



Analisis Data Pasang Surut Di Pantai Alar Pondang Amurang Timur Kabupaten Minahasa Selatan Menggunakan Metode Least Square

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

^{#Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia}

^aanataciatandaju021@student.unsrat.ac.id, ^bjeffrymamoto@unsrat.ac.id, ^cmuhammadjasin@unsrat.ac.id

Abstrak

Pasang surut adalah salah satu fenomena alam di lautan, yang ditandai dengan pergerakan naik turunnya air laut secara teratur dan berulang dari semua partikel massa air laut mulai dari permukaan hingga ke dasar laut yang paling dalam. Pergerakan ini disebabkan oleh adanya pengaruh gaya gravitasi antara bumi, bulan, dan matahari. Kawasan Pantai Alar Pondang di Amurang Timur saat ini masih dalam proses pengembangan destinasi wisata. Di sekitar pantai juga telah ada bangunan yang berupa rumah makan dan tempat rekreasi bagi masyarakat. Dan kemungkinan besar Pembangunan bangunan berupa rumah makan dan objek-objek wisata lainnya akan semakin bertambah disekitar Pantai alar Pondang kabupaten Minahasa Selatan. Oleh karena itu, diperlukan informasi mengenai pasang surut air laut agar pengembangan objek wisata dapat berjalan dengan lancar. Dalam analisis data pasang surut, metode Least Square banyak digunakan karena memungkinkan prediksi yang akurat dan meminimalkan perbedaan kuadrat antara data observasi dan model matematika, yang memungkinkan penentuan komponen pasang surut harmonik yang lebih tepat. Pantai Alar Pondang sebagai lokasi penelitian ini, berada di Kelurahan Pondang, Kecamatan Amurang Timur, Kabupaten Minahasa Selatan, Provinsi Sulawesi Utara dengan titik koordinat 1°28'03.72" N / 124°53'40.43" E. Data Primer merupakan data utama melalui survey lapangan di lokasi penelitian untuk mendapatkan data yang akurat. Adapun survey yang dilakukan dilapangan yaitu Inventarisasi dan mengidentifikasi permasalahan yang ada dilokasi penelitian dan Survey Tapak. kemudian ada Data Sekunder yang diperoleh dari instansi SRGI BIG (Badan Informasi Geospasial). dan perhitungan data menggunakan program MOD-LSQ dan Software Microsoft Excel. Perhitungan data pasang surut metode Least Square didapatkan 9 konstituen dominan yaitu K1, O1, M2, S2, N2, M4, K2, P1 dan MS4. Dari nilai konstanta harmonik konstituen pasang surut maka didapatkan jenis atau tipe pasang surut pada lokasi penelitian di Pantai Alar Pondang berdasarkan bilangan Formzahl (F) dengan perbandingan $F = [(AK1) + (AO1) / (AM2) + (AS2)]$ didapat nilai F yaitu 0,267. Dari hasil tersebut, tipe pasang surut yang terjadi yaitu cenderung campuran condong ke harian ganda dimana dalam 1 hari terjadi 2 kali air pasang dan 2 kali air surut dengan ketinggian dan periode yang berbeda.

Kata kunci: Pantai Alar Pondang, pasang surut, metode least square

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pasang surut adalah salah satu fenomena alam di lautan, yang ditandai dengan pergerakan naik turunnya air laut secara teratur dan berulang dari semua partikel massa air laut mulai dari permukaan hingga ke dasar laut yang paling dalam. Pergerakan ini disebabkan oleh adanya pengaruh gaya gravitasi antara bumi, bulan, dan matahari.

Kabupaten Minahasa Selatan berada pada posisi 0°,47' - 1°,24' Lintang Utara dan 124°,18' - 124°,45' Bujur Timur merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Sulawesi Utara dengan Ibukotanya Amurang memiliki bentang alam yang sangat bervariasi dengan karakteristik pantai, daratan dan perbukitan, dengan panjang pantai 108.59 km, potensi pantai sebagai nilai tambah untuk kemajuan Kabupaten Minahasa Selatan kedepan sangat signifikan, khususnya dalam pengembangan area pantai sebagai daerah wisata.

Kawasan Pantai Alar Pondang di Amurang Timur saat ini masih dalam proses pengembangan destinasi wisata. Seperti Pembangunan icon-icon Minahasa Selatan yang bisa dijadikan spot foto untuk menarik wisatawan datang berkunjung di Pantai alar. Di sekitar pantai juga telah ada bangunan yang berupa rumah makan dan tempat rekreasi bagi masyarakat. Dan kemungkinan besar Pembangunan bangunan berupa rumah makan dan objek-objek wisata lainnya akan semakin bertambah disekitar Pantai alar Pondang kabupaten Minahasa Selatan .Oleh karena itu, diperlukan informasi mengenai pasang surut air laut agar pengembangan objek wisata dapat berjalan dengan lancar dan pasang surut air laut tidak mengganggu warga yang beraktivitas atau berkunjung ke destinasi wisata Pantai Alar Pondang.

Selain itu, Pembangunan lanjutan jalan raya dan tanggul pemecah ombak yang sempat terhenti sedang dikerjakan di Pantai Alar Pondang. Ketinggian jalan harus dirancang dengan mempertimbangkan rentang pasang surut maksimum. Jalan yang terlalu rendah akan terendam saat pasang surut, menyebabkan kerusakan serta menghambat lalu lintas. Data pasang surut historis dan prakiraan sangat krusial untuk menentukan ketinggian jalan yang aman. Pasang surut juga berpengaruh terhadap tanggul pemecah ombak. Data pasang surut digunakan untuk menetapkan dimensi bendungan yang optimal serta kestabilan struktur; bendungan harus stabil terhadap gaya gelombang dan arus pasang surut. Memahami pola pasang surut yang memengaruhi elevasi muka air laut merupakan bagian penting dari pengelolaan wilayah pesisir. Informasi ini penting untuk berbagai hal, seperti pembangunan infrastruktur pesisir, mitigasi bencana banjir rob, dan navigasi kapal.

Dalam analisis data pasang surut, metode Least Square banyak digunakan karena memungkinkan prediksi yang akurat dan meminimalkan perbedaan kuadrat antara data observasi dan model matematika, yang memungkinkan penentuan komponen pasang surut harmonik yang lebih tepat. Metode ini juga dipilih karena dapat memodelkan data dengan variabilitas dan ketidakpastian, yang memungkinkan estimasi pola pasang surut yang lebih akurat.

1.2. Rumusan Masalah

Pasang surut merupakan salah satu faktor penting untuk dianalisa terlebih di pantai pondang yang sedang dalam pembangunan infrastuktur berupa bangunan untuk pariwisata dan juga pembangunan jalan serta tanggul pemecah ombak. Di Pantai Alar Pondang sendiri belum ada Penelitian terkait pasang surut serta informasi elevasi muka air yang nantinya akan digunakan oleh pemerintah, maupun instansi terkait dalam perencanaan suatu bangunan di sekitar Pantai Pondang Amurang Timur .

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana karakteristik pasang surut air laut di pantai Pondang berdasarkan analisis data menggunakan metode Least Square?
2. Bagaimana hasil analisis pasang surut dengan metode Least Square dapat mendukung perencanaan dan pengelolaan wilayah pesisir yang berkelanjutan di Pantai Alar Pondang?
3. Bagaimana penerapan metode Least Square dalam menganalisis data pasang surut di Pantai Alar Pondang?

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, masalah yang akan diteliti dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Analisis yang dilakukan adalah jenis pasang surut yang terjadi di pantai Alar, Kelurahan Pondang, Kecamatan Amurang Timur, Provinsi Sulawesi Utara.
2. Penentuan elevasi muka air laut terhadap fenomena pasang surut
3. Analisis dilakukan menggunakan metode Least Square tanpa membandingkan dengan metode lain.
4. Pengolahan data pasang surut menggunakan program Least Square Model for tide by US Army Engineer Waterways Experiment Station Coastal Engineering Research Center

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk :

1. Bagaimana pola pasang surut di Pantai Alar Pondang berdasarkan analisis data menggunakan metode Least Square?
2. Bagaimana penerapan metode Least Square dalam menganalisis data pasang surut di daerah tersebut?
3. Untuk mengetahui informasi terkait elevasi muka air laut di Pantai Alar Pondang Amurang Timur

1.5 Manfaat Penelitian

Diharapkan bahwa penelitian ini akan bermanfaat untuk hal-hal berikut:

1. Untuk membantu proses perencanaan wilayah pesisir, terkait pembangunan bangunan atau infrastruktur di sekitar pantai, memberikan data yang akurat tentang karakteristik pasang surut di Pantai Alar Pondang, Amurang Timur.
2. Memberikan referensi ilmiah tentang bagaimana metode Least Square dapat digunakan untuk menganalisis pasang surut.
3. Mendukung pengelolaan sumber daya pesisir yang lebih baik, terutama dengan fokus pada mengurangi dampak pasang surut terhadap aktivitas masyarakat pesisir.

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Pantai Alar Pondang sebagai lokasi penelitian ini, berada di Kelurahan Pondang, Kecamatan Amurang Timur, Kabupaten Minahasa Selatan, Provinsi Sulawesi Utara. Kelurahan ini terletak di sepanjang garis pantai di Teluk Amurang, dan wilayah Pondang di mulai dari bibir Pantai hingga di bawah kaki Gunung Soputan yang secara geografis berada pada koordinat $1^{\circ}28'03.72''$ N / $124^{\circ}53'40.43''$ E.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Google Earth)

2.2. Pengumpulan Data

2.2.1. Data Primer

Data Primer merupakan data utama melalui survey lapangan di lokasi penelitian untuk mendapatkan data yang akurat. Adapun survey yang dilakukan dilapangan meliputi :

- 1) Inventarisasi dan mengidentifikasi permasalahan yang ada dilokasi penelitian

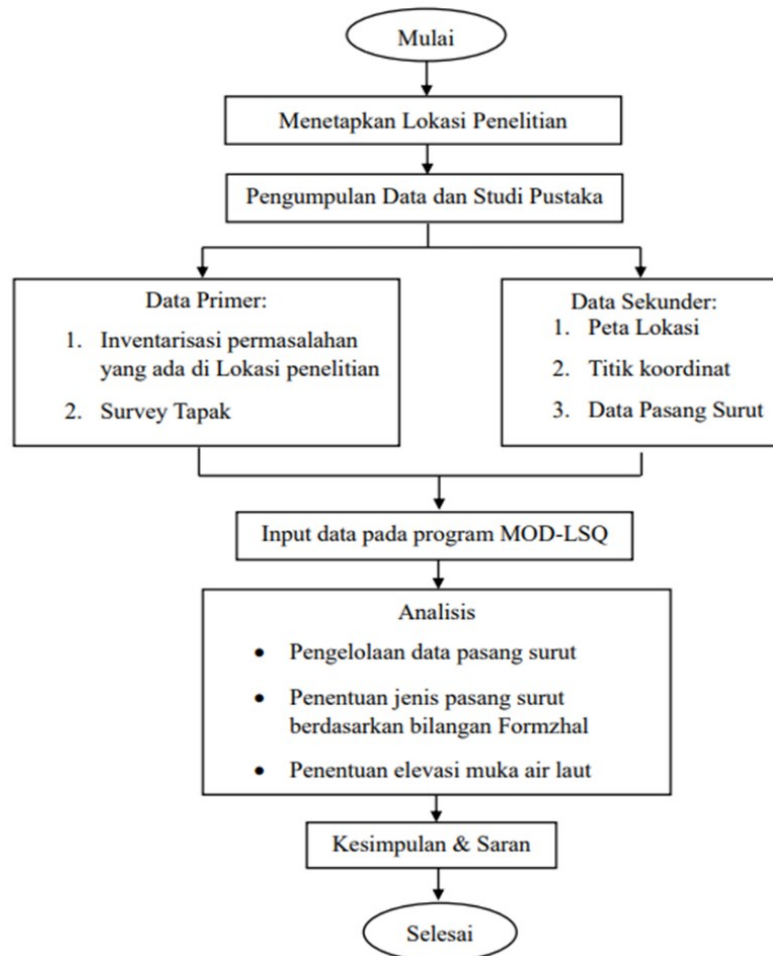
2) Survey Tapak

2.2.2. Data Sekunder

- 1) Titik koordinat lokasi penelitian
- 2) Data pasang surut
- 3) Peta lokasi penelitian

2.3. Bagan Alir Penelitian

Kegiatan penelitian mengikuti alur pada Gambar 1.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data Pengamatan Pasang Surut

Data pasang surut di ambil dari website Badan Informasi Geospasial (BIG) dan di olah menggunakan microsoft excel untuk memperoleh konstanta harmonik pasang surut di Pantai Alar Pondang. Perhitungan konstanta harmonik pasang surut dilakukan dengan menggunakan metode Least Square.

Tabel 1. Data Pengamatan Pasang Surut

T/J	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
01-01-2025	0.38	0.14	-0.19	-0.48	-0.66	-0.65	-0.45	-0.08	0.37	0.79	1.08	1.17	1.02	0.66	0.18	-0.33	-0.74	-0.97	-0.98	-0.78	-0.43	2.56	0.31	0.50
02-01-2025	0.51	0.32	0.01	-0.33	-0.61	-0.73	-0.64	-0.36	0.07	0.53	0.92	1.14	1.13	0.89	0.47	-0.04	-0.52	-0.86	-1.00	-0.91	-0.63	-0.24	0.16	0.45
03-01-2025	0.57	0.49	0.24	-0.11	-0.45	-0.68	-0.73	-0.57	-0.23	0.21	0.65	0.97	1.11	1.01	0.70	0.25	-0.25	-0.66	-0.91	-0.95	-0.77	-0.43	-0.03	0.33
04-01-2025	0.55	0.59	0.44	0.14	-0.21	-0.52	-0.69	-0.68	-0.47	-0.11	0.31	0.69	0.93	0.98	0.81	0.47	0.03	-0.41	-0.73	-0.88	-0.82	-0.58	-0.22	0.16
05-01-2025	0.46	0.61	0.58	0.38	0.07	-0.26	-0.52	-0.65	-0.59	-0.37	-0.03	0.34	0.64	0.80	0.78	0.58	0.24	-0.15	-0.50	-0.73	-0.78	-0.66	-0.39	-0.04
06-01-2025	0.29	0.53	0.63	0.56	0.34	0.05	-0.25	-0.47	-0.55	-0.49	-0.29	-0.01	0.28	0.50	0.60	0.54	0.35	0.06	-0.25	-0.51	-0.65	-0.64	-0.49	-0.22
07-01-2025	0.09	0.37	0.56	0.62	0.54	0.34	0.09	-0.17	-0.36	-0.45	-0.41	-0.27	-0.06	0.15	0.37	2.72	0.32	0.17	-0.04	-0.27	-0.44	-0.53	-0.49	-0.35
08-01-2025	-0.12	0.15	0.39	0.55	0.61	0.55	0.40	0.18	-0.05	-0.24	-0.36	-0.38	-0.31	-0.19	-0.04	0.09	0.16	0.16	0.07	-0.06	-0.22	-0.34	-0.41	-0.38
09-01-2025	-0.27	-0.08	0.15	0.37	0.54	0.63	0.61	0.50	0.31	0.08	-0.15	-0.32	-0.42	-0.42	-0.35	-0.23	-0.10	0.02	0.07	0.06	-0.01	-0.12	-0.24	-0.32
10-01-2025	-0.34	-0.27	-0.11	0.10	0.34	0.55	0.69	0.72	0.63	0.44	0.18	-0.10	-0.34	-0.51	-0.58	-0.53	-0.40	-0.22	-0.04	0.09	0.13	0.09	-0.02	-0.17
11-01-2025	-0.30	-0.36	-0.33	-0.18	0.05	0.33	0.60	0.79	0.85	0.77	0.55	0.23	-0.12	-0.44	-0.66	-0.74	-0.67	-0.49	-0.24	0.00	0.18	0.25	0.19	0.04
12-01-2025	-0.17	-0.35	-0.45	-0.43	-0.26	0.03	0.37	0.69	0.92	0.99	0.87	0.59	0.20	-0.22	-0.58	-0.81	-0.87	-0.74	-0.49	-0.17	0.12	0.32	0.36	0.26
13-01-2025	0.03	-0.23	-0.46	-0.57	-0.52	-0.30	0.05	0.46	0.82	1.05	1.09	0.91	0.55	0.09	-0.38	-0.75	-0.94	-0.93	-0.72	-0.39	-0.02	0.29	0.46	0.44
14-01-2025	0.26	-0.04	-0.36	-0.60	-0.68	-0.57	-0.27	0.15	0.59	0.96	1.15	1.11	0.85	0.42	-0.10	-0.57	-0.90	-1.01	-0.90	-0.61	-0.21	0.18	0.46	0.56
15-01-2025	0.46	0.19	-0.16	-0.50	-0.72	-0.74	-0.55	-0.18	0.29	0.74	1.07	1.18	1.05	0.69	0.20	-0.32	-0.75	-0.99	-1.00	-0.78	-0.41	0.02	0.39	0.60

Tabel 2. Data Pengamatan Pasang Surut

T/J	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
01-01-2025	3.84	1.36	-1.85	-4.81	-6.58	-6.52	-4.48	-0.81	3.66	7.88	10.79	11.65	10.16	6.61	1.77	-3.28	-7.41	-9.74	-9.84	-7.82	-4.33	25.60	3.07	5.03
02-01-2025	5.06	3.24	0.14	-3.31	-6.07	-7.25	-6.39	-3.56	0.66	5.29	9.19	11.40	11.32	8.91	4.69	-0.40	-5.19	-8.63	-10.00	-9.09	-6.26	-2.35	1.59	4.51
03-01-2025	5.69	4.87	2.35	-1.12	-4.51	-6.82	-7.31	-5.72	-2.33	2.08	6.46	9.74	11.07	10.08	6.98	2.45	-2.46	-6.63	-9.13	-9.46	-7.66	-4.29	-0.29	3.30
04-01-2025	5.54	5.91	4.38	1.41	-2.12	-5.20	-6.94	-6.80	-4.71	-1.13	3.08	6.89	9.34	9.80	8.12	4.68	0.27	-4.07	-7.34	-8.82	-8.23	-5.81	-2.24	1.55
05-01-2025	4.57	6.10	5.80	3.81	0.72	-2.60	-5.24	-6.45	-5.89	-3.65	-0.28	3.37	6.39	8.01	7.79	5.77	2.42	-1.46	-4.96	-7.25	-7.82	-6.57	-3.88	-0.43
06-01-2025	2.91	5.33	6.26	5.55	3.43	0.50	-2.45	-4.65	-5.53	-4.88	-2.88	-0.07	2.82	5.04	6.00	5.44	3.49	0.62	-2.48	-5.05	-6.47	-6.40	-4.86	-2.23
07-01-2025	0.86	3.68	5.60	6.19	5.39	3.44	0.86	-1.70	-3.62	-4.47	-4.10	-2.67	-0.62	1.49	3.71	27.20	3.22	1.71	-0.43	-2.67	-4.44	-5.28	-4.94	-3.47
08-01-2025	-1.16	1.48	3.88	5.54	6.12	5.54	3.96	1.77	-0.53	-2.44	-3.59	-3.81	-3.14	-1.86	-0.36	0.91	1.61	1.55	0.73	-0.62	-2.15	-3.42	-4.06	-3.83
09-01-2025	-2.69	-0.81	1.46	3.69	5.42	6.29	6.13	4.98	3.06	0.76	-1.46	-3.19	-4.15	-4.24	-3.54	-2.33	-0.97	0.15	0.73	0.64	-0.08	-1.21	-2.38	-3.21
10-01-2025	-3.36	-2.66	-1.12	1.03	3.39	5.49	6.85	7.17	6.32	4.42	1.83	-0.97	-3.44	-5.13	-5.75	-5.30	-3.96	-2.17	-0.41	0.86	1.32	0.89	-0.24	-1.70
11-01-2025	-3.00	-3.63	-3.28	-1.84	0.51	3.30	5.96	7.86	8.51	7.70	5.50	2.33	-1.20	-4.36	-6.55	-7.35	-6.71	-4.89	-2.43	0.00	1.77	2.45	1.90	0.36
12-01-2025	-1.66	-3.51	-4.52	-4.26	-2.59	0.25	3.67	6.90	9.17	9.86	8.73	5.94	2.04	-2.17	-5.80	-8.10	-8.65	-7.43	-4.88	-1.71	1.21	3.15	3.61	2.56
13-01-2025	0.34	-2.33	-4.60	-5.72	-5.20	-2.98	0.54	4.58	8.21	10.51	10.86	9.08	5.51	0.89	-3.77	-7.46	-9.42	-9.28	-7.23	-3.89	-0.18	2.90	4.57	4.43
14-01-2025	2.59	-0.37	-3.55	-5.97	-6.82	-5.71	-2.74	1.46	5.93	9.59	11.50	11.13	8.50	4.15	-0.96	-5.68	-8.96	-10.13	-9.03	-6.06	-2.08	1.83	4.64	5.63
15-01-2025	4.61	1.92	-1.64	-5.02	-7.18	-7.42	-5.50	-1.79	2.89	7.42	10.66	11.78	10.45	6.93	2.00	-3.20	-7.48	-9.90	-9.98	-7.82	-4.08	0.20	3.88	6.01

3.2 Program MOD-LSQ

Program MOD LSQ dalam perhitungan data pasang surut adalah aplikasi metode kuadrat terkecil (Least Squares) untuk menganalisis dan memodelkan fenomena pasang surut. Metode ini digunakan untuk menghitung amplitudo dan fase dari komponen-komponen harmonik pasang surut berdasarkan data pengamatan pasang surut yang ada.

Berikut adalah Langkah-langkah memasukkan data least square ke dalam program MOD-LSQ:

- 1) Siapkan Data Pengamatan Pasang Surut dalam bentuk notepad yang diperoleh dari BIG (Badan Informasi Geospal), ditunjukkan pada Gambar 3.
- 2) Masukkan data pengamatan selama 15 hari ke dalam tabel rekap pengamatan pasang surut di dalam MS. Excel (Gambar 4).
- 3) Konversikan data Pengamatan Pasang Surut ke dalam tabel Data Pengamatan Metode Least Square (Gambar 5).
- 4) Salin Data Pengamatan Metode Least Square kedalam notepad yang di save dengan nama anatacia.txt dan disimpan di dalam file dengan nama Least Square (Gambar 6).
- 5) Kemudian masukan data anatacia.txt ke dalam directory MOD-LSQ dengan memasukan file anatacia.txt pada "input file name" dan leastsquare.txt pada "output file name", setelah itu program dijalankan dan akan tersimpan dalam bentuk notepad (Gambar 7).
- 6) Selanjutnya akan didapat 9 komponen harmonik, mean sea level, dan Jenis Pasang surut dari data least square yang telah di input kedalam program (Gambar 8).
- 7) Hasil akhir dari penguraian komponen pasang surut menggunakan program MOD-LSQ

menghasilkan elevasi muka air (Gambar 9).

Lat	Lon	yyyy-mm-dd hh:mm:ss (UTC)	z(m)
1.2804	124.5340	2025-01-01 00:00:00	0.384
1.2804	124.5340	2025-01-01 01:00:00	0.136
1.2804	124.5340	2025-01-01 02:00:00	-0.185
1.2804	124.5340	2025-01-01 03:00:00	-0.481
1.2804	124.5340	2025-01-01 04:00:00	-0.658
1.2804	124.5340	2025-01-01 05:00:00	-0.652
1.2804	124.5340	2025-01-01 06:00:00	-0.448
1.2804	124.5340	2025-01-01 07:00:00	-0.081
1.2804	124.5340	2025-01-01 08:00:00	0.366
1.2804	124.5340	2025-01-01 09:00:00	0.788
1.2804	124.5340	2025-01-01 10:00:00	1.079
1.2804	124.5340	2025-01-01 11:00:00	1.165

Gambar 3. Data Pasang Surut Badan Informasi Geospal

REKAP PENGAMATAN PASANG SURUT																								
T/J	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
01-01-2025	0.38	0.14	-0.19	-0.48	-0.66	-0.65	-0.45	-0.08	0.37	0.79	1.08	1.17	1.02	0.66	0.18	-0.33	-0.74	-0.97	-0.98	-0.78	-0.43	2.56	0.31	0.50
02-01-2025	0.51	0.32	0.01	-0.33	-0.61	-0.73	-0.64	-0.36	0.07	0.53	0.92	1.14	1.13	0.89	0.47	-0.04	-0.52	-0.86	-1.00	-0.91	-0.63	-0.24	0.16	0.45
03-01-2025	0.57	0.49	0.24	-0.11	-0.45	-0.68	-0.73	-0.57	-0.23	0.21	0.65	0.97	1.11	1.01	0.70	0.25	-0.25	-0.66	-0.91	-0.95	-0.77	-0.43	-0.03	0.33
04-01-2025	0.55	0.59	0.44	0.14	-0.21	-0.52	-0.69	-0.68	-0.47	-0.11	0.31	0.69	0.93	0.98	0.81	0.47	0.03	-0.41	-0.73	-0.88	-0.82	-0.58	-0.22	0.16
05-01-2025	0.46	0.61	0.58	0.38	0.07	-0.26	-0.52	-0.65	-0.59	-0.37	-0.03	0.34	0.64	0.80	0.78	0.58	0.24	-0.15	-0.50	-0.73	-0.78	-0.66	-0.39	-0.04
06-01-2025	0.29	0.53	0.63	0.56	0.34	0.05	-0.25	-0.47	-0.55	-0.49	-0.29	-0.01	0.28	0.50	0.60	0.54	0.35	0.06	-0.25	-0.51	-0.65	-0.64	-0.49	-0.22
07-01-2025	0.09	0.37	0.56	0.62	0.54	0.34	0.09	-0.17	-0.36	-0.45	-0.41	-0.27	-0.06	0.15	0.37	2.72	0.32	0.17	-0.04	-0.27	-0.44	-0.53	-0.49	-0.35
08-01-2025	-0.12	0.15	0.39	0.55	0.61	0.55	0.40	0.18	-0.05	-0.24	-0.36	-0.38	-0.31	-0.19	-0.04	0.09	0.16	0.16	0.07	-0.06	-0.22	-0.34	-0.41	-0.38
09-01-2025	-0.27	-0.08	0.15	0.37	0.54	0.63	0.61	0.50	0.31	0.08	-0.15	-0.32	-0.42	-0.42	-0.35	-0.23	-0.10	0.02	0.07	0.06	-0.01	-0.12	-0.24	-0.32
10-01-2025	-0.34	-0.27	-0.11	0.10	0.34	0.55	0.69	0.72	0.63	0.44	0.18	-0.10	-0.34	-0.51	-0.58	-0.53	-0.40	-0.22	-0.04	0.09	0.13	0.09	-0.02	-0.17
11-01-2025	-0.30	-0.36	-0.33	-0.18	0.05	0.33	0.60	0.79	0.85	0.77	0.55	0.23	-0.12	-0.44	-0.66	-0.74	-0.67	-0.49	-0.24	0.00	0.18	0.25	0.19	0.04
12-01-2025	-0.17	-0.35	-0.45	-0.43	-0.26	0.03	0.37	0.69	0.92	0.99	0.87	0.59	0.20	-0.22	-0.58	-0.81	-0.87	-0.74	-0.49	-0.17	0.12	0.32	0.36	0.26
13-01-2025	0.03	-0.23	-0.46	-0.57	-0.52	-0.30	0.05	0.46	0.82	1.05	1.09	0.91	0.55	0.09	-0.38	-0.75	-0.94	-0.93	-0.72	-0.39	-0.02	0.29	0.46	0.44
14-01-2025	0.26	-0.04	-0.36	-0.60	-0.68	-0.57	-0.27	0.15	0.59	0.96	1.15	1.11	0.85	0.42	-0.10	-0.57	-0.90	-1.01	-0.90	-0.61	-0.21	0.18	0.46	0.56
15-01-2025	0.46	0.19	-0.16	-0.50	-0.72	-0.74	-0.55	-0.18	0.29	0.74	1.07	1.18	1.05	0.69	0.20	-0.32	-0.75	-0.99	-1.00	-0.78	-0.41	0.02	0.39	0.60

Gambar 4. Data Pengamatan Pasang Surut

T/J	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
01-01-2025	3.84	1.36	-1.85	-4.81	-6.58	-6.52	-4.48	-0.81	3.66	7.88	10.79	11.65	10.16	6.61	1.77	-3.28	-7.41	-9.74	-9.84	-7.82	-4.33	25.60	3.07	5.03
02-01-2025	5.06	3.24	0.14	-3.31	-6.07	-7.25	-6.39	-3.56	0.66	5.29	9.19	11.40	11.32	8.91	4.69	-0.40	-5.19	-8.63	-10.00	-9.09	-6.26	-2.35	1.59	4.51
03-01-2025	5.69	4.87	2.35	-1.12	-4.51	-6.82	-7.31	-5.72	-2.33	2.08	6.46	9.74	11.07	10.08	6.98	2.45	-2.46	-6.63	-9.13	-9.46	-7.66	-4.29	-0.29	3.30
04-01-2025	5.54	5.91	4.38	1.41	-2.12	-5.20	-6.94	-6.80	-4.71	-1.13	3.08	6.89	9.34	9.80	8.12	4.68	0.27	-4.07	-7.34	-8.82	-8.23	-5.81	-2.24	1.55
05-01-2025	4.57	6.10	5.80	3.81	0.72	-2.60	-5.24	-6.45	-5.89	-3.65	-0.28	3.37	6.39	8.01	7.79	5.77	2.42	-1.46	-4.96	-7.25	-7.82	-6.57	-3.88	-0.43
06-01-2025	2.91	5.33	6.26	5.55	3.43	0.50	-2.45	-4.65	-5.53	-4.88	-2.88	-0.07	2.82	5.04	6.00	5.44	3.49	0.62	-2.48	-5.05	-6.47	-6.40	-4.86	-2.23
07-01-2025	0.86	3.68	5.60	6.19	5.39	3.44	0.86	-1.70	-3.62	-4.47	-4.10	-2.67	-0.62	1.49	3.71	27.20	3.22	1.71	-0.43	-2.67	-4.44	-5.28	-4.94	-3.47
08-01-2025	-1.16	1.48	3.88	5.54	6.12	5.54	3.96	1.77	-0.53	-2.44	-3.59	-3.81	-3.14	-1.86	-0.36	0.91	1.61	1.55	0.73	-0.62	-2.15	-3.42	-4.06	-3.83
09-01-2025	-2.69	-0.81	1.46	3.69	5.42	6.29	6.13	4.98	3.06	0.76	-1.46	-3.19	-4.15	-4.24	-3.54	-2.33	-0.97	0.15	0.73	0.64	-0.08	-1.21	-2.38	-3.21
10-01-2025	-3.36	-2.66	-1.12	1.03	3.39	5.49	6.85	7.17	6.32	4.42	1.83	-0.97	-3.44	-5.13	-5.75	-5.30	-3.96	-2.17	-0.41	0.86	1.32	0.89	-0.24	-1.70
11-01-2025	-3.00	-3.63	-3.28	-1.84	0.51	3.30	5.96	7.86	8.51	7.70	5.50	2.33	-1.20	-4.36	-6.55	-7.35	-6.71	-4.89	-2.43	0.00	1.77	2.45	1.90	0.36
12-01-2025	-1.66	-3.51	-4.52	-4.26	-2.59	0.25	3.67	6.90	9.17	9.86	8.73	5.94	2.04	-2.17	-5.80	-8.10	-8.65	-7.43	-4.88	-1.71	1.21	3.15	3.61	2.56
13-01-2025	0.34	-2.33	-4.60	-5.72	-5.20	-2.98	0.54	4.58	8.21	10.51	10.86	9.08	5.51	0.89	-3.77	-7.46	-9.42	-9.28	-7.23	-3.89	-0.18	2.90	4.57	4.43
14-01-2025	2.59	-0.37	-3.55	-5.97	-6.82	-5.71	-2.74	1.46	5.93	9.59	11.50	11.13	8.50	4.15	-0.96	-5.68	-8.96	-10.13	-9.03	-6.06	-2.08	1.83	4.64	5.63
15-01-2025	4.61	1.92	-1.64	-5.02	-7.18	-7.42	-5.50	-1.79	2.89	7.42	10.66	11.78	10.45	6.93	2.00	-3.20	-7.48	-9.90	-9.98	-7.82	-4.08	0.20	3.88	6.01

Gambar 5. Data Pasang Surut Metode Least Square

The screenshot shows a Notepad window with a grid of numerical data. The data is organized into columns and rows, representing the results of a Least Square analysis. The first row contains the text 'LSQAnatacia'. The second row contains the numbers '2025 01 01 1 360'. The subsequent rows contain various numerical values, some positive and some negative, arranged in a structured grid.

Gambar 6. Notepad Data Least Square

```

LEAST SQUARE MODEL FOR TIDE

DESIGNED BY :
US Army Engineer Waterways Experiment Station
Coastal Engineering Research Center

REPROGRA MMED & MODIFIED BY :
EKA OKTARIYANTO N.
250 99 026

WATER RESOURCES ENGINEERING - CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF TECHNOLOGY BANDUNG
2001

INPUT FILE NAME :
anatacia.txt

OUTPUT FILE NAME :
leastsquare.txt_
    
```

Gambar 7. Program MOD-LSQ

```

Lokasi pengamatan pasut :Pantai Alar Pondang
Mengurai Konstituen Pasut

So = .156
Amplitudo M2 = 6.032dm Beda Fasa -5.10
Amplitudo S2 = 5.897dm Beda Fasa 13.71
Amplitudo N2 = .917dm Beda Fasa 18.17
Amplitudo K1 = 1.790dm Beda Fasa -21.41
Amplitudo M4 = .219dm Beda Fasa -88.15
Amplitudo O1 = 1.390dm Beda Fasa 3.47
Amplitudo P1 = 1.431dm Beda Fasa -46.08
Amplitudo K2 = 3.757dm Beda Fasa -9.83
Amplitudo MS4 = .094dm Beda Fasa 3.05

Menentukan Jenis Pasut

F = .227
jenis pasut semidiurnal

Meramal Pasut
3.4436
.5883
-2.7289
-5.6831
-7.3903
-7.1269
    
```

Gambar 8. Komponen Harmonik Pasang Surut

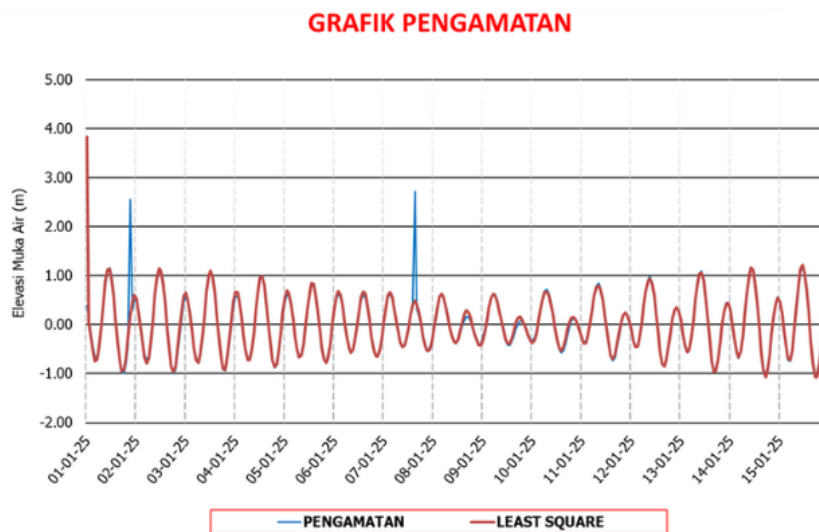
Elevasi muka air	
hhwl	= 18.8151 dm
mhws	= 12.1494 dm
mhwl	= 5.7816 dm
msl	= .1562 dm
mlwl	= -5.3692 dm
mlws	= -10.7549 dm
llwl	= -17.4604 dm

Elevasi muka air Referensi LLWL	
hhwl	= 36.2755 dm
mhws	= 29.6098 dm
mhwl	= 23.2420 dm
msl	= 17.6166 dm
mlwl	= 12.0912 dm
mlws	= 6.7055 dm
llwl	= .0000 dm

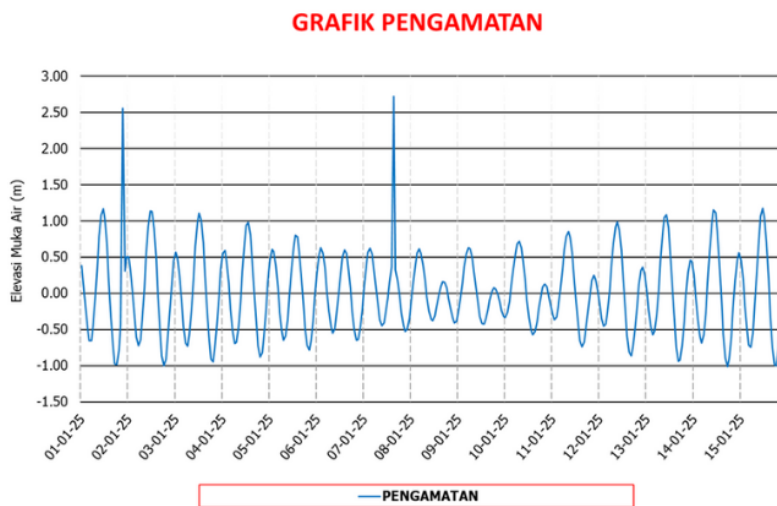
Gambar 9. Elevasi Muka Air

3.3 Grafik Pengamatan Pasang Surut

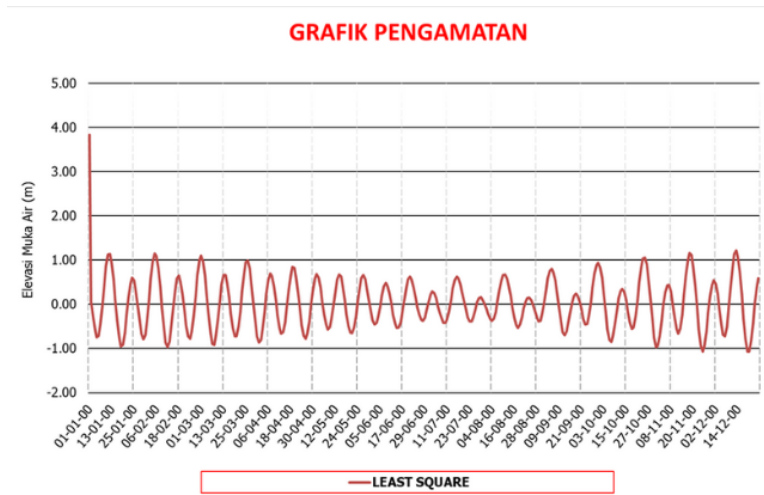
Grafik pengamatan pasang surut diperoleh melalui hasil input data pengamatan pada MS. Excel dan data least square yang telah diperoleh dari program MOD-LSQ.



Gambar 10. Grafik Data Pengamatan dan Metode Least Square



Gambar 11. Grafik Data Pengamatan



Gambar 12. Grafik Data Metode Least Square

3.4 Perhitungan Elevasi Muka Air

Elevasi muka air untuk pembangunan pesisir adalah parameter yang sangat penting untuk memastikan bangunan aman dan tahan terhadap variasi muka air laut dan gelombang.

Tabel 3. Perhitungan Elevasi Muka Air

Lokasi	Elevasi Muka Air	Least Square	
		Ref. Peil (m)	Ref. LLWL (m)
PONDANG	HHWL	4.33	3.24
	MHWS	3.97	2.88
	MHWL	3.18	2.08
	MSL	2.69	1.59
	MLWL	2.17	1.08
	MLWS	1.44	0.34
	LLWL	1.09	0.00
Tanggung Pasang Surut		3.24	
Amplitudo		Least Square	
S0		0.16	
M2		6.03	
S2		5.90	
N2		0.92	
K1		1.79	
O1		1.39	
M4		0.22	
MS4		0.09	
K2		3.76	
P1		1.43	
Bilangan Formzal		0.267	
F=(AO1+AK1)/(AM2+AS2)			
Tipe Pasang Surut		Campuran, condong ke semi diurnal	

3.5 Perhitungan Bilangan Formzhal

Perhitungan bilangan Formzahl adalah metode untuk menentukan tipe pasang surut suatu perairan dengan membandingkan amplitudo komponen pasang surut tunggal utama dan ganda utama. Rumus bilangan Formzahl (F) adalah:

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

$$F = \frac{1.39 + 1.79}{6.03 + 5.90} = 0,267$$

Berdasarkan perhitungan bilangan Fromzhal nilai yang didapat adalah 0.267 dimana nilai ini masuk dalam tipe pasang surut campuran condong ke semi diurnal dimana dalam 1 hari terjadi 2 kali air pasang dan 2 kali air surut dengan ketinggian dan periode yang berbeda.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Perhitungan data pasang surut metode Least Square didapatkan 9 konstituen dominan yaitu K1, O1, M2, S2, N2, M4, K2, P1 dan MS4. Dengan nilai amplitudo yang terbesar (utama) secara berurutan yakni K1, O1, M2 dan S2. Konstituen K1 yaitu konstituen diurnal bulan dengan nilai amplitudo 1.79 dm, konstituen O1 yaitu konstituen diurnal bulan dengan nilai amplitudo 1.39 dm, Konstituen M2 yaitu konstituen utama semidiurnal bulan dengan nilai amplitudo 6.032 dm, dan konstituen S2 yaitu konstituen utama semidiurnal matahari dengan nilai amplitudo 5.897 dm. Dari nilai konstanta harmonik konstituen pasang surut maka didapatkan jenis atau tipe pasang surut pada lokasi penelitian di Pantai Alar Pondang berdasarkan bilangan Formzahl (F) dengan perbandingan $F = [(AK1) + (AO1) / (AM2) + (AS2)]$ didapat nilai F yaitu 0,267. Dari hasil tersebut, tipe pasang surut yang terjadi yaitu cenderung campuran condong ke harian ganda (mixed tide prevailing semi diurnal) ini berarti dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan interval yang berbeda.

4.2 Saran

Disarankan untuk melakukan pengumpulan data pasang surut yang lebih panjang dan kontinu agar hasil analisis dan prediksi menggunakan metode Least Square menjadi lebih akurat dan representatif. Untuk penelitian lanjutan, dapat dilakukan perbandingan metode Least Square dengan metode lain seperti Metode Admiralty yang diukur langsung di lokasi penelitian untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih komprehensif dan valid. Hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar dalam perencanaan pembangunan infrastruktur kelautan dan pengelolaan sumber daya pesisir di Pantai Alar agar lebih efektif dan efisien dalam perencanaan pembangunan.

Referensi

- Korto, J., Jasin, M. I., & Mamoto, J. D. (2015). ANALISIS PASANG SURUT DI PANTAI NUANGAN (DESA IYOK) BOLTIM DENGAN METODE ADMIRALTY. *Jurnal Sipil Statik*, 3(6), 391–402.
- Lang, A. E. F., Kalangi, P. N. I., Dien, H. V., Masengi, K. W. A., Pamikiran, R. D. C., & Kaparang, F. E. (2022). Perbandingan hasil analisis pasang surut di Pelabuhan Perikanan Pantai Tumumpa menggunakan metode kuadrat terkecil dan metode admiralty. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 10(1), 77–84.
<http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/platax>
- 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.
<https://doi.org/10.26418/jtlb.v12i1.72393>
- Pasaribu, R. P., Sewiko, R., & Arifin, A. (2022). Penerapan Metode Admiralty Untuk Mengolah Data Pasang Surut Di Perairan Selat Nasik - Bangka Belitung. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 10(1), 146.
<https://doi.org/10.35800/jip.v10i1.39719>
- Sinta Junia Wulandari¹, Try Febrianto¹, Mario Putra Suhana¹, Risandi Dwirama Putra², D. A. (2022). PERBANDINGAN PENERAPAN HASIL METODE ADMIRALTY DAN LEAST SQUARE UNTUK PERAMALAN PASANG SURUT DI SELAT BINTAN, KEPULAUAN RIAU. *Jurnal Kelautan*, 15(3), 258–269.
- Solihuddin, T. (2011). Karakteristik pantai dan proses abrasi di pesisir Padang Pariaman, Sumatera Barat. *Majalah Ilmiah Globe*, 13(2).
- Sutikno, 1993. Karakteristik Bentuk dan Geologi Pantai di Indonesia. DIKLAT PU WIL III. Dirjen Pengairan PeparTEMEN PU. Bentuk dan Geologi Pantai di Indonesia. DIKLAT PU WIL III. Dirjen Pengairan PeparTEMEN PU. Yogyakarta. 51 Hal.
- Triatmodjo Bambang. (1999). Teknik Pantai. Unit Antar Universitas Ilmu Teknik, Universitas Gaja Mada, Beta Offset, Yogyakarta.
- Vika, S. P. (2024). ANALISIS PERBANDINGAN HASIL PENGOLAHAN DATA PASANG SURUT MENGGUNAKAN METODE LEAST SQUARE DAN ADMIRALTY DI PELABUHAN BAKAUHENI LAMPUNG.

- ZAHRO, Alfiyani Az; ZAHRINA, Nadia. Analisis Tipe Pasang Surut untuk Penentuan Elevasi Muka Air Laut di Perairan Semarang menggunakan Metode Admiralty: Tidal Type Analysis for Sea Surface Height Determination in Semarang Waters using Admiralty Method. *Jurnal Hidrografi Indonesia*, 2024, 6.1: 7-14.
- Zakaria, A., Purna, B.I.M.C., and Mariyanto, 2021. Analisis Perbandingan Data Pasang Surut Hasil Peramalan dengan Data Pasang Surut Terukur (Studi Kasus Stasiun Pasut Meneng). *Rekayasa Sipil dan Desain*, 9 (2), 353–364.
- Zakaria, A., 2009. Program Interaktif berbasis Web untuk menghitung Panjang Gelombang dan Pasang Surut.
- SETYOWATI, Ranu Wening Wahyu; ZAHRINA, Nadia. Analisis Tipe Pasang Surut menggunakan Metode Admiralty (Studi Kasus: Perairan Sorong, Papua Barat): Tidal Type Analysis using The Admiralty Method (Case Study: Sorong Waters, West Papua). *Jurnal Hidrografi Indonesia*, 2024, 6.1: 15-22.