

**ANALISIS PENENTUAN LOWEST ASTRONOMICAL TIDE  
(LAT) BERBASISKAN LAMA WAKTU PENGAMATAN  
(STUDI KASUS PERAIRAN BENOA)**

**Kuncoro<sup>1</sup>, Nur Riyadi<sup>2</sup>, Eka Djunarsjah<sup>3</sup>, Sofyan Rawi<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi S1 Hidrografi, STTAL

<sup>2</sup>Dosen Pengajar Prodi S1 Hidrografi, STTAL

<sup>3</sup>Dosen dari Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, ITB

<sup>4</sup>Peneliti dari Dinas Hidro-Oceanografi TNI AL

**ABSTRAK**

Berdasarkan definisi dari *International Hydrographic Organization* (IHO, 2005), *Lowest Astronomical Tide* (LAT) secara Internasional digunakan sebagai *Chart Datum*, yaitu acuan tinggi permukaan air yang digunakan untuk survei Hidro-Oceanografi. LAT ini ditentukan dengan prediksi pasut selama 18.61 tahun. Dalam penelitian ini akan ditentukan bagaimana nilai LAT jika diprediksi dengan data pengamatan pasut kurang dari satu tahun.

Dalam penentuan LAT, dilakukan analisis konstanta pasut dan prediksi. Analisis konstanta pasut dihitung dengan menggunakan metode *Least Square* (kuadrat terkecil) mulai data pengamatan pasut satu bulan, dua bulan, tiga bulan, empat bulan, enam bulan sampai dengan data pasut 12 bulan, kemudian dari hasil analisis konstanta pasut tersebut diprediksi pasut selama 18.61 tahun. Hasil prediksi tersebut akan diperoleh perbedaan nilai LAT data pasut kurang dari satu tahun dengan data pasut selama satu tahun. Selanjutnya dari perbedaan nilai LAT tersebut dilakukan analisis tingkat signifikansi dengan menggunakan pendekatan statistik.

Dari hasil perhitungan nilai LAT dengan menggunakan data pengamatan pasut selama satu tahun diperoleh kedudukan LAT sebesar 43.3 cm. Jika dibandingkan dengan nilai LAT dengan menggunakan berbagai variasi data kurang dari satu tahun akan menghasilkan tingkat perbedaan yang signifikan. Dalam hal ini nilai LAT yang dihitung dengan data kurang dari satu tahun belum bisa disamakan dengan LAT dengan data pengamatan pasut satu tahun.

**Kata kunci :** LAT, Komponen Pasut dan Interval Pengamatan Pasut.

**ABSTRACT**

*According to the definition of International Hydrographic Organization (IHO) M-13 2005, the Lowest Astronomical Tide (LAT) is Internationally used as chart datum, which is used as instruction for measuring the validation of high water surface in the Hydro-oceanography survey. It is predicted by tide prediction for 18.61 year. This research is observed minimized in one year.*

*In determining of LAT, it will be analyzed by the tide constanta and prediction analisis. The analisis of tide constanta will be calculated by Rayleigh numbering method (the smallest quadrat), start on tide data observation for one month, two months, three months, four months, six months until twelve months datas of tide observation. Afterwards, from that analisis results of tide constanta, it can be predicted the tide for 18.61 year. From this result prediction will be found the difference of LAT value of tide datas less than in one year with tide datas in one year. Then, from the difference of LAT values can be analyzed the significant level by using the statictic approach.*

*From result of LAT calculation by using datas observation of tide in one year will be got the LAT position that is 43.3 cm. If comparing with LAT value which use variety datas less than in one year, it will be resulted the level of significant differences. In this case, LAT value thas is calculated by datas less than in one year can not be equated with LAT which is used by observation of tide datas in one year.*

**Keywords:** LAT, Tide Componen, and interval of tide observation.

## Latar Belakang

Pengetahuan mengenai kondisi pasang surut (pasut) di Perairan Indonesia dengan garis pantai sepanjang sekitar 81.000 km sangat penting artinya bagi Indonesia karena pengetahuan tersebut dapat digunakan untuk pemantauan peringatan tsunami, survei hidrografi, pemetaan, pertahanan keamanan, navigasi dan olah raga perairan laut. Salah satu pengetahuan mengenai kondisi pasut yang berperan penting dalam navigasi adalah pengetahuan mengenai surut astronomis terendah atau *Lowest Astronomical Tide (LAT)*. Adanya ketersediaan data pasut milik Badan Informasi dan Geospasial (BIG) dari hasil pengukuran di stasiun pasut perairan Benoa adalah suatu modal yang mendukung dalam menganalisis LAT di lokasi tersebut. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data pengamatan pasut di perairan Benoa selama 1 tahun.

LAT merupakan kedudukan muka laut terendah yang terjadi di bawah kondisi meteorologis rata-rata dan merupakan hasil dari kombinasi pengaruh astronomis (IHO, 1993). Pengertian kondisi meteorologis rata-rata berkaitan dengan pengaruh meteorologis terhadap kedudukan muka laut pada kondisi yang normal, bukan kondisi meteorologis yang dapat menyebabkan muka laut turun atau naik secara ekstrim. Misalnya, seperti saat terjadi hujan badai, yang dapat menyebabkan terjadinya kedudukan muka laut yang lebih rendah dari LAT atau saat tsunami yang dapat menyebabkan terjadinya kedudukan muka laut yang lebih tinggi dari pasut astronomis tertinggi yang mungkin terjadi.

Dalam penelitian ini penulis akan melakukan analisis perbedaan nilai LAT dari data pengamatan pasut dengan rentang pengamatan mulai dari data satu bulan, dua bulan, tiga bulan, empat bulan, enam bulan hingga data pengamatan pasut selama 12 bulan.

## Maksud dan Tujuan

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penyusunan Tugas akhir ini adalah untuk menentukan seberapa besar tingkat perbedaan nilai LAT yang diperoleh dari hasil perhitungan prediksi pasut dengan data pengamatan satu bulan, dua bulan, tiga bulan, empat bulan, enam bulan dan data pengamatan selama 12 bulan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan perbedaan nilai LAT yang dihitung dengan interval waktu pengamatan satu bulan, dua bulan, tiga bulan, empat bulan, enam bulan dan 12 bulan. Selanjutnya dari perbedaan nilai LAT tersebut akan dilakukan analisis tingkat signifikansi

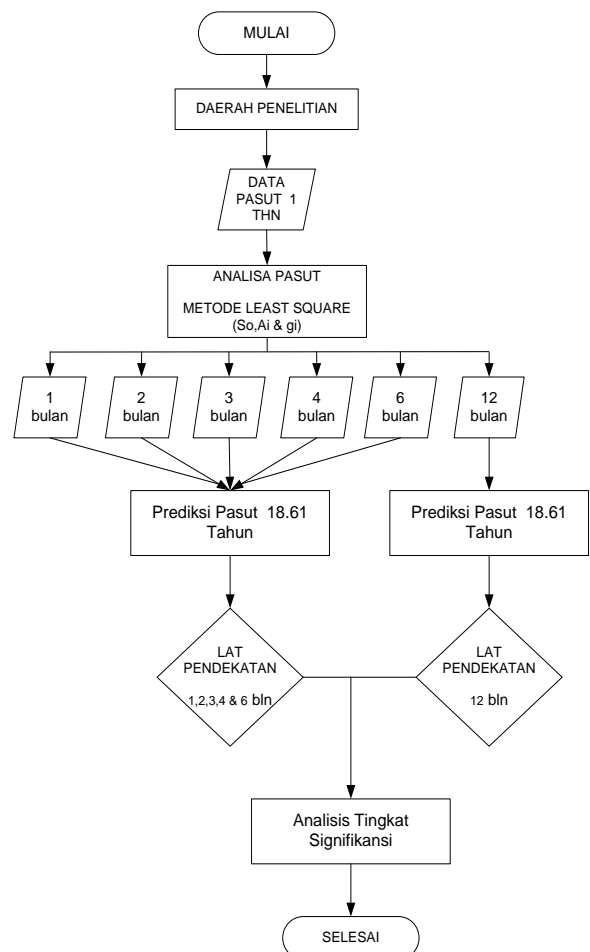
dengan menggunakan metode pendekatan statistik.

## Ruang Lingkup

Data pengamatan pasang surut yang akan digunakan adalah data pengamatan pasut oleh Badan Informasi & Geospasial (BIG) di perairan Benoa selama 1 tahun. Pengamatan menggunakan alat tipe grafik Merk ATT Kempton dengan stasiun pasut berada di  $08^{\circ} 46' 00''$  U dan  $115^{\circ} 13' 00''$  T. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini meliputi :

- Data pasut yang digunakan untuk keperluan penelitian ini diasumsikan bebas dari kesalahan sistematik dan kesalahan besar.
- Perhitungan analisis pasang surut akan menggunakan perangkat lunak matlab 7.0.1 dengan Program *T-Tide* dengan metode Kuadrat Terkecil (*Least Square*) untuk menentukan konstanta harmonik pasut dan prediksi pasut dalam menentukan nilai LAT.

## Alur Pikir Penelitian



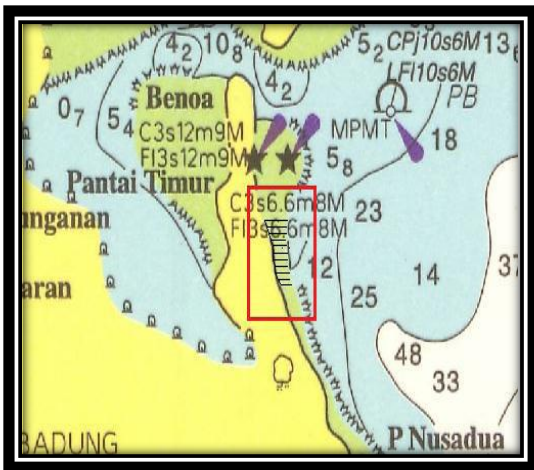
## Metode Pengolahan Data

Metode yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahapan diantaranya melalui studi literatur, tahap studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan

berbagai referensi seperti buku-buku, jurnal ilmiah, artikel, maupun melalui media internet. Setelah melalui tahap studi literatur maka dilakukan tahapan pengumpulan data, selanjutnya melaksanakan pengolahan data menggunakan perangkat lunak Matlab 7.0.1 dengan program *T-tide*. Data yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah data pasang surut.

a. Lokasi Penelitian

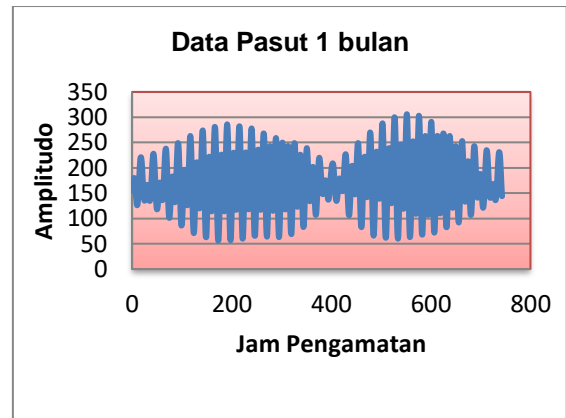
Data pengamatan yang digunakan adalah data pengamatan pasut oleh BIG di Perairan Benoa selama 1 tahun dari 1 Januari 2000 sampai 31 Desember 2000. Pengamatan menggunakan alat Tipe Grafik Merk ATT Kempton dengan stasiun pasut berada di 08° 46' 00" S dan 115° 13' 00" T yang dapat ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

b. Pendefinisian Data Pasut

Sebelum dilaksanakan pengolahan data pasut dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB 7.0.1 dengan program *T-Tide*, terlebih dahulu merubah bentuk data pasut menjadi data pasut dalam bentuk matrik sesuai format yang dibutuhkan oleh program *T-Tide*. Susunan matrik data pasut tersebut yaitu, tahun, bulan, tanggal, jam dan ketinggian muka laut sesat sesuai yang dibutuhkan dalam program tersebut. Selanjutnya data pasut dalam bentuk matriks tersebut siap untuk diolah dan diproses untuk mendapatkan analisis pasut serta nilai prediksi pasut selama 18.61 tahun.



Gambar 2 Grafik data Pasut 1 bulan

c. Penentuan Komponen Harmonik Pasut

Proses penentuan komponen harmonik pasut dilakukan melalui dua tahapan, yaitu analisis harmonik pasut dan pemilihan komponen harmonik pasut. Analisis harmonik pasut dimaksudkan untuk mendapatkan besarnya amplitudo (dalam centimeter) dan besarnya fase (dalam derajat) dari setiap konstanta harmonik pasut. Pemilihan komponen harmonik pasut dimaksudkan untuk memilih beberapa komponen harmonik pasut yang akan digunakan dalam penentuan surut astronomis terendah berdasarkan pada Ketentuan Rayleigh.

Proses analisis harmonik pasut dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Matlab* yang dijalankan dengan program *T-Tide*. Prinsip kerja perangkat lunak *T-Tide* berdasarkan pada metode *Least Squares* (kuadrat terkecil) yang merupakan metode analisis harmonik yaitu menguraikan gelombang pasut menjadi beberapa komponen harmonik pasut dimana ketinggian muka air laut yang disebabkan oleh gelombang pasut merupakan hasil penjumlahan dari komponen-komponen gaya pembangkit pasut.

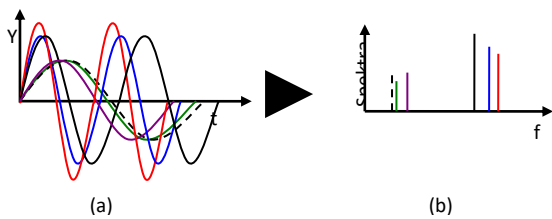
Proses analisis harmonik pasut diawali dengan merubah terlebih dahulu satuan data pasut dari meter menjadi centimeter, kemudian data pasut dikelompokkan berdasarkan urutan waktu pengamatan setiap jam dengan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Office Excel*. Selanjutnya proses dilanjutkan dengan memasukkan data pasut yang telah dikelompokkan ke dalam perangkat lunak *T-Tide* sehingga didapatkan amplitudo (dalam centimeter) dan fase (dalam derajat) serta *Mean Sea Level* (MSL) setiap periode waktu pengamatan.

d. Kriteria Rayleigh

Kedudukan muka air laut sebagai respon dari fenomena pasut terbentuk dari pengaruh

astronomis dan non-astronomis. Bila diasumsikan faktor non-astronomis tidak mempengaruhi fenomena pasut, maka kedudukan muka air laut dapat dinyatakan sebagai superposisi dari komponen astronomis, dan bila diuraikan memiliki bentuk seperti gambar (3.a) yang merupakan fungsi dari tinggi gelombang terhadap waktu, atau dikenal dengan domain waktu.

Kemudian, bila dinyatakan dalam domain frekuensi akan terlihat komponen yang membentuknya yang merupakan fungsi dari kekuatan sinyal komponen (spektra) terhadap frekuensi komponen tersebut (gambar 3 b).



Gambar 1 Representasi dari suatu sinyal

Untuk memperoleh komponen pasut tersebut diperlukan pengamatan terhadap kedudukan muka air laut dengan interval dan panjang pengamatan tertentu. Dalam analisis harmonik pasut, khususnya dengan menggunakan metode kuadrat terkecil, akan melibatkan sejumlah komponen yang memiliki frekuensi tertentu.

Terdapat ratusan komponen pasut dengan spesies yang berbeda, yang umumnya digolongkan menjadi spesies diurnal, semi-diurnal, periode panjang, dan komponen perairan dangkal. Dalam penelitian ini, interval data pengamatan adalah satu jam, sedangkan panjang data bervariasi dari satu bulan hingga satu tahun. Setelah kriteria di atas diterapkan, maka sejumlah komponen pasut akan terpilih, seperti yang dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

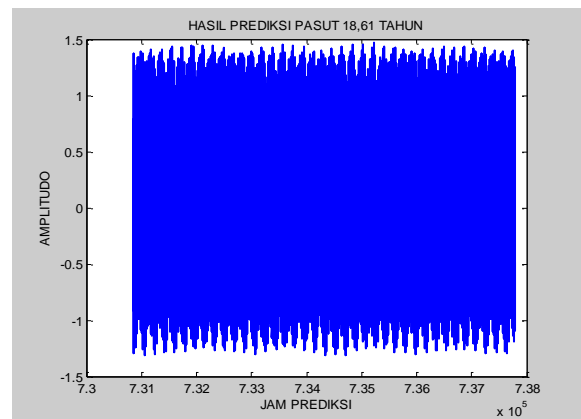
Dengan kata lain, komponen yang dimasukkan harus memiliki kontribusi yang penting terhadap gaya pembangkit pasut, dan panjang pengamatan harus cukup untuk dapat memisahkan komponen tersebut dari komponen pembandingnya. Ukuran kontribusi suatu komponen pasut tercermin dari nilai amplitudo potensial pasut yang dimilikinya.

Panjang Data	Jumlah Komponen
1 bulan	23
3 bulan	31
6 bulan	46
1 tahun	60

Tabel 1 Jumlah Konstanta Pasut

Penentuan nilai LAT yang dilakukan dalam penelitian ini adalah berdasarkan surut terendah dari superposisi komponen harmonik pasut dalam selang waktu 18,6 tahun ((14,6 tahun x 365 hari x 24 jam) + (4 tahun x 366 hari x 24 jam)) = 163032 jam.

Analisis amplitudo setiap komponen harmonik pasut yang bertujuan untuk menentukan bahwa amplitudo minimum setiap komponen harmonik pasut berada pada surut terendahnya karena superposisi dari amplitudo minimum setiap komponen harmonik pasut pada waktu yang bersamaan akan menghasilkan surut terendah maksimum untuk surut astronomis terendah. Penentuan Nilai LAT ini menggunakan bantuan Microsoft Exel dari hasil peramalan pasang surut selama 18.61 tahun.



Gambar 4 Hasil Prediksi Pasut 18,61 Tahun

f. Penentuan Tingkat Signifikansi Nilai LAT  
 Analisis tingkat signifikansi diperoleh dari perbedaan antara hasil hitungan kedudukan nilai LAT data pasut 1 tahun dengan hasil kedudukan nilai LAT dengan variasi data bulanan. Analisis dilakukan dengan menentukan tingkat perbedaan nilai LAT data satu tahun dengan nilai LAT tiap-tiap periode waktu pengamatan. Dari hasil analisis akan diperoleh beberapa tingkat perbedaan yang nantinya dapat diklasifikasikan signifikan (S) atau tidak signifikan (TS). Untuk keperluan analisis tingkat signifikansi hasil hitungan ini, digunakan pendekatan statistik.

Dalam statistik, istilah “signifikansi” biasanya digunakan untuk menunjukkan penyimpangan besar terhadap nilai yang diharapkan pada suatu kejadian karena adanya perubahan akibat pengambilan sampel secara acak (Barry, 1978). Suatu kejadian dikatakan signifikan apabila penyimpangan tersebut lebih besar dari dua kali nilai simpangan baku pengamatan ( $2\sigma$ ). Untuk membandingkan dua atau lebih nilai rata-rata dari serangkaian pengukuran, dapat

digunakan nilai simpangan baku rata-rata ( $\sigma_R$ ). Kesalahan standar dari selisih antara dua nilai rata-rata ( $\sigma_\Delta$ ) dapat diperoleh dari

$$\sigma_\Delta = \sqrt{(\sigma_R^2)_A + (\sigma_R^2)_B}$$

Apabila selisih dua nilai rata-rata lebih besar dari  $2\sigma_\Delta$  maka kedua nilai tersebut berbeda secara signifikan. Persamaan tersebut selanjutnya akan digunakan untuk menentukan tingkat signifikansi perbedaan kedudukan nilai LAT data pengamatan pasut satu tahun dengan kedudukan nilai LAT dengan berbagai variasi data pengamatan kurang dari satu tahun.

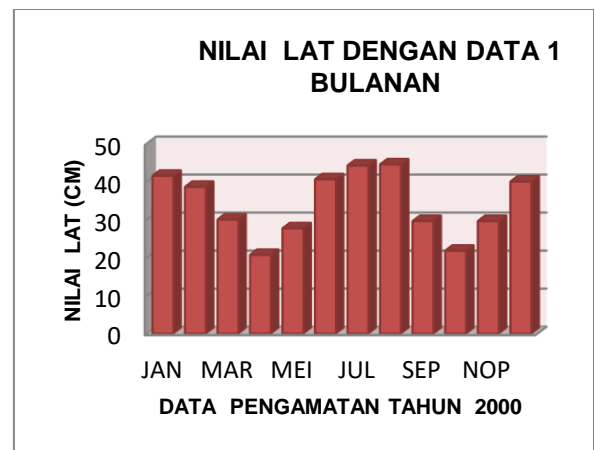
BULAN	LAT (cm) BULANAN	LAT (cm) 1 TAHUN	$\Delta$ LAT (cm)	SIMPANGAN BAKU (x2)	TINGKAT SIGNIFIKAN
1	2	3	4	6	7
JANUARI	41.5	43.3	1.8	1.515	S
FEBRUARI	38.6	43.3	4.7	1.591	S
MARET	30.0	43.3	13.3	1.572	S
APRIL	20.7	43.3	22.6	1.533	S
MEI	27.7	43.3	15.6	1.457	S
JUNI	40.6	43.3	2.7	1.456	S
JULI	44.2	43.3	-0.9	1.516	TS
AGUSTUS	44.5	43.3	-1.2	1.582	TS
SEPTEMBER	29.6	43.3	13.7	1.588	S
OKTOBER	21.8	43.3	21.5	1.544	S
NOPEMBER	29.6	43.3	13.7	1.464	S
DESEMBER	40.0	43.3	3.3	1.468	S

Tabel2Variasi Nilai LAT data satu bulanan

### Hasil Nilai LAT Data Satu Bulanan

Hasil perhitungan prediksi pasut dari superposisi konstanta harmonik pasut dalam selang waktu 18.61 tahun untuk mendapatkan tinggi muka air saat tertentu  $h(t)$  dari air terendah sampai air tertinggi menunjukkan bahwa setiap data variasi bulanan memperoleh kedudukan muka air terendah yang beragam. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh gaya pembangkit pasut setiap waktu mengalami perubahan karena adanya rotasi serta evolusi bumi dan bulan terhadap matahari.

Hasil penentuan nilai LAT dengan variasi data satu bulanan yang diperoleh dari hasil prediksi pasut selama 18.61 tahun dari data bulan januari sampai bulan desember dapat ditunjukkan pada tabel 4.1. Nilai LAT terendah terdapat pada prediksi dengan menggunakan data bulan april tahun 2000 adalah 20.7 cm



Grafik5Variasi Nilai LAT data satu bulan

### Analisis Tingkat Signifikansi Perbedaan Nilai LAT

Dari hasil peramalan pasut dengan data pengamatan periode satu bulanan akan didapatkan nilai variansi ( $\sigma^2$ ), sehingga simpangan baku dari masing-masing data hasil perhitungan dapat kita tentukan. Tingkat signifikansi perbedaan nilai LAT tersebut dapat dilihat pada tabel 4.12. Perbedaan nilai Tidak Signifikan (TS) terjadi pada data pengamatan bulan Juli dan Agustus sedangkan bulan lain tingkat perbedaan LAT nya Signifikan (S).

BULAN	LAT (cm)	MSL (cm)	Z0 (cm)
1	2	3	4
JANUARI	41.5	173	131.5
FEBRUARI	38.6	174	135.4
MARET	30.0	168	138.0
APRIL	20.7	161	140.3
MEI	27.7	159	131.3
JUNI	40.6	165	124.4
JULI	44.2	172	127.8
AGUSTUS	44.5	174	129.5
SEPTEMBER	29.6	168	138.4
OKTOBER	21.8	161	139.2
NOPEMBER	29.6	160	130.4
DESEMBER	40.0	165	125.0

Tabel3Analisis Tingkat Signifikansi Nilai LAT data satu bulanan

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dapat disimpulkan sebagai berikut Variasi nilai LAT dari berbagai periode pengamatan pasut sebagai berikut

WAKTU PENGAMATAN	LAT TERENDAH (cm)	LAT TERTINGGI (cm)
1	2	3
1 bulanan	20.7	44.5
2 bulanan	27.3	49.9
3 bulanan	32.5	50.4
4 bulanan	33.8	47.1
6 bulanan	46.5	48.5
12 bulanan	43.3	-

Tabel 4 Variasi Nilai LAT

Berdasarkan hasil perhitungan LAT dari berbagai lama waktu pengamatan diperoleh variasi kedudukan LAT terendah sebesar 20.7 cm dan kedudukan LAT tertinggi sebesar 50.4 cm.

Perbedaan nilai LAT data satu tahun dengan nilai LAT tiap-tiap periode waktu pengamatan, setelah dilakukan analisis tingkat signifikansi dengan pendekatan statistik diperoleh tingkat perbedaan yang signifikan, yaitu sebesar 0.9 cm sampai dengan 22.6 cm. Hal ini menunjukkan bahwa dalam penentuan LAT dengan data kurang dari satu tahun belum bisa digunakan untuk penentuan nilai LAT.

Variasi nilai LAT dari berbagai periode pengamatan pasut

WAKTU PENGAMATAN	PERBEDAAN NILAI LAT (cm)	TINGKAT SIGNIFIKANSI
1	2	3
1 bln Vs 1 tahun	(0.9 - 22.6)	S
2 bln Vs 1 tahun	(2.3 - 16.0)	S
3 bln Vs 1 tahun	(5.6 - 10.8)	S
4 bln Vs 1 tahun	(3.3 - 9.5)	S
6 bln Vs 1 tahun	(3.2 - 5.2)	S

Tabel 5 Perbedaan Nilai LAT

## Saran

Perlu dilakukan penelitian mengenai analisis *Lowest Astronomical Tide* (LAT) dengan menggunakan rekaman data pasut yang lebih panjang dari satu tahun untuk mengetahui perbandingannya nilai LAT dengan data satu tahun. Kemudian untuk studi kasus daerah penelitian disarankan dibeberapa tempat untuk mendapatkan analisis spasial.

## Daftar Pustaka

- BAKOSURTANAL. 2010. *Standar Nasional Indonesia (SNI) Survey Hidrografi Menggunakan Singlebeam Echosounder*. Penerbit BAKOSURTANAL. Jakarta.
- Djunarsyah, Eka., 2004, *Analisis Pasut Metode Kuadrat Terkecil*, ITB, Bandung.
- Emery, 1991, *Sea Level Land Level and Tide Gauges*, Springer Verlag GmbH.
- Emery, 1998, *Data analysis Methods in Physical Oceanography*, Second Edition, Elsevier.
- Garrison, 2006, *Essentials of Oceanography*, Sixth Edition, USA.
- Ingham, 1975, *Sea Surveying, Department of Land Surveying*, North East London Polytechnic.
- International Hydrographic Office, 1993. *A Manual on Technical Aspects of the United Nations Convention on the Law of the Sea - 1982*, Special Publication No. 51 (Edisi III), International Hydrographic Bureau, Monaco.
- International Hydrographic Office, (2008), *Standards for Hydrographic Surveys, Special Publication No. 44, 5<sup>th</sup> edition*. Monaco.
- Kurnia Malik. 2012. *Pengolahan Data Pasut Berbasis Lama Pengamatan untuk Penentuan Parameter Pasut dan Chart datum (Studi Kasus Perairan Tarakan)*.
- Markas Besar Tentara Nasional Angk, (2006), *Survei Hidrografi*, Jakartaatan Laut, Jawatan Hidro-Oceanografi
- Poerbandono dan Djunarsyah, E., (2005), *Survei Hidrografi*, Refika Aditama, Bandung.
- Pugh, D. T. 1987. *Tides, Surges and Mean Sea Level*. John Wiles and Sons.
- Rawi, S., (1985), *Pasang Surut*, Diktat Kuliah Pendidikan Survei Laut Rekayasa, ITB-BAKOSURTANAL.
- Rawi, S., (2003), *Teori umum Pasut*, Diktat Kuliah Jurusan Hidro-oseanografi STTAL, Jakarta.
- UKHO.2000, *Significant Dissipation of Tidal Energy in the Deep Ocean Inferred from Satellite data*, Lo