

Analisis Pasang Surut Dalam Rangka Penentuan Tinggi Dermaga di Timbulsloko, Demak, Jawa Tengah

Dwitya Rahma Suci*, Warsito Atmodjo dan Heryoso Setiyono

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia
Email: dwityarahma82@gmail.com

Abstrak

Perairan Timbulsloko terletak di Kecamatan Sayung Demak dengan topografi yang landai dan elevasi rendah. Hal ini sebagai salah satu penyebab wilayah ini rentan mengalami banjir (rob). Kondisi pasang surut dan arus laut mempengaruhi wilayah Perairan Timbulsloko. Hal ini berkaitan dengan ketinggian permukaan tanah di Kecamatan Sayung yang berada pada ketinggian permukaan air surut terendah dan pasang tertinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai *formzahl* dan nilai komponen harmonik pasang surut di Timbulsloko dan menentukan nilai muka air laut rencana, berlangsung pada Januari 2022 – Februari 2022. Data yang digunakan data primer yaitu pasang surut, Data sekunder meliputi data angin dan *Sea Level Rise*. Pengambilan data pasang surut menggunakan alat *tide gauge*, metode pengolahan data pasang surut dilakukan dengan metode *Admiralty* dan *Least Square*. Hasil penelitian menunjukkan nilai HHWL 53,17 cm dan *formzahl* metode *Admiralty* 8,49 cm dan nilai HHWL 593,08cm dan *formzahl* *Least Square* 5,48 cm. Nilai DWL yang didapatkan yaitu 0,84 m. *Root Mean Square Error* yang dihasilkan dari metode *Least Square* yaitu 17,80 cm.

Kata kunci: Pasang Surut, *Admiralty*, *Least Square*, DWL

Abstract

Tidal Analysis for Determining Pier Height in Timbulsloko, Demak, Central Jawa

Timbulsloko waters are located in Sayung Demak sub-district with a gentle topography and low elevation. This is one of the reasons why this area is vulnerable to flooding (rob). Tidal conditions and ocean currents affecting the Timbulsloko Waters area It is because the average height of the land surface in Sayung sub-district is at the lowest low tide and highest tide level. The aim of this research, which took place in January 2022 - February 2022, is to find out the formzahl value and the value of the tidal harmonic component in Timbulsloko and also to determine the design sea level value. The data that used as primary one is tidal wave and secondary includes wind and sea level rise. The collecting of tide data is by using tide gauge while data processing method is carried out by using Admiralty and Least Square methods. The result of this research shows the value of HHWL is 53.17 cm and formzahl Admiralty method is 8.49 cm while the value of HHWL is 593.08 cm and formzahl Least Square is 5.48 cm. The DWL value is 0.84 m. Root Mean Square Error which obtained from Least Square method is 17.80 cm.

Keywords: *Tides, Admiralty, Least Square, DWL*

PENDAHULUAN

Desa Timbulsloko terletak di Kecamatan Sayung, Demak. Kabupaten Demak memiliki topografi pantai yang landai, elevasi rendah sehingga rentan mengalami dampak kenaikan muka air laut. Hal ini disebabkan oleh garis pantai yang naik. Kecamatan Sayung Demak merupakan wilayah pesisir yang secara geografis terletak di Pantai Utara Jawa (Utami *et al.*, 2017; Widada *et al.*, 2012).

Pasang surut merupakan fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut yang disebabkan oleh gaya tarik menarik dari benda langit, yaitu gaya gravitasi matahari, bumi dan bulan. Gaya pembangkit pasang surut merupakan satuan gaya yang memiliki pengaruh dalam terbentuknya peristiwa pasang surut, gaya gravitasi merupakan suatu gaya tarik yang diberikan dari benda angkasa seperti bulan dan matahari. Jika gaya tarik suatu benda langit besar maka akan terjadi pasang yang tinggi, dan sebaliknya ketika gaya tarik benda langit pada saat tertentu mengecil maka akan terjadi surut (Hikmah *et al.*, 2020; Hamuna *et al.*, 2018; Yulius *et al.*, 2017; Novitasari *et al.*, 2018). Terdapat beberapa metode pengukuran pasang surut, yaitu ada metode *Admiralty* dan metode *Least Square*. Metode *Admiralty* yaitu menghitung komponen – komponen harmonik pasang surut dengan menggunakan skema – skema dan metode ini menghasilkan 9 komponen utama pasang

surut (Ichsari *et al.*, 2020; Simatupang *et al.*, 2018; Pasomba *et al.*, 2019), sedangkan metode *Least Square* merupakan metode perhitungan pasang surut dapat menganalisis komponen pasang surut sehingga elevasinya dapat diketahui (Ongkos dan Suyarso, 1989; Wulandari *et al.*, 2022). Metode *Least Square* dalam pengolahannya mengabaikan faktor meteorologi karena bersifat musiman dan hanya sesat saja, metode ini mempunyai prinsip meminimumkan persamaan elevasi pasang surut (Supriyono *et al.*, 2015; Zakaria, 2015). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai komponen harmonik pasang surut dan tipe pasang surut dengan metode *Admiralty* dan *Least Square* dan untuk menentukan nilai elevasi muka air laut rencana (DWL).

MATERI DAN METODE

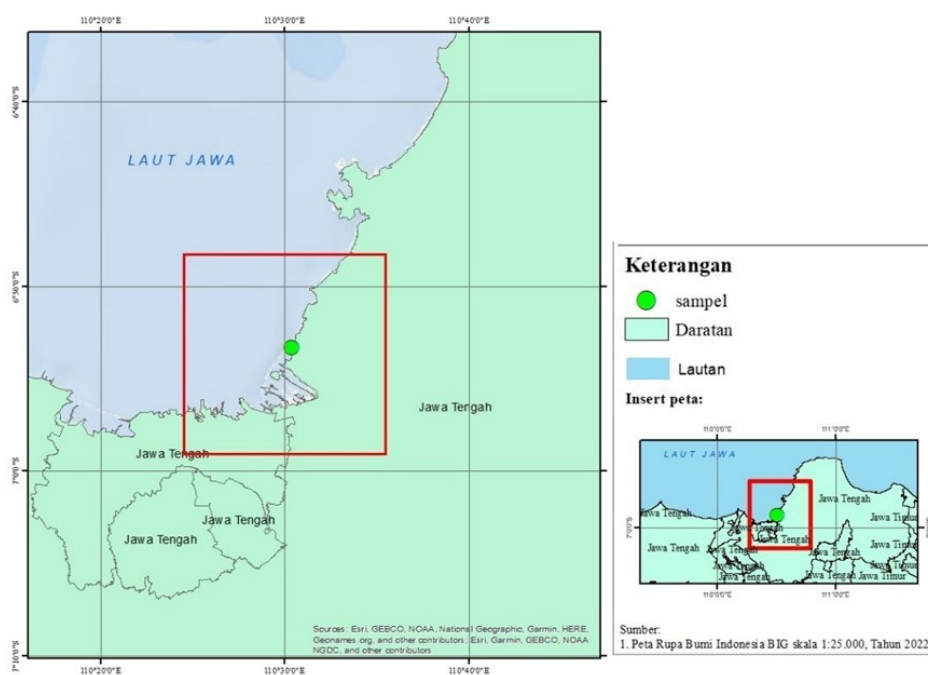
Penelitian ini dilaksanakan pada Januari 2022 - Februari 2022. Lokasi penelitian di Timbulsloko, Kecamatan Sayung, Demak, Jawa Tengah. Materi yang digunakan dalam terbagi menjadi 2 yaitu data primer dan data sekunder. Data primer dalam penelitian ini merupakan hasil pengukuran pasang surut yang langsung dilakukan di lapangan. Data sekunder yang digunakan merupakan data angin dari BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika) dan data SLA Aviso. Resolusi data SLA adalah $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ dan dapat di download di website <https://www.aviso.altimetry.fr/en/home.html>.

Pengambilan data primer yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan alat *tide gauge, sensor Maxsonar MB7366*. Alat tersebut diletakkan di lokasi penelitian di Timbulsloko, Kecamatan Sayung, Demak, Jawa Tengah yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Data pasang surut kemudian dilakukan pengolahan dengan menggunakan metode penelitian *Admiralty* dan metode *Least Square*.

Metode Pengolahan Data *Admiralty*

Data pasang surut yang diperoleh dengan melakukan pengamatan secara langsung ke lapangan dimasukkan ke tabel *Microsoft Excel 2016* agar dapat diolah dengan metode *admiralty*. Selanjutnya data tersebut diolah dengan cara bertahap menggunakan skema-skema serta tabel-tabel pengamatan untuk 29 piantan. Hasil dari pengolahan metode *admiralty* ini adalah nilai amplitudo serta nilai fase 9 komponen harmonik pasang surut yaitu K1, O1, P1, K2, N2, S2, N2, M4 dan MS4. Amplitudo dari komponen harmonik pasut K1, O1, M2 dan S2 lalu digunakan untuk menghitung nilai formzhal untuk menentukan tipe pasang surut di perairan yang diamati.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Data Pasang Surut

Metode Pengolahan Data *Least Square*

Pengolahan dengan menggunakan metode *least square* dengan cara data pasang surut yang diperoleh dari pengamatan kemudian dicopy kedalam tabel *Microsoft Excel* agar dapat diolah dengan menggunakan *software* MATLAB menggunakan program *Worldtide*. Pengolahan dengan metode ini menghasilkan berbagai macam amplitudo komponen harmonik pasang surut, tetapi yang di gunakan adalah 9 komponen harmonik pasang surut utama yaitu K₁, O₁, P₁, K₂, N₂, S₂, N₂, M₄ dan MS₄.

Hasil perghitungan analisa komponen harmonik pasang surut memperoleh nilai amplitudo (A) dan fase (g°) yaitu M₂, S₂, N₂, K₁, O₁, M₄, MS₄, K₂, P₁ dan lainnya (Munandar et al., 2023). Setelah didapatkan nilai - nilai komponen harmonik, selanjutnya dilakukan analisis tipe pasang surut dengan menggunakan rumus *formzahl*. Perhitungan *formzahl* dapat menggunakan rumus berikut ini (Wicaksono, 2016).

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2}$$

Keterangan:

- F = bilangan *formzahl*
- O_1 = komponen pasang surut tunggal utama disebabkan oleh gaya tarik bulan
- K_1 = komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari
- M_2 = amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan
- S_2 = amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari

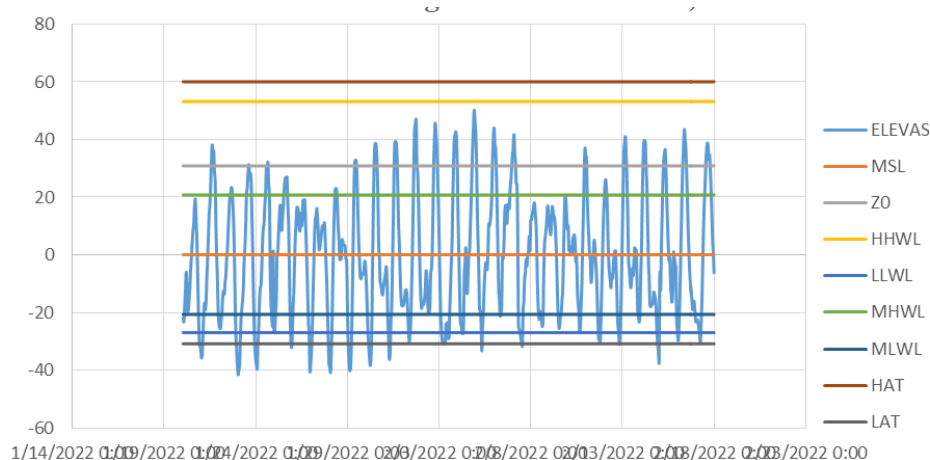
Data angin kemudian di olah menjadi data gelombang dengan menggunakan metode peramalan gelombang Sverdrup Munk Bretschneider (SMB). Pengolahan menggunakan modul *Easywave Algorithm*, dimana *Easywave* ini dapat melakukan peramalan gelombang dengan metode SMB berbasis bahasa pemrograman Python (Siregar, et al., 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode *Admiralty*

Data pasang surut lapangan diolah dengan menggunakan metode *Admiralty* ini menghasilkan nilai Amplitudo (A) dan nilai fase (g°) dari setiap masing – masing komponen harmonik pasang surut dan nilai *formzahl*. Hasil analisis masing-masing nilai disajikan pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1, tipe pasang surut Timbulsloko berdasarkan nilai *formzahl* nya (perbandingan dari M₂ dijumlahkan dengan S₂ dan K₁ dijumlahkan dengan O₁) yaitu 8.49 cm. dengan mengetahui nilai *formzahl* bisa untuk menentukan tipe pasang surut disuatu wilayah (Hikmah et al., 2020; Suhaemi et al., 2018). Berdasarkan bilangan *Formzahl* ini tipe pasang surut wilayah Timbulsloko termasuk dalam harian tunggal (*Formzahl* F = 8.49 > 3.00). Selanjutnya elevasi pasang surut dapat dilihat pada Gambar 2 dan nilai elevasi pasang surut dari hasil nilai komponen disajikan pada Tabel 2.



Gambar 2. Grafik Analisis Pasang Surut

Tabel 1. Nilai Komponen Harmonik Pasang Surut

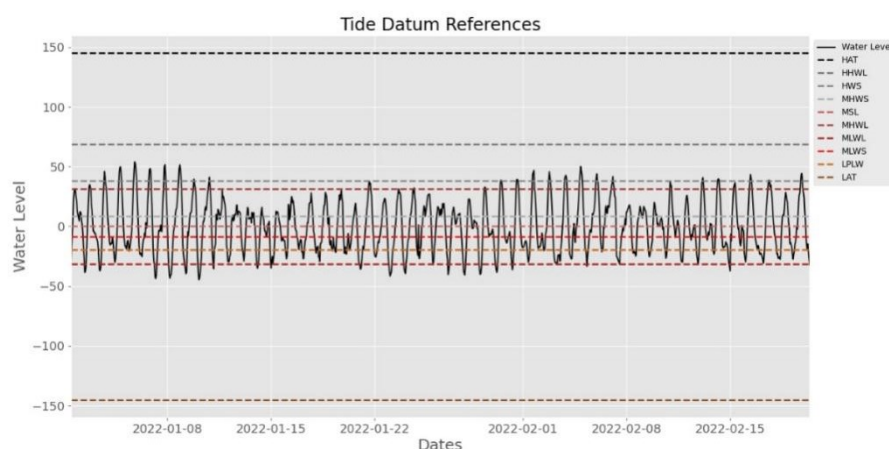
	S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A (cm)	0	1	2	3	11	9	1	0	0	4
g (°)	-	7	124	173	292	60	10	40	124	292

Tabel 2. Nilai Elevasi Pasang Surut

Elevasi Pasut	Nilai (cm)
MSL (<i>Mean Sea Level</i>)	-0.05
HHWL (<i>Highest High Water Level</i>)	593.08
LLWL (<i>Lowest Low Water Level</i>)	-75.46
MHWS (<i>Mean High Water Springs</i>)	40.29
MLWS (<i>Mean Low Water Springs</i>)	-40.38
HAT (<i>Highest Astronomical Tide</i>)	-3117.31
LAT (<i>Lowest Astronomical Tide</i>)	3117.22

Metode Least Square

Data pasang surut lapangan diolah dengan menggunakan metode *Least Square* ini menghasilkan lebih banyak nilai komponen harmonik pasang surut dan nilai *formzahl*. Tabel 3 merupakan nilai Amplitudo (A) dan nilai fase (g°). Berdasarkan hasil yang sudah didapat pada Tabel 3, dapat menentukan tipe pasang surut Timbulsloko dapat diperoleh dengan menghitung nilai *formzahl* yaitu perbandingan dari M₂ dijumlahkan dengan S₂ dan K₁ dijumlahkan dengan O₁. Hasil perhitungan nilai *formzahl* Timbulsloko yaitu 5.48 cm dengan tipe pasang surut harian tunggal karena sesuai dengan klasifikasi nilai *formzahl* $F = 5.48 > 3.00$, tipe pasang surut harian tunggal terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan periode pasang surut 24 jam 50 menit (Triatmodjo, 1999; Khasanah *et al.*, 2017; Yona *et al.*, 2017). Nilai elevasi muka air laut rencana merupakan parameter yang penting dalam perencanaan bangunan pantai (Ahmad *et al.*, 2017; Sobatnu 2018). Elevasi pasang surut yang dapat dilihat pada Gambar 3. dan nilai elevasi pasang surut dari hasil nilai komponen dapat dilihat pada Tabel 4, serta grafik *Tide Observation vs Tide Prediction* dapat dilihat pada Gambar 4.



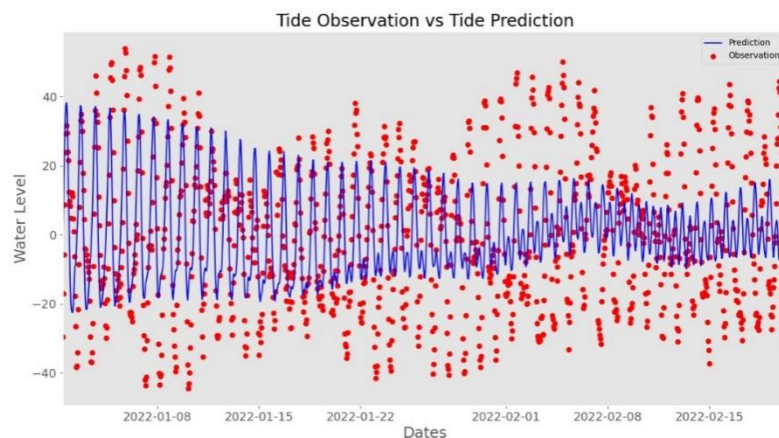
Gambar 3. Grafik Analisis Pasang Surut

Tabel 3. Nilai Komponen Harmonik Pasang Surut

	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A (cm)	1	7	2	21	9	0	0	8	22
g (°)	18	351	295	26	276	111	207	202	175

Tabel 4. Nilai Elevasi Pasang Surut

Elevasi Pasut	Nilai (cm)
MSL (<i>Mean Sea Level</i>)	-0.05
HHWL (<i>Highest High Water Level</i>)	593.08
LLWL (<i>Lowest Low Water Level</i>)	-75.46
MHWS (<i>Mean High Water Springs</i>)	40.29
MLWS (<i>Mean Low Water Springs</i>)	-40.38
HAT (<i>Highest Astronomical Tide</i>)	-3117.31
LAT (<i>Lowest Astronomical Tide</i>)	3117.22

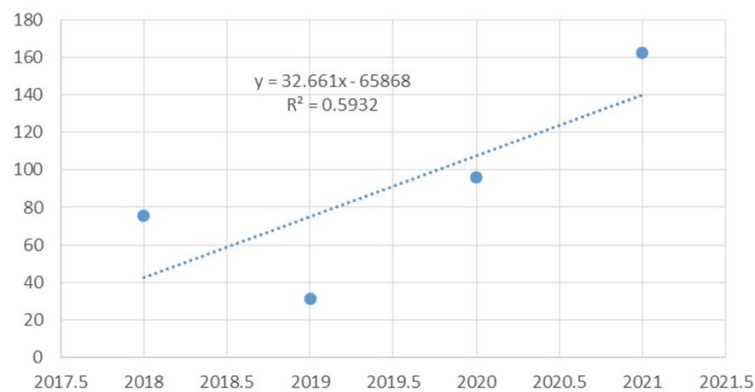
**Gambar 4.** Grafik *Tide Observation vs Tide Prediction***Elevasi Muka Air Laut Rencana (*Design Water Level, DWL*)**

Berdasarkan data yang digunakan adalah data H_b yaitu 1.271 m, d_b yaitu 1.36 m dan T yaitu 5.22 m, sehingga mendapatkan nilai *wave set up* (S_w) yaitu 0.24 m. berdasarkan hasil perhitungan data pasang surut di Desa Timbulsloko diperoleh nilai HHWL yaitu 0.53 m dan nilai SLR yaitu 0.07 m. Sehingga didapatkan persamaan untuk menghitung nilai elevasi muka air laut rencana sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 DWL &= HHWL + S_w + SLR \\
 DWL &= 0.53 + 0.24 + 0.07 \\
 DWL &= 0.84 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kenaikan Muka Air Laut

Kenaikan muka air laut dilakukan perhitungan selama 4 tahun dari 2018 – 2021 untuk mendapatkan nilai laju SLA (*Sea Level Anomaly*). Sehingga didapatkan hasil pengolahan data yaitu 2018 adalah 75.45 mm, 2019 adalah 31.03 mm, 2020 adalah 96.16 mm dan 2021 adalah 162.61 mm. Tren liner dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Tren Linier Sea Level Anomaly di Perairan Timbulloko

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pasang surut di Perairan Timbulloko nilai kedudukan muka air dan nilai *formzahl* pada Bulan Januari 2022 – Februari 2022 yaitu nilai HHWL 53.17 cm dan *formzahl* yaitu 8.49 cm (*Admiralty*) dan HHWL sebesar 593.08 cm dan *formzahl* yaitu 5.48 cm (metode *Least Square*). Dari kedua metode tersebut menghasilkan tipe pasang surut yang sama yaitu Tipe Pasang Surut Harian Tunggal dengan mengetahui tipe pasang surut dapat digunakan untuk mengetahui terjadinya banjir pasang dengan melihat ketika terjadinya pasang tertinggi dan kembali surut pada saat surut terendah. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa elevasi muka air laut rencana yaitu 0.84 m. Nilai ini sebagai bahan pertimbangan dalam pembuatan dermaga.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, R., ndy, H. dan Manyuk, F. 2017. Pengaruh Simulasi Awal Data Pengamatan Terhadap Efektivitas Prediksi Pasang Surut Metode Admiralty (Studi Kasus Pelabuhan Dumai). *Jom FTEKNIK*, 4(2): 1 – 10.
- Effendi, R., Handoyo, G. dan Setiyono, H. 2017. Peramalam Pasang Surut di Sekitar Perairan Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Banyutowo Kabupaten Pati Jawa Tengah. *Jurnal Oseanografi*, 6(1): 221 – 227.
- Hamuna, B., Rosye H.R. Tanjung, R.H.R., John D. Kalor, J.D., Lisiard Dimara, L., Ervina Indrayani, E., Maklon Warpur, M., Yunus Y.P. Paulangan, Y.Y.P., Kelvin Paiki, K. 2018. Studi Karakteristik Pasang Surut Perairan Laut Mimiki Provinsi Papua. *Jurnal Acropoea Ilmu Kelautan dan Perikanan Papua*, 1(1): 19 – 28.
- Hikmah, D., Arisanti, L.E. dan Irmawan, D. 2020. Tipe Pasang Surut di Pelabuhan Benoa Bali Dengan Metode Admiralty Berdasarkan Data Automatic Weather Station (AWS). *Jurnal Widya Climago*, 2(2).
- Ichsari, I. dan Suleman, A. H. 2018. Analisis Perencanaan Break Water Dalam Penanganan Sedimentasi Pantai di Desa Botubarani. *Journal of Infrastructure & Science Engineering*, 1(1).
- Khasanah, I.U., Wirdinata, S. dan Guvil, Q. 2017. Analisis Harmonik Pasang Surut untuk Menghitung Nilai Muka Surutan Peta (Chart Datum) Stasiun Pasur Sibolga. Seminar Nasional Strategi Pengembangan Infrastruktur ke-3 (SPI-3) Institut Teknologi Padang Tanggal 27 Juli 2017. Padang, pp: 243 – 249.
- Munandar, B., Wirasatriya, A., Sugianto, D. N., Susanto, R. D., Purwandana, A., Kunarso. 2023. Distinct mechanisms of Chlorophyll-a blooms occur in the Northern Maluku Sea and Sulu Sill revealed by satellite data. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*. 102, 101360. <https://doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2023.101360>.
- Novitasari, D.C.R., Febrianti, F., Setiawan, F. 2018. Analisis Kecepatan Angin pada Pasang Surut Air Laut dengan Menggunakan Algoritma Forward – Backward dalam Hidden Markov Model di Wilayah Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, 4(1).
- Ongkosongo, O.S.R dan Suyarso. 1989. Pasang Surut. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Pusat Penelitian dan Perkembangan Oseanografi, 257 hlm.
- Pasomba, T., Jasin, M.I., Jansen, T. 2019. Analisa Pasang Surut pada Daerah Pantai Tobololo Kelurahan Tobololo Kota Ternate Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 7(11): 1515 – 1526.
- Simatupang, C.M., Surbakti, H., Agussalim, A. 2018. Analisis Data Arus di Perairan Muara Sungai Banyuasin

- Provinsi Sumatera Selatan. *Maspuri Journal*, 8(1): 15 – 24.
- Siregar, Ghifari R. S., Sekar A., Yoas H. 2020. Easywave Untuk Peramalan Data Gelombang Laut Berbasis Pemograman Python Dengan Metode Sverdrup Munk and Bretschneider. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 7(1): 20-29.
- Sobatnu, Ferry. 2018. *Survei Terrestris*. Penerbit Deepublish.
- Suhaemi, S., Marhan, R. 2018. Penentuan Tipe Pasang Surut Perairan Padaalur Pelayaran Manokwari Dengan menggunakan Metode Admiralty. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik.*, 2(1): 57 - 64.
- Supriyono, Pranowo, W.S., Rawi, S., Herunadi, B. 2015. Analisis dan Perhitungan Prediksi Pasang Surut Menggunakan Metode *Admiralty* dan Metode *Least Square* (Studi Kasus Perairan Tarakan dan Balikpapan). *Jurnal Chart Datum*, 1(1).
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Penerbit Beta Offset.
- Utami, W.Widya Sari., Petrus Subardjo, P., Muhammad Helmi, M. 2017. Studi Pengaruh Garis Pantai Akibat Kenaikan Muka Air Laut di Kecamatan Sayung Kabupaten Demak. *Jurnal Oseanografi*, 6(1): 281 – 287.
- Wicaksono, P.P., Handoyo, G. dan Atmodjo, W. 2016. Analisis Pasang Surut dengan Metode Admiralty dan Auto Regressive Integrated Moving Average di Perairan Pantai Widuri Kabupaten Pemalang. *Jurnal Oseanografi*, 5(4): 489 – 495
- Widada, S., Rochaddi, B., Endrawati, H. 2012 Pengaruh Arus Terhadap Genangan Rob di Kecamatan Sayung Kabupaten Demak. *Buletin Oseanografi Marina*, 1(31): 31 – 39.
- Wulandari, S.J., Febrianto, T., Suhana, M.P., Putra, R.D., Apdillah, D. 2022. Perbandingan Penerapan Hasil Metode *Admiralty* dan *Least Square* Untuk Peramalan Pasang Surut Di Selat Bintang, Kepulauan Riau. *Jurnal Kelautan*, 15(3).
- Yona, D., Sartimbul, A., Iranawati, F., Sambah, A. B., Hidayati, N., Harlyan, L. I., Sari, S. H. J., Fuad, M. A. Z., Rahman, M. A. 2017. *Fundamental Oseanografi*. Penerbit Universitas Brawijaya Press.
- Yulius, A.H., Mustikasari, E., Zahara, R. I. 2017. Karakteristik Pasang Surut Dan Gelombang Di Perairan Teluk Saleh, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Segara*. 13(1): 65 – 73.
- Zakaria, A. 2015. Model Periodik dan Stokastik Data Pasang Surut Jam – Jaman Dari Pelabuhan Panjang. *Jurnal Rekaya*, 19(1):67 – 84.