



Analisis Pasang Surut Menggunakan Metode *Least Square* Di Pantai Desa Munte Kecamatan Likupang Timur

Salvatore Lengkong^{#a}, Cindy J. Supit^{#b}, Ariestides K. T. Dundu^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^a18021101109@student.unsrat.ac.id, ^bcindyjeanesupit@unsrat.ac.id, ^ctorry@unsrat.ac.id

Abstrak

Penelitian ini menganalisis karakteristik pasang surut di perairan Pantai Desa Munte, Minahasa Utara, menggunakan metode Least Square. Wilayah ini merupakan Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Pariwisata yang membutuhkan data pasang surut akurat untuk perencanaan pembangunan infrastruktur pesisir. Data yang digunakan adalah data sekunder dari BMKG selama 15 hari (1-15 Juni 2025). Analisis harmonik dilakukan untuk menentukan amplitudo dan fase dari komponen pasang surut utama (M_2 , S_2 , K_1 , dan O_1). Hasilnya menunjukkan bahwa tipe pasang surut di Pantai Munte adalah campuran condong ke harian tunggal, dengan nilai Formzahl (F) sebesar 2,89. Komponen O_1 memiliki amplitudo tertinggi, yaitu 2,53 m. Perbandingan antara data observasi dan model menunjukkan kesesuaian yang tinggi. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan penting untuk perencanaan pembangunan pesisir dan studi oseanografi di Sulawesi Utara.

Kata kunci: pasang surut, Least Square, Pantai Munte, komponen harmonik, Formzahl

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Kecamatan Likupang Timur, khususnya Desa Munte, telah ditetapkan sebagai Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Pariwisata. Perkembangan di wilayah ini memerlukan data kelautan yang akurat, termasuk data pasang surut (pasut), untuk perencanaan pembangunan dermaga, tata ruang pesisir, dan keselamatan aktivitas maritim. Pasang surut adalah fenomena naik turunnya muka air laut secara periodik yang disebabkan oleh gaya tarik gravitasi Bulan dan Matahari. Pemahaman terhadap pasang surut sangat penting bagi nelayan dan sektor pariwisata bahari. Ketiadaan data prediksi pasang surut yang spesifik dan akurat untuk perairan Likupang Timur menjadi kendala, sehingga penelitian ini menggunakan metode Least Square untuk memodelkan dan memprediksi dinamika pasang surut di lokasi ini.

1.2. Rumusan Masalah

Terdapat tiga masalah yang dianalisis dalam penelitian ini: memodelkan pasang surut menggunakan metode Least Square, mengidentifikasi konstanta pasang surut utama, serta menentukan tipe dan elevasi muka air penting di perairan Pantai Desa Munte, Kecamatan Likupang Timur.

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini berfokus pada analisis pasang surut di perairan Pantai Desa Munte, Kecamatan Likupang Timur, menggunakan data sekunder dari BMKG selama 15 hari, di mana

analisisnya secara eksklusif menggunakan metode Least Square dan terbatas pada komponen pasut utama seperti M₂, S₂, K₁, dan O₁.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh model harmonik pasang surut di perairan Pantai Desa Munte, Kecamatan Likupang Timur, menggunakan metode Least Square, serta menentukan nilai amplitudo dan fase dari komponen utama pasut (M₂, S₂, K₁, dan O₁), tipe pasut, dan nilai elevasi muka air penting seperti MSL, HHWL, dan LLWL.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan manfaat berupa kontribusi ilmiah dalam rekayasa pantai dengan metode Least Square, menjadi referensi bagi studi oseanografi di Sulawesi Utara, serta menyediakan data pasut yang akurat bagi pemerintah dan masyarakat lokal untuk mendukung perencanaan pembangunan pesisir, mitigasi bencana, dan aktivitas maritim.

2. Metode Penelitian

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini menganalisis data pasang surut dari BMKG untuk periode 1-15 Juni 2025 di perairan Pantai Desa Munte, Likupang Timur, yang terletak pada koordinat 1° 41' 55" LU dan 125° 00' 52" LT.

2.2. Metode Pengumpulan dan Analisis Data

Analisis kuantitatif penelitian ini menggunakan metode studi dokumentasi dengan data pasang surut sekunder dari BMKG, yang akan diolah melalui tiga tahapan utama: persiapan dan pembersihan data, analisis harmonik dengan metode *Least Square* menggunakan program MOD-LSQ, dan penentuan tipe pasut dengan menghitung bilangan *Formzahl*.

2.3. Bagan Alir Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan menurut alur pada Gambar 1.

3. Kajian Literatur

3.1. Pantai

Pantai adalah zona dinamis di perbatasan daratan dan lautan, yang terus berubah akibat gelombang dan pasang surut. Pantai terbagi menjadi beberapa zona utama:

- Offshore: Laut dalam
- Nearshore: Area dari batas surut terendah hingga gelombang pecah
- Foreshore: Zona pasang surut, antara batas pasang tertinggi dan surut terendah
- Backshore: Zona di atas garis pasang normal, hanya terpengaruh saat badai
- Dunes: Gundukan pasir yang terbentuk oleh angin

3.2. Pasang Surut dan Metode Analisis

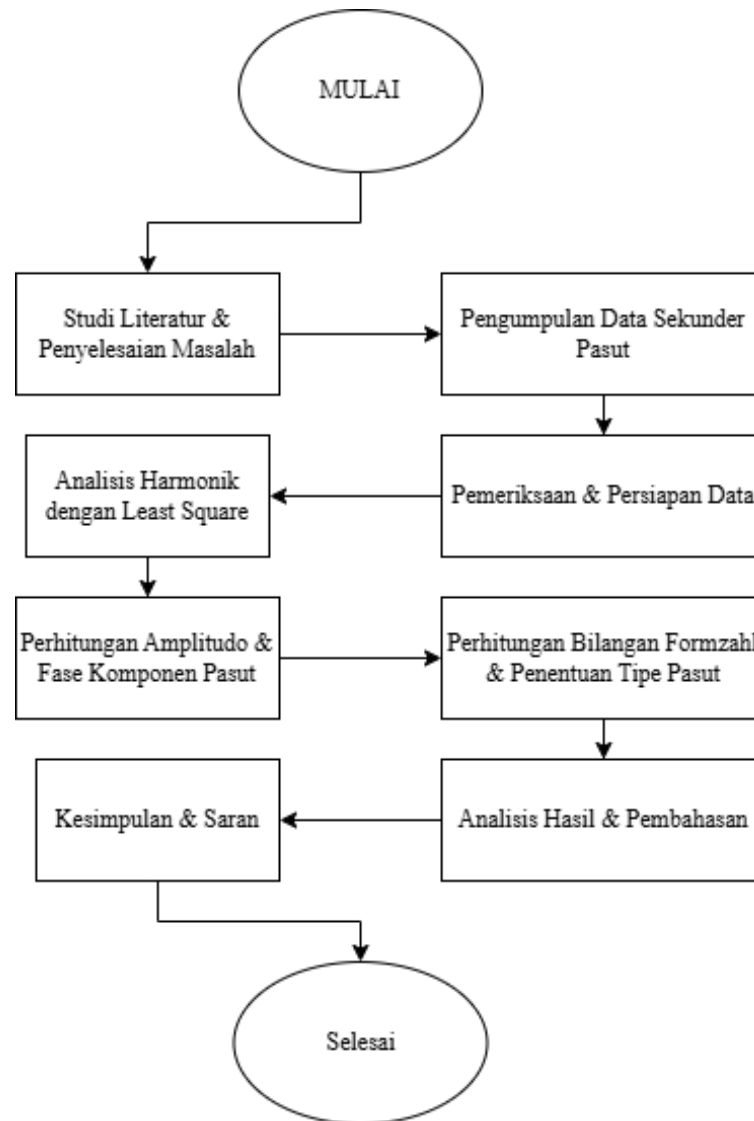
Pasang surut adalah naik turunnya permukaan air laut akibat interaksi gravitasi antara Bumi, Bulan, dan Matahari, di mana pengaruh Bulan lebih dominan. Fenomena ini dapat dianalisis dengan metode matematis seperti Least Square, yang merupakan pendekatan standar untuk menemukan model yang paling sesuai dengan data observasi. Metode ini mengurai data pasang surut menjadi komponen-komponen harmonik, seperti M₂ dan S₂ (semi-diurnal) serta K₁ dan O₁ (diurnal), untuk menentukan karakteristik pasang surut di suatu lokasi. Tipe pasang surut

diklasifikasikan menggunakan bilangan Formzahl (F) yang dihitung dari perbandingan amplitudo komponen diurnal dan semi-diurnal:

$$F = \frac{A_{K1} + A_{O1}}{A_{M2} + A_{S2}}$$

Berdasarkan nilai F, tipe pasang surut dibagi menjadi empat:

- Harian Ganda (Semi-diurnal): $F \leq 0.25$, terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan ketinggian dan periode yang hampir sama;
- Campuran Condong Harian Ganda (Mixed semi-diurnal): $0.25 < F \leq 1.5$, terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang berbeda;
- Campuran Condong Harian Tunggal (Mixed diurnal): $1.5 < F \leq 3$, terjadi satu kali pasang dan surut, kadang-kadang dua kali dengan tinggi dan periode berbeda;
- Harian Tunggal (Diurnal): $F > 3$, terjadi hanya sekali pasang dan sekali surut dalam sehari.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3.3. Aplikasi Metode Least Square

Metode Least Square bekerja dengan meminimalkan selisih kuadrat antara data observasi dan model matematis. Data elevasi air ($h(t)$) dimodelkan sebagai fungsi harmonik:

$$h(t) = S_0 + \sum_{i=1}^n A_i \cos(\omega_i t - \phi_i)$$

Untuk mempermudah perhitungan, model ini diubah menjadi bentuk linier:

$$h(t) = S_0 + \sum_{i=1}^n (a_i \cos(\omega_i t) + b_i \sin(\omega_i t))$$

Setelah nilai a_i dan b_i ditemukan, amplitudo (A_i) dan fase (ϕ_i) dapat dihitung kembali.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pasang Surut Least Square

Hasil dari analisis pasang surut yang dilakukan di pantai Desa Munte Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara dengan koordinat $1^{\circ} 41' 55''$ LU dan $125^{\circ} 00' 52''$ LT, dapat ditentukan tipe pasang surut dengan metode Least Square dan data yang diperoleh dapat disusun untuk memperoleh hasil data harmonic tipe pasang surut, bilangan Formzahl, dan nilai – nilai elevasi muka air.

1. Data.

Tabel 1. Data Pasang Surut

REKAP PENGAMATAN PASANG SURUT																	
LOKASI		: Pantai Desa Munte Kecamatan Likupang Timur															
T/J	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	•	•	•	•	•	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
01/06/2025	2,06	1,83	1,63	1,48	1,37						1,51	1,79	2,03	2,21	2,31	2,35	2,31
02/06/2025	2,19	2	1,8	1,61	1,48						1,35	1,57	1,8	2	2,14	2,23	2,26
03/06/2025	2,21	2,09	1,92	1,74	1,58						1,29	1,44	1,62	1,8	1,96	2,07	2,14
04/06/2025	2,15	2,1	1,98	1,82	1,66						1,33	1,4	1,51	1,64	1,78	1,89	1,98
05/06/2025	2,03	2,02	1,96	1,84	1,7						1,42	1,44	1,48	1,54	1,63	1,73	1,82
•																	
•																	
•																	
•																	
•																	
13/06/2025	1,4	1,33	1,3	1,28	1,25						2,11	2,25	2,3	2,26	2,12	1,91	1,69
14/06/2025	1,5	1,37	1,31	1,29	1,26						1,99	2,19	2,29	2,32	2,25	2,09	1,87
15/06/2025	1,64	1,46	1,36	1,31	1,29						1,81	2,06	2,22	2,3	2,31	2,22	2,05

2. Data Konstanta Pasang Surut

Tabel 2. Data Konstanta

Konstituen	Jenis	Periode T_i (jam)	$\omega_i = \frac{2\pi}{T_i} \text{ rad/jam}$
M2	Semi-diurnal	12,42	0,506
S2	Semi-diurnal	12	0,524
N2	Semi-diurnal	12,66	0,496
K2	Semi-diurnal	11,97	0,525
K1	Diurnal	23,93	0,263
O1	Diurnal	25,82	0,243
P1	Diurnal	24,07	0,261
M4	Quarterly	6,2	1,013
MS4	Quarterly	6,1	1,030

4.2. Hasil Perhitungan Menggunakan Program MOD-LSQ

Data pasang surut yang diperoleh, dimasukkan ke dalam program. Maka akan mendapat nilai-nilai sebagai berikut:

Mengurai Konstituen Pasut			
So = 15.090			
Amplitudo M2 =	2.099dm	Beda Fasa	29.66
Amplitudo S2 =	0.864dm	Beda Fasa	36.02
Amplitudo N2 =	0.457dm	Beda Fasa	79.37
Amplitudo K1 =	6.065dm	Beda Fasa	-22.58
Amplitudo M4 =	0.132dm	Beda Fasa	81.13
Amplitudo O1 =	2.526dm	Beda Fasa	24.32
Amplitudo P1 =	2.436dm	Beda Fasa	-4.59
Amplitudo K2 =	0.348dm	Beda Fasa	75.50
Amplitudo MS4 =	0.084dm	Beda Fasa	23.98

Gambar 2. Nilai Amplitudo dan Fase

Tabel 3. Nilai Amplitudo Konstanta Least Square dan Nilai Formzahl

Lokasi	Elevasi Muka Air	Least Square	
		Ref. Peil (m)	Ref. LLWL (m)
Pantai Desa Munte	HHWL	1,31	2,42
	MSL	-0,11	1,00
	LLWL	-1,12	0,00
Tunggang Pasang Surut		2,42	
Amplitudo		Least Square	
S0		-1,13	
M2		2,08	
S2		0,95	
N2		0,46	
K1		4,02	
O1		0,13	
M4		2,52	
MS4		2,39	
K2		0,40	
P1		0,07	
Bilangan Formzal		1,370	
$F=(AO1+AK1)/(AM2+AS2)$			
Tipe Pasang Surut		Campuran, condong ke semi diurnal	

4.3. Data Pasang Surut Least Square

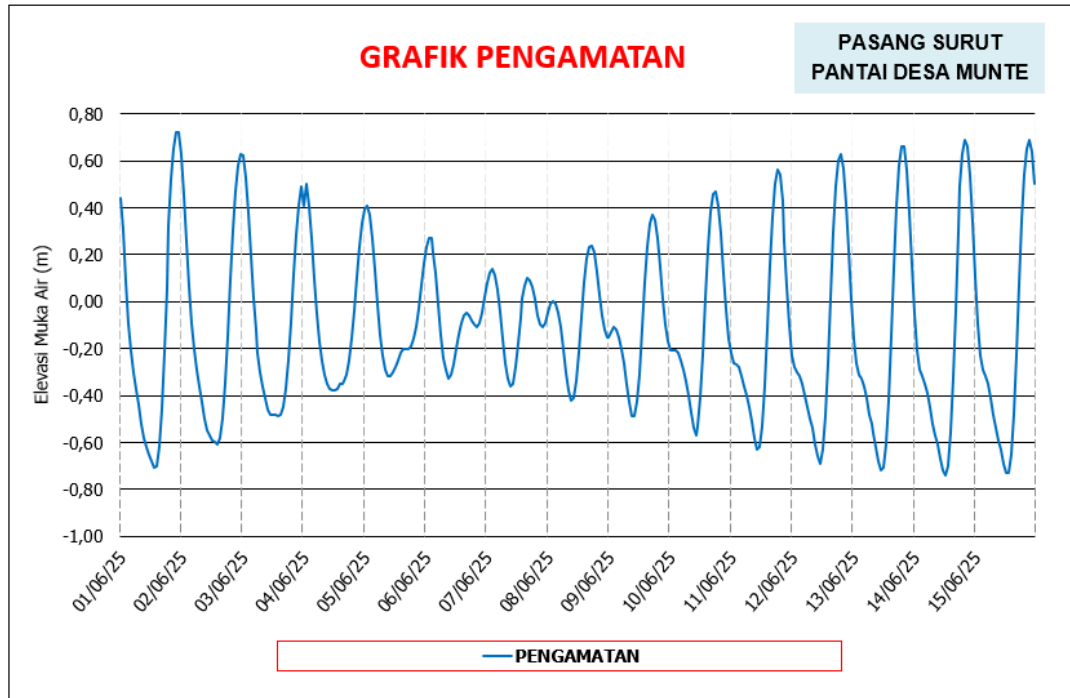
Tabel 4. Data Pasang Surut Least Square

JAM	TANGGAL	PENGAMATAN	LEAST SQUARE
0	01/06/25	2,06	2,05
1		1,83	1,84
2		1,63	1,64
3		1,48	1,48
4		.	
5		.	
0	02/06/25	2,19	2,16
1		2,00	1,98
2		1,80	1,78
3		1,61	1,59
4		.	
5		.	
	03/06/25		
	04/06/25		
	.		
	.		
	.		
	15/06/25	1,64	1,70
19		2,22	2,20
20		2,30	2,27
21		2,31	2,26
22		2,22	2,17
23		2,05	2,02

4.4. Grafik Perbandingan Data Pengamatan dan Data Least Square

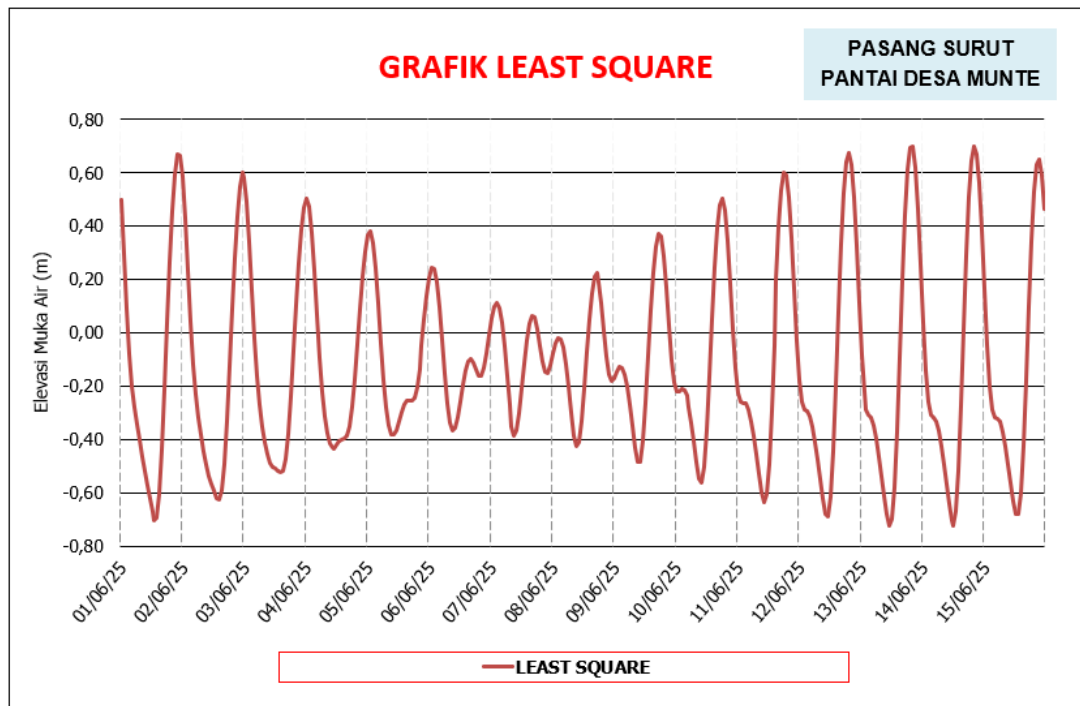
Perbandingan antara Data Pengamatan dan Data yang telah dihitung menggunakan metode Least Square.

- Grafik Data Pengamatan



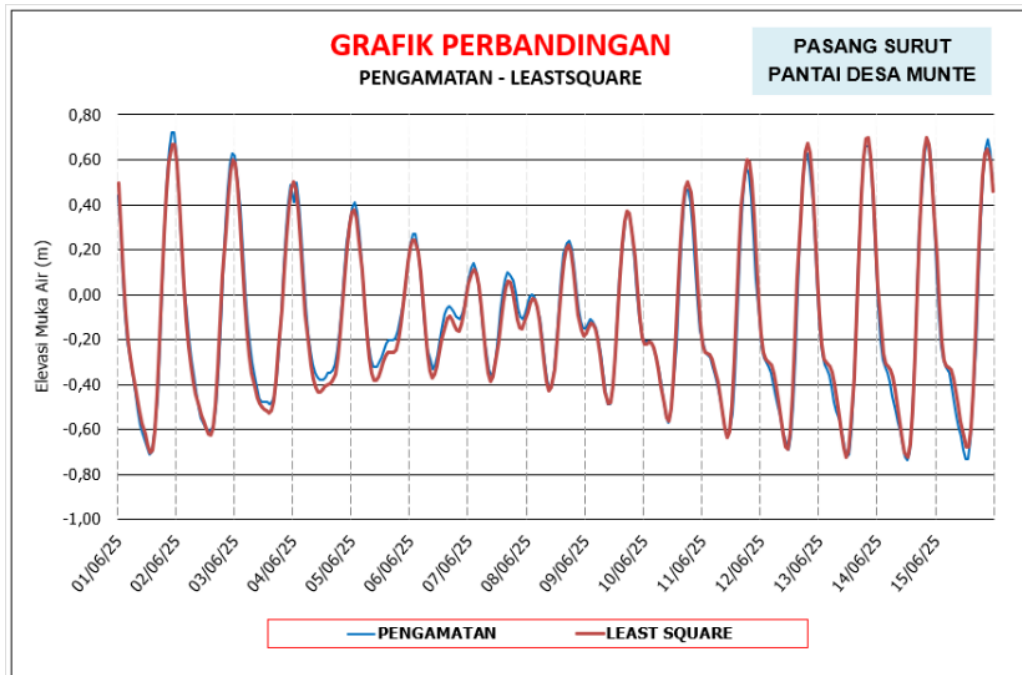
Gambar 3. Grafik Pengamatan

- Grafik Data Metode Least Square



Gambar 4. Grafik Least Square

- Grafik Perbandingan antara Grafik Pengamatan dan Grafik Least Square



Gambar 5. Grafik Perbandingan

4.5. Elevasi Muka Air

Tabel 5. Elevasi Muka Air

Lokasi	Elevasi Muka Air	Least Square	
		Ref. Peil (m)	Ref. LLWL (m)
Pantai Desa Munte	HHWL	1,31	2,42
	MHWS	0,70	1,81
	MHWL	0,36	1,48
	MSL	-0,11	1,00
	MLWL	-0,52	0,60
	MLWS	-0,72	0,39
	LLWL	-1,12	0,00
Tunggang Pasang Surut		2,42	

4.6. Pembahasan

Perbandingan antara data pasang surut hasil pengamatan (BMKG) dan data hasil perhitungan model Least Square (MOD-LSQ) menunjukkan kesamaan yang tinggi, di mana grafik keduanya hampir berimpitan. Ini menunjukkan bahwa model harmonik pasang surut yang diperoleh dari metode Least Square memiliki tingkat kesesuaian yang baik dalam memprediksi fluktuasi pasut di lokasi penelitian.

5. Kesimpulan

Berdasarkan analisis pasang surut menggunakan metode Least Square di Pantai Desa Munte, Kecamatan Likupang Timur, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara, dapat disimpulkan bahwa:

1. Model harmonik dari data pengamatan dan hasil Least Square menunjukkan kesesuaian yang tinggi, meskipun terdapat sedikit perbedaan yang tidak signifikan.

2. Nilai amplitudo konstanta pasang surut utama yang teridentifikasi adalah: $M_2 = 2,08$ m, $S_2 = 0,95$ m, $O_1 = 0,13$ m, dan $K_1 = 4,02$ m
3. Tipe pasang surut di lokasi ini adalah campuran condong ke harian tunggal, karena nilai Formzahl (F) sebesar 1,370, yang memenuhi syarat $F > 0,25 < 1,5$. Tipe ini adalah pasang surut campuran condong ke semi-diurnal berarti terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari dengan ketinggian dan periode yang berbeda. Nilai elevasi muka air penting di lokasi penelitian adalah: MSL (Ref. Peil) = -0,11 m dan (Ref. LLWL) = 1 m; HHWL (Ref. Peil) = 1,31 m dan (Ref. LLWL) = 2,42 m; serta LLWL (Ref. Peil) = -1,12 m dan (Ref. LLWL) = 0 m.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Dekan Fakultas Teknik UNSRAT, Ketua Jurusan Teknik Sipil UNSRAT, Dosen Pembimbing I (Dr. Eng. Cindy J. Supit) dan Dosen Pembimbing II (Dr. Eng. Ir. Ariestides K. Torry Dundu) atas bimbingan dan dukungan yang telah diberikan.

Referensi

- Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2010). *Numerical Methods for Engineers* (6th ed.). McGraw-Hill.
- Dietrich, G. (1963). *General Oceanography: An Introduction*. Interscience Publishers.
- Hasibuan, R.D., Surbakti, H., & Sitepu, R. (2015). Analisis Pasang Surut dengan Menggunakan Metode Least Square dan Penentuan Periode Ulang Pasang Surut dengan Metode Gumbel di Perairan Boom Baru dan Tanjung Buyut. *Maspuri Journal*, 7(1), 35-48.
- Hidayati, N. (2017). *Dinamika pantai*. Universitas Brawijaya Press.
- Ichsari, L.F., Handoyo, G., Setiyono, H., Ismanto, A., Marwoto, J., Yusuf, M., & Rifai, A. (2020). Studi komparasi hasil pengolahan pasang surut dengan 3 metode (admiralty, least square dan fast fourier transform) di pelabuhan Malahayati, Banda Aceh. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(2), 121-128.
- Kurniawan, M.A., Azhari, F., Pranowo, W.S., & Handoko, D. (2023). Studi Komparasi Pengolahan Data Pasang Surut di Perairan Sebatik Kalimantan Utara menggunakan Metode Least Square dan Metode Admiralty: Data Processing Comparative Study of Tidal Data in Sebatik Coastal Water North Kalimantan using Least Square and Admiralty Methods. *Jurnal Chart Datum*, 9(1), 1-10.
- Lubis, M. Z., & Anurogo, W. (2019). Karakteristik Pasang Surut di Perairan Belawan Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Terapan (JKPT)*, 2(1), 25-32.
- Mardika, M.G.I., & Pratama, M.I. (2021). Analisis Pasang Surut Menggunakan Metode Least Square di Wilayah Perairan Muara Sungai Poso. *Journal of Infrastructure Planning and Design*, 1(2), 1-8.
- Pariwono, J. I. (1989). *Gaya Penggerak Pasang Surut*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, LIPI.
- Pranowo, W. S., & Wirasantosa, S. (2011). Karakteristik Pasang Surut dan Verifikasi Model Tpasut (Tidal Model) di Perairan Teluk Banten. *Jurnal Segara*, 7(1), 1-10.
- Saputra, A., Gunawan, T.A., & Juliana, I.C. (2020). Analisis Pasang Surut di Perairan Sungai Musi Menggunakan Metode Least Square (Studi Kasus Intake Air Baku Sistem Gandus Kota Palembang). *Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 9(2), 115-124.
- Setyawan, A. B., Rochaddi, B., & Ismanto, A. (2018). Analisis Prediksi Pasang Surut dengan Menggunakan Metode Kuadrat Terkecil (Least Square) di Perairan Lamongan, Jawa Timur. *Journal of Oceanography*, 7(1), 1-10.
- Soares, C.F., Wahid, A., & Tanesib, J.L. (2019). Analisis Pasang Surut Menggunakan Metode Least Square di Wilayah Perairan Ende, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*, 4(1), 1-7.
- Zuhaira, H., Handoyo, G., Purwanto, P., Suryoputro, A.A.D., & Yulina, S. (2020). Kajian perbandingan analisis pasang surut dengan menggunakan Metode Least Square dan Fourier di Perairan Barat Sumatera. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(3), 225-232.