Nilai elevasi permukaan laut tidak tetap, tetapi bervariasi dari waktu ke waktu karena fenomena pasang surut yang disebabkan oleh tarikan gravitasi bulan dan matahari terhadap bumi. Perubahan elevasi permukaan laut menunjukkan naik turunnya permukaan laut selama periode tertentu. Saat pasang tinggi, permukaan laut berada pada posisi lebih tinggi dibandingkan titik acuan, sedangkan saat pasang rendah permukaan laut berada pada posisi lebih rendah. Perbedaan ketinggian tersebut mencerminkan variasi elevasi permukaan laut di daerah pesisir.

Pantai Kabesaran merupakan kawasan pesisir yang secara administratif berada di Desa Tulap, Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara. Kawasan ini berada di bagian timur Kabupaten Minahasa dan menghadap perairan Laut Maluku sehingga terpengaruh oleh berbagai dinamika oseanografi. Dalam hal geomorfologi, pantai merupakan wilayah transisi antara daratan dan laut yang mengalami interaksi berbagai proses fisik, seperti gelombang, pasang surut, dan arus laut. Kondisi tersebut membuat perubahan tinggi permukaan air laut dapat berhubungan dengan munculnya genangan di daerah daratan.

Permasalahan genangan menjadi penting untuk dikaji karena kawasan pesisir juga dimanfaatkan untuk aktivitas masyarakat dan kegiatan wisata. Informasi mengenai elevasi muka air laut diperlukan agar perubahan muka air dapat dipahami dan dapat menjadi pertimbangan dalam pengelolaan kawasan pesisir. Oleh karena itu, analisis pasang surut diperlukan untuk mengetahui karakteristik muka air laut dan elevasi referensi yang terjadi di lokasi penelitian.

Dalam penelitian ini digunakan metode Least Square. Metode tersebut merupakan metode analisis harmonik yang menguraikan gelombang pasang surut menjadi beberapa komponen harmonik, sehingga ketinggian muka air laut dapat direpresentasikan sebagai penjumlahan komponen-komponen pembangkit pasang surut. Melalui metode ini diperoleh amplitudo dan beda fase dari komponen harmonik yang digunakan dalam menentukan elevasi muka air laut.

## **2. Kajian Literatur**

### *2.1. Gambaran Umum Pantai*

Istilah pantai sering digunakan secara bersamaan dengan istilah pesisir, walaupun keduanya memiliki batasan yang berbeda. Pesisir merupakan daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. Pantai merupakan daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh pasang tertinggi dan surut terendah. Garis pantai merupakan garis batas pertemuan antara daratan dan air laut yang posisinya dapat berubah sesuai dengan pasang surut dan proses perubahan pantai.

Berdasarkan karakteristiknya, daerah yang terbentang ke arah laut dapat dibedakan menjadi offshore, breaker zone, surf zone, dan swash zone. Offshore merupakan daerah dari garis gelombang pecah ke arah laut. Breaker zone adalah daerah tempat gelombang yang datang dari laut mencapai kondisi tidak stabil dan pecah. Surf zone berada antara bagian dalam gelombang pecah dan batas naik-turunnya gelombang di pantai, sedangkan swash zone merupakan daerah yang dibatasi oleh garis batas tertinggi naiknya gelombang dan batas terendah turunnya gelombang di pantai.

### *2.2. Pasang Surut*

Pasang surut adalah fluktuasi atau gerakan naik turunnya muka air laut secara berirama akibat gaya tarik benda-benda langit, terutama bulan dan matahari, terhadap massa air laut di bumi. Variasi pasang surut merupakan salah satu proses penting yang memengaruhi kondisi perairan pesisir dan menjadi dasar dalam berbagai analisis teknik pantai.

### *2.3. Komponen Harmonik Pasang Surut*

Konstanta harmonik pasang surut merupakan parameter yang digunakan untuk merepresentasikan komponen-komponen pembentuk pasang surut, terutama melalui amplitudo dan beda fase. Komponen utama yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi S0, M2, S2, N2, K1, M4, O1, P1, K2, dan MS4. Komponen M2 merupakan komponen semidiurnal utama yang berkaitan dengan gaya tarik bulan, sedangkan S2 merupakan komponen semidiurnal utama yang berkaitan dengan pengaruh matahari. Komponen K1, O1, dan P1 merupakan komponen harian, sementara M4 dan MS4 berkaitan dengan komponen nonlinier atau interaksi harmonik di perairan..

### *2.4. Elevasi Muka Air*

Elevasi muka air merupakan kombinasi berbagai faktor yang memengaruhi tinggi permukaan laut. Dalam analisis pasang surut, beberapa elevasi referensi yang penting adalah Mean Sea Level (MSL), Highest High Water Level (HHWL), dan Lowest Low Water Level (LLWL). HHWL penting sebagai salah satu acuan dalam perencanaan bangunan pantai dan evaluasi kondisi muka air tinggi, sedangkan LLWL dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan yang memerlukan kondisi muka air rendah.

### *2.5. Metode Least Square*

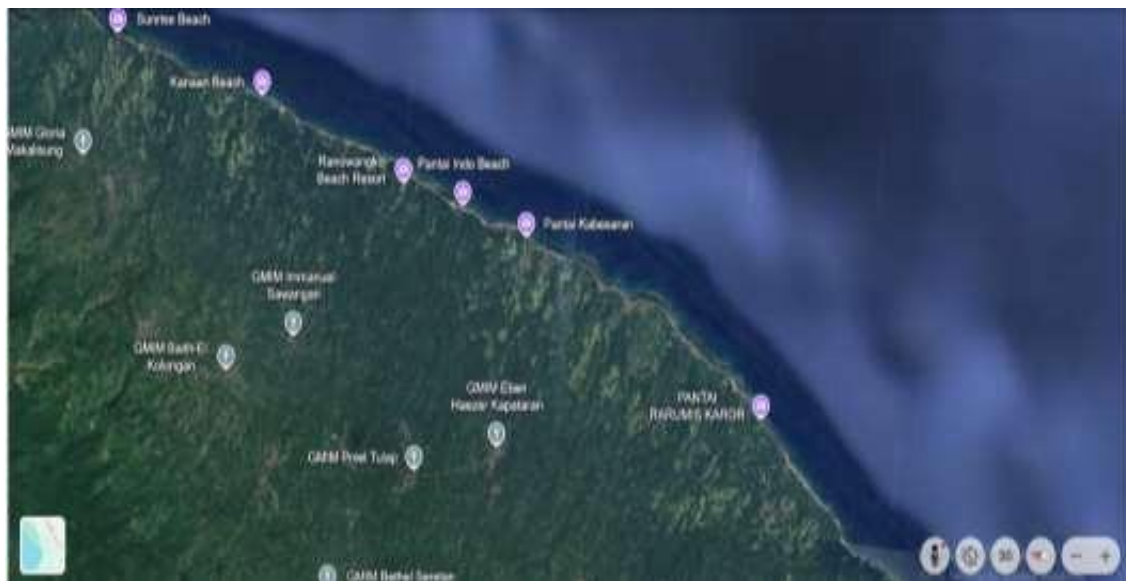
Metode Least Square merupakan metode analisis harmonik yang meminimumkan jumlah

kuadrat kesalahan antara data pengamatan dan nilai yang dihitung oleh model. Pengolahan menghasilkan konstanta harmonik berupa amplitudo dan beda fase. Hasil konstanta tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung elevasi muka air dan menentukan karakteristik pasang surut pada lokasi penelitian.

### 3. Metodologi Penelitian

#### 3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Pantai Kabesaran, Desa Tulap, Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara. Lokasi penelitian merupakan kawasan pesisir yang menghadap Laut Maluku. Pengamatan lapangan dilakukan untuk memperoleh gambaran kondisi pantai dan permasalahan yang terdapat di lokasi penelitian.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian Pantai Kabesaran, Desa Tulap, Kabupaten Minahasa

#### 3.2. Pengumpulan Data

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui identifikasi permasalahan dan survei lokasi Pantai Kabesaran. Data sekunder meliputi titik koordinat, data angin selama satu tahun 2025 dari POWER-DAV NASA, data pasang surut dua bulan yang mewakili kondisi cuaca normal dan ekstrem dari SRGI-BIG, serta peta lokasi penelitian.

#### 3.3. Data Angin dan Klasifikasi Kondisi Cuaca

Data angin bulanan tahun 2025 digunakan untuk menentukan bulan yang mewakili kondisi normal dan ekstrem. Kecepatan angin terendah tercatat pada bulan Mei sebesar 4,91 m/s dan digunakan sebagai kondisi cuaca normal, sedangkan kecepatan angin tertinggi tercatat pada bulan September sebesar 8,84 m/s dan digunakan sebagai kondisi cuaca ekstrem. Pemilihan kedua bulan tersebut mengikuti pengelompokan yang digunakan dalam skripsi.

#### 3.4. Data Pasang Surut

Data pasang surut diperoleh dari Sistem Referensi Geospasial Indonesia–Badan Informasi Geospasial (SRGI-BIG) untuk bulan Mei dan September 2025, dengan interval pencatatan satu jam. Data bulan Mei digunakan sebagai kondisi normal dan data bulan September sebagai kondisi ekstrem. Data kemudian disusun sebagai deret waktu dan diolah menggunakan program MOD-LSQ.

### 3.5. Pengolahan Data dengan MOD-LSQ

Pengolahan dilakukan dengan memasukkan data pasang surut dalam bentuk time series yang telah dikelompokkan ke dalam file teks. File data disimpan dengan nama Kabesaran.txt dan ditempatkan pada direktori program MOD-LSQ. Program kemudian dijalankan untuk menghasilkan output berupa amplitudo dan beda fase setiap komponen harmonik serta nilai Mean Sea Level. Nilai tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan elevasi muka air.

### 3.6. Tahapan Analisis

- Menetapkan lokasi penelitian dan mengumpulkan pustaka yang berkaitan dengan pasang surut dan elevasi muka air.
- Mengumpulkan data primer berupa identifikasi masalah dan survei lokasi.
- Mengumpulkan data sekunder berupa peta, titik koordinat, data angin, dan data pasang surut.
- Mengolah data pasang surut menggunakan metode Least Square/MOD-LSQ.
- Menentukan konstanta harmonik, MSL, HHWL, dan LLWL.
- Menentukan tipe pasang surut menggunakan bilangan Formzahl.
- Membandingkan nilai elevasi muka air pada kondisi normal dan ekstrem berdasarkan HHWL, MHWS, MHWL, MSL, MLWL, MLWS, LLWL, serta rentang HHWL–LLWL.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Konstanta Harmonik Kondisi Cuaca Normal

Hasil pengolahan metode Least Square pada kondisi cuaca normal (Mei 2025) menghasilkan konstanta harmonik berupa amplitudo dan beda fase. Nilai S0 sebesar 24,126 dm merupakan komponen tetap yang digunakan sebagai MSL. Amplitudo komponen yang diperoleh adalah M2 1,331 dm, S2 7,426 dm, N2 1,325 dm, K1 5,185 dm, M4 2,312 dm, O1 0,971 dm, P1 3,833 dm, K2 6,476 dm, dan MS4 1,661 dm. Nilai S2 merupakan amplitudo terbesar pada kelompok komponen yang dihitung.

**Tabel 1.** Konstanta Harmonik Pasang Surut pada Kondisi Cuaca Normal

| Komponen | Amplitudo (dm) | Beda Fasa (°) | Keterangan           |
|----------|----------------|---------------|----------------------|
| S0       | 24,126         | —             | Komponen tetap       |
| M2       | 1,331          | −40,04        | Semidiurnal bulan    |
| S2       | 7,426          | −22,68        | Semidiurnal matahari |
| N2       | 1,325          | 51,80         | Semidiurnal bulan    |
| K1       | 5,185          | 84,85         | Diurnal              |
| M4       | 2,312          | −49,80        | Overtide             |
| O1       | 0,971          | −32,24        | Diurnal bulan        |
| P1       | 3,833          | 53,60         | Diurnal matahari     |
| K2       | 6,476          | 42,17         | Semidiurnal          |
| MS4      | 1,661          | 63,36         | Compound             |

Nilai elevasi muka air kondisi normal dihitung dari konstanta harmonik hasil Least Square. MSL diperoleh dari S0 sebesar 24,126 dm, sedangkan HHWL dan LLWL dihitung menggunakan kombinasi amplitudo M2, S2, K1, O1, P1, dan K2. Hasilnya diperoleh HHWL 49,348 dm dan LLWL −1,096 dm. Bilangan Formzahl yang dihitung dari komponen K1, O1, M2, dan S2 adalah 0,703.

### 4.2. Perhitungan Elevasi Muka Air Kondisi Normal

Nilai elevasi muka air dihitung berdasarkan komponen harmonik hasil metode Least Square. Mean Sea Level diperoleh dari komponen tetap S0. Nilai LLWL dan HHWL dihitung menggunakan kombinasi amplitudo komponen M2, S2, K1, O1, P1, dan K2 sebagaimana digunakan dalam skripsi.

$$\text{MSL} = A(S_0) = 24,126 \text{ dm.}$$

$$\text{LLWL} = \text{MSL} - [A(M_2) + A(S_2) + A(K_1) + A(O_1) + A(P_1) + A(K_2)] = -1,096 \text{ dm.}$$

$$\text{HHWL} = \text{MSL} + [A(M_2) + A(S_2) + A(K_1) + A(O_1) + A(P_1) + A(K_2)] = 49,348 \text{ dm.}$$

$$F = [A(K1)+A(O1)]/[A(M2)+A(S2)] = 0,703.$$

#### 4.3. Konstanta Harmonik dan Elevasi Kondisi Cuaca Ekstrem

Pada kondisi cuaca ekstrem (September 2025), hasil pengolahan menghasilkan S0 sebesar 23,710 dm. Konstanta harmonik yang diperoleh meliputi M2 1,461 dm, S2 4,584 dm, N2 0,128 dm, K1 3,549 dm, M4 1,314 dm, O1 1,369 dm, P1 3,161 dm, K2 3,528 dm, dan MS4 2,013 dm. Dibandingkan kondisi normal, susunan dan besaran amplitudo komponen harmonik mengalami perubahan.

**Tabel 2.** Konstanta Harmonik Pasang Surut pada Kondisi Cuaca Ekstrem

| Komponen | Amplitudo (dm) | Beda Fasa (°) |
|----------|----------------|---------------|
| S0       | 23,710         | —             |
| M2       | 1,461          | 70,87         |
| S2       | 4,584          | -34,16        |
| N2       | 0,128          | 83,14         |
| K1       | 3,549          | -6,31         |
| M4       | 1,314          | -58,78        |
| O1       | 1,369          | -34,45        |
| P1       | 3,161          | 11,85         |
| K2       | 3,528          | -34,91        |
| MS4      | 2,013          | 85,12         |

Perhitungan elevasi kondisi ekstrem menghasilkan MSL 23,710 dm, LLWL 6,058 dm, dan HHWL 41,362 dm. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pada periode yang diklasifikasikan ekstrem berdasarkan kecepatan angin, HHWL justru lebih rendah daripada kondisi normal, sedangkan LLWL lebih tinggi.

$$MSL = A(S0) = 23,710 \text{ dm.}$$

$$LLWL = MSL - [A(M2)+A(S2)+A(K1)+A(O1)+A(P1)+A(K2)] = 6,058 \text{ dm.}$$

$$HHWL = MSL + [A(M2)+A(S2)+A(K1)+A(O1)+A(P1)+A(K2)] = 41,362 \text{ dm.}$$

$$F = [A(K1)+A(O1)]/[A(M2)+A(S2)] = 0,814.$$

#### 4.4. Tipe Pasang Surut

Nilai Formzahl pada kondisi normal sebesar 0,703 dan pada kondisi ekstrem sebesar 0,814. Kedua nilai berada dalam rentang 0,25–1,50 sehingga diklasifikasikan sebagai pasang surut campuran condong ke semi-diurnal. Dengan tipe ini, dalam satu hari terdapat dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang tidak sama.

#### 4.5. Perbandingan Elevasi Muka Air

Perbandingan elevasi muka air antara kondisi normal dan ekstrem menunjukkan adanya perbedaan nilai HHWL, MSL, dan LLWL. Kondisi normal menghasilkan HHWL yang lebih tinggi, yaitu 49,348 dm, dibandingkan kondisi ekstrem sebesar 41,362 dm. Sebaliknya, LLWL pada kondisi ekstrem sebesar 6,058 dm lebih tinggi daripada LLWL kondisi normal sebesar -1,096 dm. MSL pada kondisi normal sebesar 24,126 dm dan pada kondisi ekstrem sebesar 23,710 dm.

Rentang elevasi antara HHWL dan LLWL pada kondisi normal sebesar 50,444 dm, sedangkan pada kondisi ekstrem sebesar 35,304 dm. Dengan demikian, rentang pada kondisi ekstrem lebih kecil 15,140 dm dibandingkan kondisi normal. Perbedaan ini menunjukkan bahwa istilah cuaca ekstrem dalam penelitian tidak secara otomatis berarti HHWL selalu lebih besar daripada kondisi normal, karena klasifikasi kondisi dilakukan berdasarkan parameter angin dan kriteria yang digunakan dalam penelitian ini.

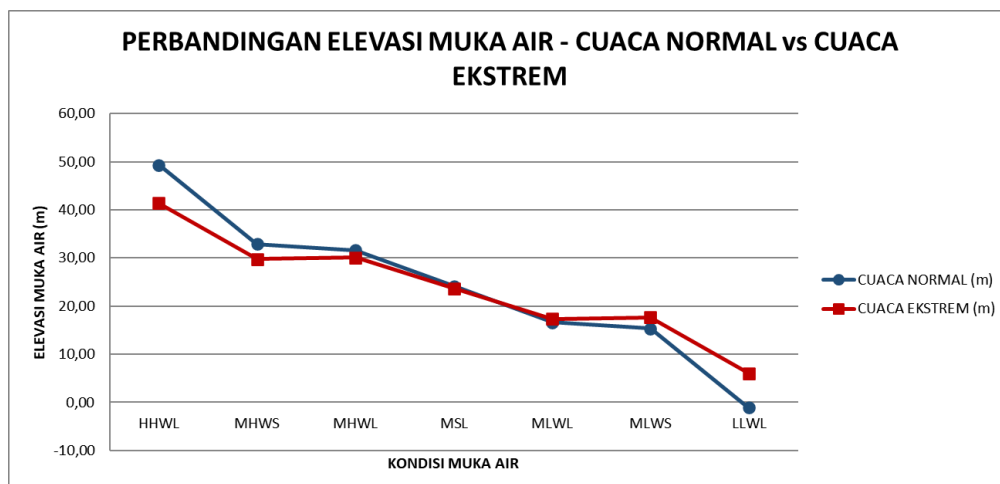
**Tabel 3.** Perbandingan Elevasi Muka Air Kondisi Normal dan Ekstrem

| Parameter         | Normal (dm) | Ekstrem (dm) | Selisih Ekstrem-Normal (dm) |
|-------------------|-------------|--------------|-----------------------------|
| HHWL              | 49,348      | 41,362       | -7,986                      |
| MHWS              | 32,883      | 29,755       | -3,128                      |
| MHWL              | 31,613      | 30,089       | -1,524                      |
| MSL               | 24,126      | 23,710       | -0,416                      |
| MLWL              | 16,639      | 17,331       | +0,692                      |
| MLWS              | 15,369      | 17,665       | +2,296                      |
| LLWL              | -1,096      | 6,058        | +7,154                      |
| Rentang HHWL-LLWL | 50,444      | 35,304       | -15,140                     |

#### 4.6. Grafik Perbandingan Elevasi Muka Air

Grafik perbandingan menunjukkan bahwa seluruh parameter elevasi pada kedua kondisi memiliki pola yang berbeda. Kondisi normal mempunyai HHWL 49,348 dm dan LLWL -1,096 dm, sedangkan kondisi ekstrem mempunyai HHWL 41,362 dm dan LLWL 6,058 dm. MSL pada kedua kondisi relatif berdekatan, yaitu 24,126 dm pada kondisi normal dan 23,710 dm pada kondisi ekstrem.

Rentang HHWL-LLWL pada kondisi normal sebesar 50,444 dm, sedangkan pada kondisi ekstrem sebesar 35,304 dm. Hasil ini penting untuk ditegaskan karena istilah cuaca ekstrem dalam penelitian ditentukan berdasarkan kecepatan angin, sehingga tidak berarti HHWL pada kondisi ekstrem harus selalu lebih tinggi dari kondisi normal.

**Gambar 2.** Grafik Perbandingan Elevasi Muka Air pada Kondisi Cuaca Normal dan Ekstrem

#### 4.7. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Least Square dapat menguraikan data pasang surut menjadi komponen-komponen harmonik dan menghasilkan parameter elevasi muka air. Pada kondisi normal, HHWL sebesar 49,348 dm, MSL 24,126 dm, dan LLWL -1,096 dm. Pada kondisi ekstrem, HHWL sebesar 41,362 dm, MSL 23,710 dm, dan LLWL 6,058 dm. Perbedaan tersebut menunjukkan perubahan posisi muka air yang dianalisis pada dua kondisi.

Nilai Formzahl 0,703 pada kondisi normal dan 0,814 pada kondisi ekstrem sama-sama berada pada rentang 0,25-1,50, sehingga kedua kondisi termasuk pasang surut campuran condong ke semi-diurnal. Artinya, karakter dasar pasang surut di Pantai Kabesaran tidak berubah antara kedua kondisi yang dianalisis.

Perbandingan hasil menunjukkan rentang pasang surut normal sebesar 50,444 dm dan ekstrem sebesar 35,304 dm. Dengan demikian, kondisi ekstrem pada periode pengamatan mempunyai rentang 15,140 dm lebih kecil. Karena klasifikasi normal dan ekstrem dalam penelitian ini didasarkan pada data angin, hasil tersebut tidak dapat diartikan bahwa cuaca ekstrem selalu meningkatkan HHWL.

Hasil ini berkaitan dengan tujuan penelitian untuk membandingkan elevasi muka air pada

kondisi normal dan ekstrem. Perbandingan tidak hanya dilakukan terhadap nilai HHWL, tetapi juga terhadap MSL, LLWL, dan rentang elevasi. Informasi tersebut penting untuk memahami kondisi muka air yang dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan pengelolaan kawasan pesisir dan evaluasi potensi genangan.

Genangan pesisir dapat terjadi ketika elevasi muka air laut lebih tinggi daripada elevasi lahan pada lokasi tertentu. Dalam penelitian ini, hasil elevasi muka air terutama memberikan informasi tentang posisi muka air pada kondisi yang dianalisis. Oleh karena itu, nilai HHWL dapat digunakan sebagai salah satu acuan dalam menilai potensi genangan, tetapi penentuan luas genangan secara spasial memerlukan informasi elevasi topografi yang lebih rinci.

## 5. Kesimpulan

- Pada kondisi cuaca normal (Mei 2025) diperoleh HHWL 49,348 dm, MSL 24,126 dm, dan LLWL -1,096 dm. Pada kondisi cuaca ekstrem (September 2025) diperoleh HHWL 41,362 dm, MSL 23,710 dm, dan LLWL 6,058 dm.
- Rentang HHWL–LLWL pada kondisi normal sebesar 50,444 dm, sedangkan pada kondisi ekstrem sebesar 35,304 dm. Rentang kondisi ekstrem lebih kecil 15,140 dm dibandingkan kondisi normal.
- Nilai Formzahl sebesar 0,703 pada kondisi normal dan 0,814 pada kondisi ekstrem. Keduanya termasuk pasang surut campuran condong ke semi-diurnal.
- Perubahan kondisi yang dianalisis menghasilkan perbedaan nilai elevasi muka air, tetapi tidak mengubah tipe dasar pasang surut di Pantai Kabesaran. Klasifikasi ekstrem berdasarkan data angin tidak menunjukkan HHWL yang lebih tinggi daripada kondisi normal pada periode data yang digunakan.
- Perbedaan kondisi cuaca memengaruhi nilai elevasi muka air yang diperoleh, tetapi tidak mengubah tipe dasar pasang surut di Pantai Kabesaran. Hasil analisis dapat digunakan sebagai informasi awal untuk memahami kondisi muka air dan mendukung pertimbangan pengelolaan wilayah pesisir.

## 6. Saran

- Penelitian lanjutan perlu menggunakan data pasang surut dalam periode yang lebih panjang agar hasil analisis lebih akurat dan representatif terhadap kondisi sebenarnya.  
Catatan: Dalam skripsi terdapat ringkasan abstrak yang memuat nilai Formzahl dan klasifikasi bulanan yang berbeda dari hasil rinci Bab IV. Jurnal revisi ini mengikuti tabel konstanta harmonik, hasil perhitungan elevasi, pemilihan bulan Mei–September, dan angka pada workbook Excel sebagai dasar hasil.
- Metode Least Square disarankan untuk dibandingkan dengan metode lain, seperti Admiralty, untuk mengetahui perbedaan hasil dan tingkat keakuratan analisis.
- Hasil penelitian dapat digunakan sebagai salah satu bahan pertimbangan dalam perencanaan dan pengelolaan kawasan pesisir, khususnya dalam mengantisipasi genangan akibat pasang tinggi dan kondisi cuaca ekstrem.
- Pemantauan pasang surut secara berkala di Pantai Kabesaran perlu dilakukan untuk mengetahui perubahan elevasi muka air laut dari waktu ke waktu.

## Referensi

- Prayogo, L. M. (2021). Comparison of Admiralty and Least Square Methods for Tidal Analysis in Mandangin Island, Sampang Regency, East Java (2), 59–69.
- Setia, V., Fadly, R., & Zakaria, A. (2025). Analisis Perbandingan Hasil Pengolahan Data Pasang Surut Menggunakan Metode Least Square dan Admiralty di Pelabuhan Bakauheni, Lampung (2).
- Suwarni, W. (2020). Analisa Pasang Surut Menggunakan Metode Least Square pada Pantai Taman Ria (1), 1–10.
- Triatmodjo, B. (1999). Teknik Pantai. Beta Offset.
- Mardika, M. G. I., & Pratama, M. I. (2021). Analisis Pasang Surut Menggunakan Metode Least Square di Wilayah Perairan Muara Sungai Poso.
- Nirmala, A. (2024). Model matematis peramalan pasang surut menggunakan metode least square di perairan Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 12(1), 001.
- Soares, C. F. J. P., Wahid, A., & Tanesib, J. L. (2019). Analisis pasang surut menggunakan metode least

square di wilayah perairan Ende, Nusa Tenggara Timur.

Laili Ainur Rosida, Moh. Syaeful Anwar, Oktria Muhammad Sholeh, A. Syahrul Mushofa, & Luhur Moekti Prayogo. Penerapan Metode Least Square untuk Analisis Harmonik Pasang Surut Air Laut di Kabupaten Tuban, Jawa Timur.

BMKG. (2021). Informasi Cuaca Ekstrem dan Iklim Indonesia. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. Jakarta: BMKG Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press.

Lakitan, B. (2002). Dasar-Dasar Klimatologi. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.

Pugh, D. T. (1987). Tides, Surges and Mean Sea-Level. Chichester: John Wiley & Sons.

Tjasyono, B. (2004). Klimatologi. Bandung: Penerbit ITB.

World Meteorological Organization (WMO). (2020). Guide to Climatological Practices (WMO-No. 100). Geneva: WMO.