
**SIMULASI PENENTUAN PERMUKAAN AIR LAUT TERENDAH PADA
PERENCANAAN PELABUHAN MENGGUNAKAN SOFTWARE T_TIDE**
Simulation of Determining The Lowest Water Level in Port Planning Using T_Tide Software

Yahya Dwikarsa*, Luhur Moekti Prayogo

Magister Teknik Geomatika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 55281, Indonesia

*Corresponden author e-mail: yahyadwikarsa@gmail.com

Submitted: 27 July 2021 / Revised: 30 September 2021 / Accepted: 30 September 2021

<http://doi.org/10.21107/juvenil.v2i3.10972>

ABSTRAK

Kemajuan wilayah pesisir tentu tidak lepas dari sarana dan prasarana yang mendukung salah satunya adalah pelabuhan. Kolam pelabuhan merupakan salah satu aspek yang penting dalam pembangunan pelabuhan karena ketika kapal melakukan pelayaran, kolam pelabuhan dibutuhkan sebagai tempat bersandar kapal (berth time) agar tidak terganggu oleh gelombang. Penentuan kolam pelabuhan membutuhkan berbagai data salah satunya adalah pasang surut air laut. Penelitian ini bertujuan untuk penentuan nilai LAT dan perhitungan nilai draft kapal yang dapat berlabuh di wilayah di kabupaten Cilacap, Jawa Tengah jika akan dibuat pelabuhan. Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa nilai LAT wilayah penelitian sebesar -1.132 m. Dengan kapal sebesar 20.000 DWT serta memiliki draft 9,2 m pada kedalaman 14 m, ruang bebas gerak kapal, faktor H dan jarak aman memiliki nilai secara sebesar 3.1, 10.9 dan 1.7 m. Pada kedalaman 25 m, ruang bebas gerak kapal, H dan jarak aman memiliki nilai secara sebesar 14.1, 10.9 dan 1.7 m. Sedangkan pada kedalaman 50 meter, ruang bebas gerak kapal, H dan jarak aman memiliki nilai secara sebesar 39.1, 10.9 dan 1.7 m.

Kata kunci: Pasang Surut, Lowest Astronomical Tide, Kolam Pelabuhan, T_Tide, Cilacap

ABSTRACT

The development of coastal areas cannot be separated from the supporting facilities and infrastructure, one of which is the port. The harbor pool is one of the essential aspects of port development because when the ship is sailing, the port pool is needed as a berth time for the ship not to be disturbed by waves. Determining the port pool requires various data, one of which is the tides. This study aims to determine the LAT value and calculate the draft value of ships that can dock in the Cilacap Regency, Central Java if a port is to be built. From this research, it can be seen that the LAT value of the research area is -1.132 m. With a ship of 20,000 DWT and having a draft of 9.2 m at a depth of 14 m, the ship's free space, H factor, and safe distance have values of 3.1, 10.9, and 1.7 m. At a depth of 25 m, the ship's free space, H, and safe distance have values of 14.1, 10.9, and 1.7 m. Meanwhile, at a depth of 50 meters, the ship's free space, H, and safe distance have 39.1, 10.9, and 1.7 m.

Keyword: Tide, Lowest Astronomical Tide, Harbor Pool, T_Tide, Cilacap

PENDAHULUAN

Pasang surut merupakan fenomena naik turunnya permukaan air laut yang terjadi secara periodik karena pengaruh benda-benda langit seperti bulan dan matahari (Ongkosongo, 1989). Keberadaan informasi pasang surut penting untuk diketahui salah satunya adalah untuk kegiatan perencanaan dan perancangan pelabuhan, keselamatan pelayaran, penetapan batas laut dan pembuatan nautical

chart. Informasi prakiraan pasang surut air laut di pelabuhan perikanan telah dikembangkan sejak tahun 2011 oleh Laboratorium Data Laut dan Pesisir (*Marine & Coastal Data Laboratory*), Kementerian Kelautan dan Perikanan (Pusat Riset Kelautan, 2021). Kemajuan wilayah pesisir tentu tidak lepas dari sarana dan prasarana yang mendukung salah satunya adalah pelabuhan.

Rinaldy dkk (2014) menyatakan bahwa kolam pelabuhan merupakan salah satu aspek yang penting dalam pembangunan pelabuhan. Triatmojo (1999); Rinaldy dkk (2014) berpendapat bahwa ketika kapal melakukan pelayaran di sekitar pelabuhan, kolam pelabuhan dibutuhkan sebagai tempat bersandar kapal (*berth time*) agar tidak terganggu oleh gelombang. Penentuan kolam pelabuhan membutuhkan berbagai data salah satunya informasi adalah pasang surut air laut. *Lowest Astronomical Tide* (LAT) adalah salah satu informasi parameter elevasi pasang surut yang merupakan permukaan laut terendah yang dapat diramalkan terjadi di bawah pengaruh keadaan meteorologist rata-rata dan kombinasi keadaan astronomi (International Hydrographic Organization, 1993; Kuncoro dkk, 2015). Informasi mengenai LAT penting untuk diketahui karena merupakan kondisi perairan terendah dimana kapal tetap dapat melakukan aktivitas di pelabuhan.

Dewasa ini, sebagian besar negara – negara di dunia berusaha menentukan chart datum (bidang referensi kedalaman suatu perairan dimana tidak ada permukaan perairan yang lebih rendah dari pada chart datum) agar berimpit dengan LAT. Untuk memperoleh informasi ketinggian permukaan laut sehingga dapat menentukan chart datum ialah dengan melakukan pengamatan pasang surut di daerah

pantai dengan lama waktu sebaiknya selama 18,6 tahun (Kuncoro dkk, 2015). Originalitas penelitian ini adalah penentuan nilai LAT di Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah dan perhitungan nilai draft kapal yang dapat berlabuh di wilayah tersebut dengan skenario kedalaman jika akan dibangun suatu pelabuhan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat khususnya dalam perencanaan pelabuhan.

MATERI DAN METODE

Lokasi Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data pasang surut satu tahun pada Januari hingga Desember 2016. Perolehan data bersumber dari stasiun pengamatan pasang surut Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah yang terletak pada -7.75 Lintang Selatan (LS) dan 109 Bujur Timur (BT). Data pasang surut yang digunakan memiliki interval 1 jam yang diperoleh dari *Sea Level Station Monitoring Facility*. Interval tersebut dipilih dikarenakan selain karena ketersediaan data *open source*, kajian mengenai komponen harmonik yang terjadi secara periodik masih bisa digambarkan menggunakan data dengan interval tersebut. Gambar 1 merupakan lokasi penelitian dan sekaligus menunjukkan stasiun pasang surut terdekat.



Gambar 1. Lokasi stasiun pasang surut terdekat dari lokasi penelitian

Software T_Tide

T_Tide merupakan sebuah program yang digunakan untuk analisis pasang surut yang didemonstrasikan pada *Fortran* yang dibuat oleh Mike Foreman (IOS) (Ferdiansyah, 2019). Karena bahasa pemrograman yang sulit dipahami, Rich Pawlowicz, Steve Lentz dan Bob Beardsley memperbaiki program tersebut pada bahasa Matlab dengan menambahkan beberapa tool analisis (Ferdiansyah, 2019).

Kelebihan program ini yaitu terdapat koreksi nodal dan analisis harmonik klasik yang memudahkan pengguna dalam menganalisis data pasang surut. Program *t_tide* ini terdiri dari sejumlah *file* yang masing-masing berisi satu atau lebih fungsi yang memiliki awalan "*t*" untuk mencegah tabrakan *namespace* (Ferdiansyah, 2019; Pawlowicz dkk, 2002). Program T_Tide menyediakan tool untuk analisis pasang surut yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Tool pada program T_Tide

Tool	Fungsi
<i>t_predict.m</i>	Menghitung prediksi pasut dari konstanta harmonik dari <i>t_tide.m</i>
<i>t_vuf.m</i>	Perhitungan koreksi nodal
<i>t_getconsts.m</i>	Mengekstrak semua jenis data konstanta harmonik (konstituen) dari paket program <i>fortran</i>
<i>t_tide.m</i>	Menganalisis pasang surut dengan cara menghitung nilai amplitudo dan beda fase konstanta harmonik

Sumber: (Ferdiansyah, 2019; Uswatun & Heliani, 2014)

Tipe Pasang Surut

Penentuan tipe pasang surut dengan nilai amplitudo menggunakan bilangan Formzahl yang disajikan dalam persamaan 1 sebagai berikut (Triatmodjo, 2009):

$$F = \frac{H(K1)+H(O1)}{H(M2)+H(S2)} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :
F : Bilangan formzahl.

- O1: Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan
- M2 : Amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan
- S2 : Amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari
- K1 : Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari

Tabel 2. Ketentuan tipe pasang surut dari nilai bilangan Formzahl

Nilai	Klasifikasi
F<0,25	Harian ganda
0,25<F<1,5	Campuran condong ke harian ganda
1,5<F<3,5	Campuran condong ke harian tunggal
F>3,5	Harian tunggal

Sumber: (Triatmodjo, 2009)

Draft Kapal Container Ships (Panamax)

Berdasarkan definisi muka air pada model datum vertikal yang banyak digunakan dalam perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan. Misalnya *Mean High Water Level* (MHWL) digunakan untuk menentukan elevasi

dermaga. Sedangkan *Lowest Low Water Level* (LLWL) diperlukan untuk menentukan kedalaman alur pelayaran dan kolam pelabuhan. Tabel 3 merupakan contoh untuk kapal dengan jenis peti kemas adalah (panamax) (Triatmodjo, 2009).

Tabel 3. Contoh untuk kapal dengan jenis peti kemas

dwt (t)	M _D (t)	L _{oa} (m)	L _{BP} (m)	B (m)	D (m)	F (m)	C _B
60.000	83.000	290	275	32.2	13.2	8.6	0.693
55.000	75.500	278	264	32.2	12.8	8.1	0.677
50.000	68.000	267	253	32.2	12.5	7.8	0.651
45.000	61.000	255	242	32.2	12.2	7.5	0.626
40.000	54.000	237	225	32.2	11.7	6.9	0.622
35.000	47.500	222	211	32.2	11.1	6.3	0.614
30.000	40.500	210	200	30.0	10.7	5.9	0.615
25.000	33.500	195	185	28.5	10.1	5.3	0.614
20.000	27.000	174	165	26.2	9.2	4.4	0.662
15.000	20.000	152	144	23.7	8.5	3.8	0.673
10.000	13.500	130	124	21.2	7.3	2.7	0.686

Sumber: Container Ship Panamax

- Dimana:
- DWT : *Deadweight Tonnage*
 - MD : *Displacement (Ton)*
 - LOA : *Length Overall (m)*
 - LBP : *Length Between Perpendiculars (m)*
 - B : *Beam (m)*
 - D : *Laden Draft (m)*
 - F : *Laden Freeboard (m)*

Penelitian ini menggunakan skenario kedalaman 14, 25 dan 50 m. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kedalaman terhadap ruang gerak kapal pada pelabuhan. Kedalaman dasar alur dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2 (Triatmodjo, 2009):

$$H = d + G + z + R \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

- d : Draft kapal
- G : Gerakan vertical kapal karena gelombang
- z : Squat (pertambahan draft kapal terhadap muka air yang disebabkan oleh kecepatan kapal
- R : Ruang kebebasan bersih

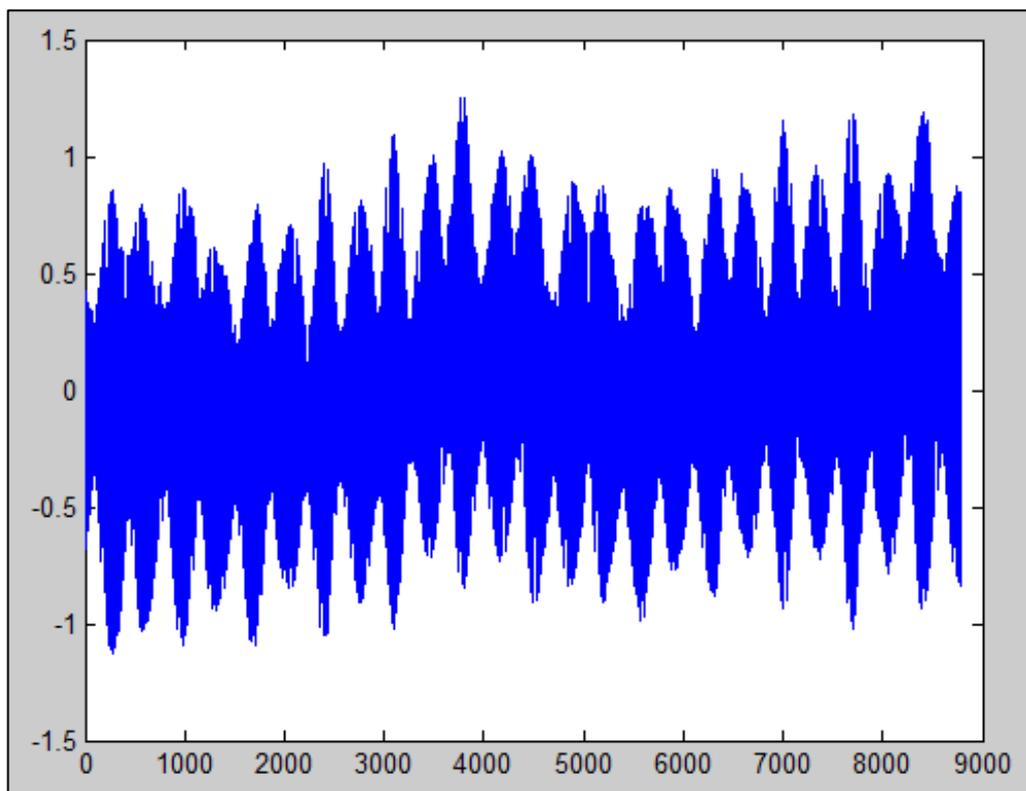
HASIL DAN PEMBAHASAN
Tipe Pasang Surut

Penentuan tipe pasang surut dilakukan untuk mengetahui karakteristik pasang surut di lokasi penelitian. Terdapat empat komponen utama harmonik yang digunakan untuk menghitung bilangan Formzahl diantaranya O1, K1, M2 dan S2. Dari perhitungan yang telah dilakukan, nilai Amplitudo dari keempat komponen tersebut secara berturut-turut

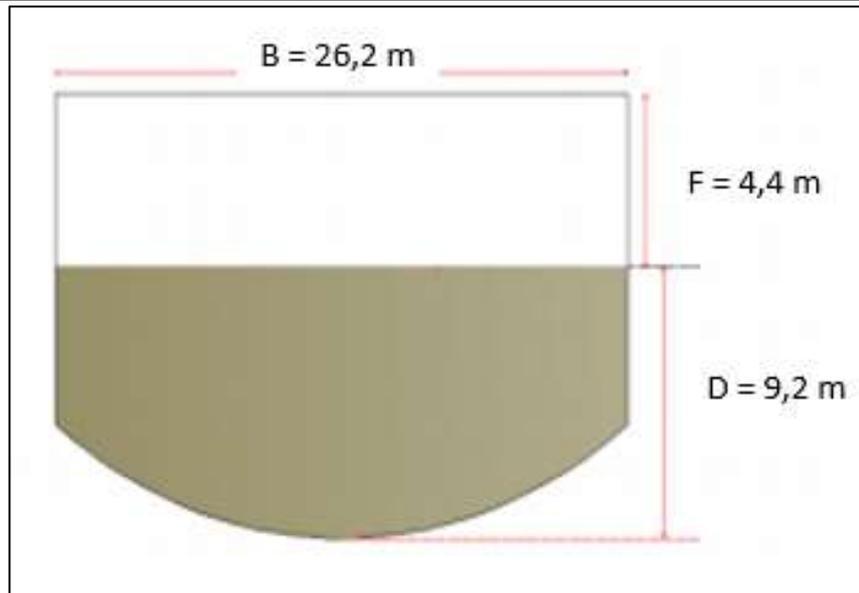
adalah 0.1136, 0.1874, 0.4651 dan 0.2366. Nilai komponen harmonik kemudian dimasukkan pada persamaan 1 sehingga menghasilkan bilangan Formzahl sebesar 0.429. Nilai tersebut masuk pada kriteria kedua $0,25 < F < 1,5$ (Tabel 2) yang berarti tipe pasang surut Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah adalah Campuran condong ke harian ganda. Gambar 2 merupakan grafik fluktuasi pasang surut yang dihasilkan dari pengolahan menggunakan T_Tide.

Simulasi Perhitungan Kolam Pelabuhan dengan Skenario Kedalaman

Perhitungan pasang surut menggunakan program T_Tide pada tahun 2016 wilayah Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah menghasilkan nilai *Highest Astronomical Tide* (HAT) dan LAT sebesar 1.239 dan -1.132 m. Pertama menggunakan asumsi kedalaman perairan adalah 14 meter dengan LAT = -1.132 m. Kapal dengan total DWT sebesar 20.000 dan menyesuaikan kondisi pasang surut dengan LAT sebesar -1.132 m, sketsa draft kapal dapat dilihat pada ilustrasi berikut (Gambar 3).



Gambar 2. Grafik fluktuasi pasang surut Januari hingga Desember 2016



Gambar 3. Sketsa draft kapal

Sehingga,

Asumsi kapal berbobot 20.000 DWT

$d = 9,2$ m

$G = 0,5 \times B \times \sin \alpha$

B = lebar kapal

α = sudut kemiringan kapal

$0,5 \times 26,2 \times \sin 5^\circ = 1,14$ m

$$z = 2,4 \frac{\Delta \cdot Fr^2}{Lbp^2 \times \sqrt{1 - Fr^2}}; \Delta = \text{volume air yang dipindahkan (m}^3\text{)}, Fr = \text{Angka Froude } \left(\frac{v}{\sqrt{2gh}}\right),$$

v = kecepatan kapal (m/s), g = percepatan gravitasi (m/s²), h = kedalaman air (m) dan Lbp = panjang lambung bebas

$$\Delta = C_b \times d \times Lbp \times B; C_b = \text{koefisien blok kapal, } d = \text{draft kapal, } Lbp = \text{panjang lambung bebas, } B = \text{lebar kapal}$$

$$\Delta = 0,662 \times 9,2 \times 165 \times 26,2 = 26329$$

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}} = \frac{2,5}{\sqrt{10,17}} = 0,192$$

$$z = \frac{26329 \times 0,192^2}{165^2 \times \sqrt{1 - 0,192^2}} = 0,087 \text{ m}$$

R = missal (0,5 m)

$$H = 9,2 + 1,14 + 0,087 + 0,5 = 10,927 \text{ m}$$

Kapal sebesar 20.000 DWT dengan draft 9.2 m serta memperhitungkan gerak, kecepatan dan beban kapal adalah 10.9 m dan ruang bebas kapal adalah 3.1 m. Sehingga jarak aman kapal dari draft terhadap bertambahnya kedalaman yang dipengaruhi beberapa factor (H) adalah 1,7 m.

Perhitungan kolam pelabuhan, Pada kedalaman 25 m, ruang bebas gerak kapal, H dan jarak aman memiliki nilai secara sebesar 14.1, 10.9 dan 1.7 m.

Sedangkan pada kedalaman 50 meter, ruang bebas gerak kapal, H dan jarak aman memiliki nilai secara sebesar 39.1, 10.9 dan 1.7 m.

Tabel 4. Skenario kedalaman pada 25 dan 50 m

Kedalaman (m)	Ruang bebas gerak kapal (m)	H (m)	Jarak Aman (m)
25	14.1	10.9	1.7
50	39.1		

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa bilangan Formzahl sebesar 0.429 ($0,25 < F < 1,5$) yang berarti tipe pasang surut Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah adalah Campuran condong ke Harian Ganda. Perhitungan menggunakan program T_Tide menghasilkan nilai HAT dan LAT sebesar 1.239 dan -1.132 m. Perhitungan kolam pelabuhan, pada kedalaman 14 m kapal sebesar 20.000 DWT dengan draft 9,2 m yang memperhitungkan gerak, kecepatan dan beban kapal adalah 10,9 m dan ruang bebas kapal adalah 3,1 m. Sehingga jarak aman kapal dari draft terhadap bertambahnya kedalaman yang dipengaruhi beberapa faktor (H) adalah 1,7 m. Pada kedalaman 25 m, ruang bebas gerak kapal, H dan jarak aman memiliki nilai secara sebesar 14.1, 10.9 dan 1.7 m. Sedangkan pada kedalaman 50 meter, ruang bebas gerak kapal, H dan jarak aman memiliki nilai secara sebesar 39.1, 10.9 dan 1.7 m. Kedepannya penelitian mengenai kolam pelabuhan lebih baik menggunakan data batimetri yang diukur langsung di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Ferdiansyah, F. (2019). *Pengolahan Data Pasut Dengan Program T_Tide di Wilayah Stasiun Pegamatan Bali Utara dan Pengembangan Bali Selatan*. Program Studi Teknik Geodesi Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional. 1-69 Hal.

International Hydrographic Organization. (1993). *A Manual on Technical Aspects of the United Nations Convention on the Law of the Sea – 1982*. unesco.org/abelos/index.php?option=

com_docman&task= doc_download&g id. No 51 Edisi III.

Kuncoro; Riyadi, N., Djunarsjah, E., & Rawi, S. (2015). Analisis Penentuan Lowest Astronomical Tide (LAT) Berbasiskan Lama Waktu Pengamatan (Studi Kasus Perairan Benoa). *Jurnal Chart Datum*, 1(1), 29–34.

Ongkosongo. (1989). *Pasang Surut* (Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi (ed.)). Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 257 hal.

Pawlowicz, R., Beardsley, B., & Lentz, S. (2002). Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE. *Computers & Geosciences*, 28(8), 929–937.

Pusat Riset Kelautan. (2021). *Prediksi Pasang Surut*. Kementerian Kelautan Dan Perikanan. <http://pusriskel.litbang.kkp.go.id/index.php/en/data/prediksi-pasang-surut> (Diakses 27 Juni 2021).

Triatmodjo, B. (2009). *Perencanaan Pelabuhan*. Beta Offset. 490 hal.

Triatmojo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. 397 hal.

Uswatun, L. S. H. (2014). Perhitungan Nilai Chart Datum Stasiun Pasang Surut Jepara Berdasarkan Periode Pergerakan Bulan, Bumi, Dan Matahari Menggunakan Data Pasut Tahun 1994 S.D 2013. *Jurnal Geospasial Indonesia*, 10(10), 1–11.

Yose Rinaldy, Nugraha, A. L., & Subiyanto, S. (2014). Analisis Pengukuran Batimetri Dan Pasang Surut Untuk Menentukan Kedalaman Kolam Pelabuhan (Studi Kasus: Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya). *Jurnal Geodesi Undip*, 3(4), 25–36.