

# PEMBUATAN PROGRAM ANALISA DATA PASANG SURUT 15 HARI MENGUNAKAN METODE PERATAAN KUADRAT TERKECIL

Denny Septian Putra<sup>1</sup>

Hery Purwanto<sup>2</sup>, Silvester Sari Sai<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Institut Teknologi Nasional Malang, <sup>2</sup>Dosen Pembimbing I, <sup>3</sup>Dosen Pembimbing II

Email: [denny.fathuara@gmail.com](mailto:denny.fathuara@gmail.com)

## ABSTRAK

Pasang surut (pasut) laut merupakan gerakan naik turunnya permukaan air laut yang disebabkan gaya tarik menarik antara bumi–bulan–matahari. Selain hal tersebut meteorologis dan oseanografi juga ikut berperan dalam pembentukan karakteristik pasang surut. Data pasut diperlukan dalam penentuan muka surutan (*chart datum*) dan penentuan garis dasar (*base lines*). Begitu juga dengan pengukuran di darat yang memerlukan referensi ketinggian muka air laut rata-rata. Dengan demikian analisis pasang surut sangat penting dan perlu dipahami agar dapat membantu kegiatan rekayasa dilaut dan didarat.

Dalam penelitian ini, perhitungan komponen–komponen pasang surut ditentukan dengan menggunakan metode perataan kuadrat terkecil, keunggulan metode ini disamping memberikan nilai parameter dan variansinya, juga tidak tergantung pada lamanya pengamatan. Selama jumlah data pengamatan lebih besar daripada jumlah parameter yang akan ditentukan, semakin lama pengamatan maka nilai simpangan baku dari tiap-tiap komponen yang didapat akan semakin kecil dan komponen yang didapat juga akan semakin banyak.

Proses perhitungan untuk mendapatkan nilai konstanta harmonik pasang surut meliputi duduk tengah ( $S_0$ ), posisi muka surutan (*chart datum*), amplitude ( $A$ ), dan keterlambatan fase ( $g$ ) dari masing-masing konstanta harmonik meliputi:  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $K_1$ ,  $O_1$ , serta analisa jenis pasang surut. Berdasarkan pemahaman yang diperoleh dari teori, rumus dan teknik hitungan daripada analisis harmonik menggunakan teknik kuadrat terkecil, maka penelitian ini bertujuan membuat pemrograman untuk menyelesaikan proses perhitungan data pengamatan pasut 15 hari secara otomatis. Dengan pembuatan program tersebut diharapkan dapat memudahkan pengguna, mengecilkan kesalahan akibat kesalahan manusia, dan efisien dari segi waktu dalam perhitungan analisis.

**Kata kunci:** pasang surut, perataan kuadrat terkecil, 15 hari, pemrograman

## **I. PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Pasang surut (pasut) laut merupakan gerakan naik turunnya permukaan air laut yang disebabkan gaya tarik menarik antara bumi–bulan–matahari.

Rentang waktu pengamatan pasut yang lazim dilakukan untuk keperluan praktis adalah 15 atau 29 piantan (1 piantan = 25 jam). Interval waktu pencatatan atau perekaman tinggi muka air laut biasanya adalah 15, 30 atau 60 menit.

Saat sekarang tercatat banyak konstanta harmonik yang dihitung dalam hubungannya dengan perhitungan pasang surut. Walaupun demikian, konstanta harmonik M2, S2, K1, dan O1 merupakan komponen utama pembangkit pasang surut perairan.

Dengan perkembangan teknologi komputer yang sudah ada sekarang ini, semua perhitungan yang rumit bisa diselesaikan dalam bentuk pemrograman. Oleh karena itu, perhitungan analisis harmonik menggunakan teknik perataan kuadrat terkecil yang melibatkan banyak matriks dan operasi matriks dalam dimensi besar, akan menjadi mudah bila memanfaatkan kecanggihan teknologi komputer.

### **I.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara menghitung komponen-komponen pasang surut dengan menggunakan metode perataan kuadrat terkecil?
2. Pembuatan program analisis perhitungan menggunakan metode perataan kuadrat terkecil

### **I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

#### **1. Tujuan**

Tujuan dalam penelitian ini adalah membuat program menggunakan bahasa pemrograman C++ yang mampu memproses data pengamatan pasang surut 15 hari dengan metode perhitungan perataan kuadrat terkecil untuk menghasilkan nilai komponen-komponen pasang surut.

#### **2. Manfaat**

Adapun manfaat dari hasil pembuatan program diharapkan dapat mempermudah pengolahan data perhitungan pasang surut 15 hari metode perataan kuadrat terkecil, yang nantinya bisa digunakan untuk analisis ataupun pengambilan keputusan yang berkaitan dengan survei hidrografi.

### **I.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan program analisa pasang surut menggunakan bahasa pemrograman C++
2. Data yang digunakan adalah hasil pengamatan pasang surut selama 15 hari
3. Konstanta yang dihitung adalah konstanta utama (M2, S2, O1, dan K1)
4. Metode perhitungan konstanta utama (M2, S2, O1, dan K1) menggunakan metode hitung perataan kuadrat terkecil.
5. Hasil analisa akan dibandingkan dengan hasil analisa program *Total Tide Solution* (TOTIS)

## **II. DASAR TEORI**

### **II.1 Pasang Surut**

Adapun definisi pasang surut adalah peristiwa naik turunnya air laut

disebabkan oleh pergerakan permukaan air laut dalam arah vertikal disertai gerakan horizontal massa air akibat pengaruh gravitasi benda-benda langit terutama bulan dan matahari, dan gejala ini mudah dilihat secara visual (Purwanto, 2005).

## II.2 Jenis-Jenis Pasang Surut

Jenis-jenis pasang surut di setiap tempat dipermukaan bumi tidaklah sama, bergantung pada tempat dimana pasang surut tersebut terjadi. Hal ini disebabkan ketidaksamaan daya tarik bulan dan matahari. Perbandingan antara jumlah amplitude komponen-komponen diurnal  $K_1$  dan  $O_1$  dengan jumlah amplitude komponen-komponen semi diurnal  $M_2$  dan  $S_2$ , perbandingan ini dinyatakan oleh bilangan *formzal* ( $F$ ) dalam hubungan sebagai berikut (Pugh D.T., 1987):

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

1.  $0 < F \leq 0.25$  : Pasang surut harian ganda (*semidiurnal tide*)
2.  $0.25 < F \leq 1.5$  : Pasang surut campuran condong harian ganda (*mixed mainly semidiurnal tide*)
3.  $1.5 < F \leq 3.0$  : Pasang surut campuran condong harian tunggal (*mixed mainly diurnal tide*)
4.  $F > 3.0$  : Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*)

## II.3 Chart Datum

*Chart datum* adalah bidang permukaan acuan pada suatu perairan yang didefinisikan terletak dibawah permukaan air laut terendah yang mungkin terjadi (Basith, 2013). Untuk menentukan *Chart Datum* sistem ISLW digunakan rumus berikut:

$$CD = S_0 - (M_2 + S_2 + K_1 + O_1)$$

## II.4 Metode Analisa Harmonik Kuadrat Terkecil

Metode analisa harmonik merupakan teknik perhitungan yang sangat sesuai untuk menggambarkan lengkungan dari data-data pengamatan pasang surut. Data pengamatan pasang surut akan disusun menjadi aturan fungsi sinus atau kosinus dari suatu fungsi harmonik. Pasang surut dipengaruhi oleh kekuatan periodik, sehingga pasang surut dapat digambarkan sebagai persamaan harmonik. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (Dronkers J.J., 1975):

$$h(t_n) = Z_0 + \sum_{r=1}^k A_r \cos \omega_r t_n + \sum_{r=1}^k B_r \sin \omega_r t_n$$

## II.5 Bahasa Pemrograman C++

C++ diciptakan oleh *Bjarne Stroustrup* dilaboratorium *Bell, AT&T* pada tahun 1983. Bahasa ini bersifat kompatibel dengan bahasa pendahulu C. pada mulanya C++ disebut *a better C*, nama C++ sendiri diberikan oleh *Rick Mascitti* tahun 1983. Adapun tanda ++ berasal dari nama operator penaikan pada bahasa C. C diambil sebagai landasan dari C++ karena keportabilitas C yang memungkinkan diterapkannya ke berbagai mesin, dari PC hingga mainframe, serta pada berbagai sistem operasi (DOS, UNIX, VMS dan sebagainya).

## II.9 Borland C++ Builder

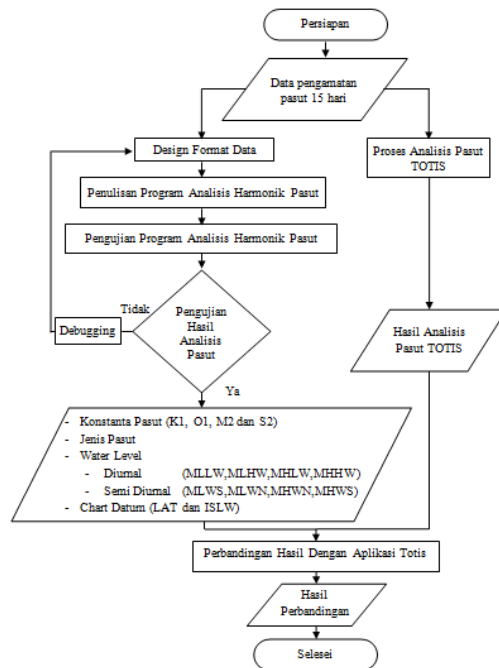
Borland C++ builder adalah suatu alat pengembang aplikasi (*development tool*) berbasis *Microsoft windows* yang menerapkan konsep visualisasi. Borland C++ builder dapat digunakan untuk membuat aplikasi-aplikasi secara cepat, dapat melakukan desain, testing, debugging maupun proses development

aplikasi secara mudah. Bahasa dasar yang digunakan dalam Borland C++ builder adalah bahasa C++.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### III.1 Persiapan

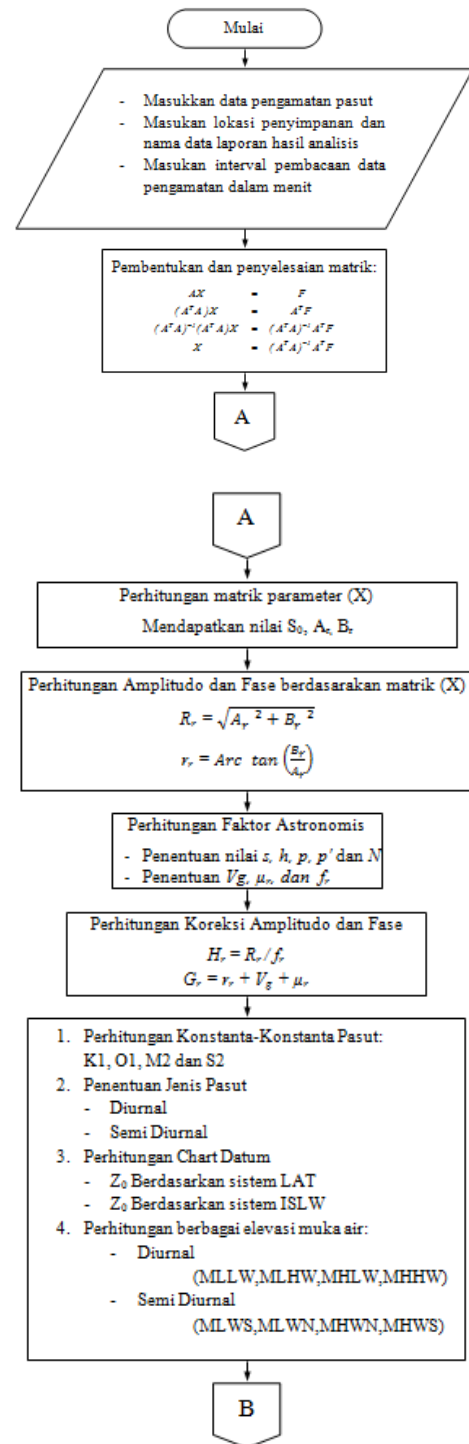
Pada tahap persiapan dilakukan pengumpulan data pengamatan pasut, persiapan program *Integrated Development Environment (IDE)*, penyusunan algoritma program dan perangkat keras untuk penelitian. Adapun gambaran sebagai berikut :

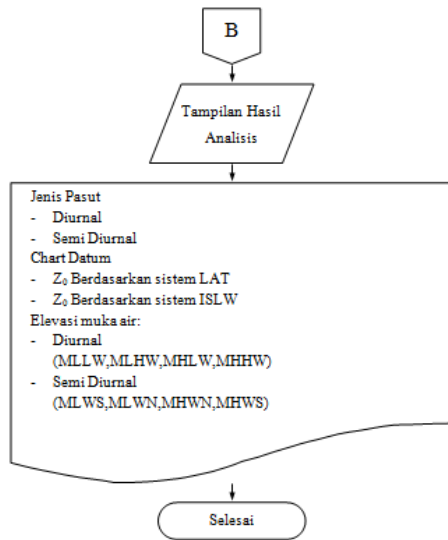


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

#### III.2 Pembuatan Program

Berikut adalah diagram alir dari pemrograman analisa pasang surut 15 hari:



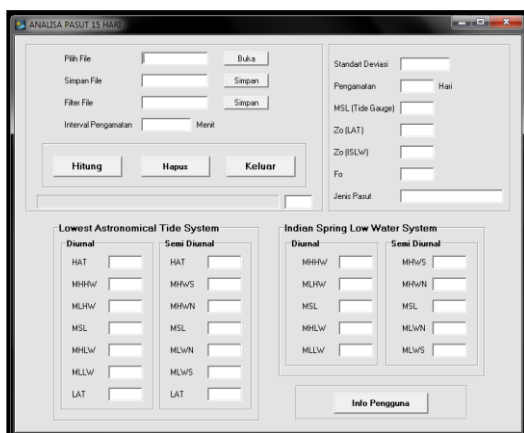


Gambar 3.2 Diagram Alir Penyusunan Program

#### IV. HASIL DAN ANALISA

##### IV.1 Hasil Pembuatan Program

Pada penelitian ini dihasilkan suatu program perhitungan analisa pasang surut 15 hari menggunakan hitung perataan kuadrat terkecil. Program ini bertujuan untuk memudahkan pengguna di dalam melakukan proses hitung analisa pasang surut 15 hari. Oleh karena itu bentuk tampilan program ini dibuat sederhana untuk memudahkan pengguna.

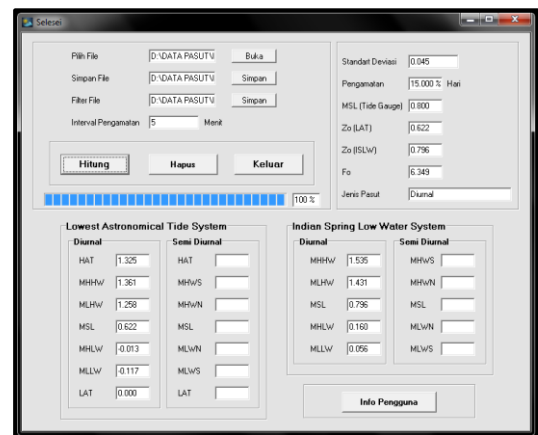


Gambar 4.1 Tampilan Menu Utama Program

#### IV.2 Hasil Analisa Program

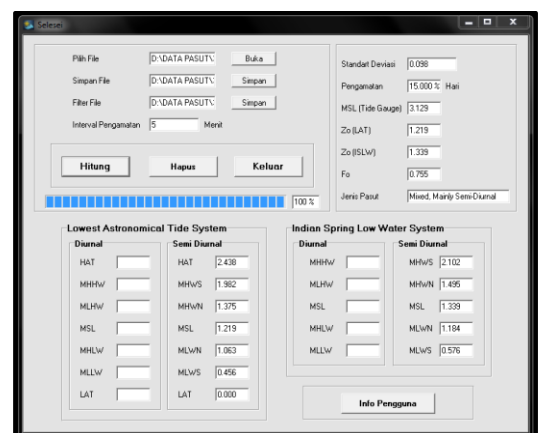
Analisa hasil perhitungan yang dihasilkan oleh program berdasarkan data yang diperoleh dari beberapa data pengamatan pasang surut yang mempunyai jenis pasut yang berbeda yaitu:

1. Data pengamatan pasut di LOTT Ds. Sedayulawas, Kec. Brondong, Kab. Lamongan – Jawa Timur.



Gambar 4.2 Tampilan Hasil Program LOTT

2. Data pengamatan pasut di Selat Madura, Kec. Kenjeran, Kota Surabaya – Jawa Timur.



Gambar 4.3 Tampilan Hasil Program Selat Madura

### IV.3 Perbandingan Hasil Analisa Program Dengan Totis Berdasarkan Jenis

Dari hasil hitungan analisa yang diperoleh dari program pada lokasi LOTT, Kab. Lamongan dan Selat Madura, Kota Surabaya. Didapatkan hasil jenis pasut yang berbeda yaitu Diurnal dan Semi Diurnal. Hasil dari analisa pasut akan dibandingkan berdasarkan jenis pasut dengan aplikasi Totis:

Tabel 4.1 Perbandingan Chart Datum dan Standart Deviasi Jenis Pasut Diurnal

Nama Program	Chart Datum (ISLW)	Chart Datum (LAT)	F	Jenis Pasang Surut	Standart Deviasi	Waktu Pengamatan
Program	0.796	0.622	6.349	Diurnal	0.045	15 Hari
Totis	0.795	0.645	6.343	Diurnal	0.035	15 Hari
Selisih	0.001	-0.023	0.014		0.010	

Tabel 4.2 Perbandingan Nilai Konstanta Utama Jenis Pasut Diurnal

Nama Program	O1		K1		M2		S2	
	A (m)	g (°)	A (m)	g (°)	A (m)	g (°)	A (m)	g (°)
Program	0.251	235.065	0.436	294.855	0.052	133.958	0.056	347.125
Totis	0.252	242.011	0.435	294.727	0.052	133.967	0.056	347.136
Selisih	-0.001	-6.946	0.001	0.128	0.000	0.009	0.000	-0.011

Tabel 4.3 Perbandingan Nilai Water Level Sistem ISLW Jenis Pasut Diurnal

Nama Program	Diurnal				
	MLLW	MHLW	MSL	MLHW	MHHW
Program	0.056	0.160	0.796	1.431	1.535
Totis	0.056	0.160	0.795	1.431	1.534
Selisih	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001

Tabel 4.4 Perbandingan Nilai Water Level Sistem LAT Jenis Pasut Diurnal

Nama Program	LAT	Diurnal					HAT
		MLLW	MHLW	MSL	MLHW	MHHW	
Program	0.000	-0.117	-0.013	0.622	1.258	1.361	1.325
Totis	0.000	-0.094	0.010	0.645	1.280	1.384	1.332
Selisih	0.000	-0.023	-0.003	-0.023	-0.022	-0.023	-0.007

Berdasarkan nilai selisih dari Tabel 4.1 menunjukkan perbandingan *chart datum* dengan sistem ISLW yang diperoleh program dan Totis mempunyai selisih 0.001 meter, sedangkan untuk *chart datum* dengan sistem LAT antara program dan Totis mempunyai selisih -0.023 meter. Jenis pasang surut yang dihasilkan sama yaitu *diurnal* meskipun nilai F mempunyai selisih 0.014 meter tetapi nilai F antara program dan totis  $F > 3.0$ . *Standart*

*deviasi* yang diperoleh Totis lebih baik dari pada yang diperoleh oleh program, dikarenakan disini totis menggunakan 15 konstanta sedangkan program hanya 4 konstanta utama. Selisih dari nilai konstanta program dan Totis adalah -0.001 meter hingga 0.001 meter. Nilai *water level* dengan sistem LAT mempunyai selisih antara -0.023 meter sampai 0.000 meter. Dan nilai *water level* dengan sistem ISLW mempunyai selisih antara 0.000 meter sampai 0.001 meter.

Tabel 4.5 Perbandingan Chart Datum dan Standart Deviasi Jenis Pasut Semi Diurnal

Nama Program	Chart Datum (ISLW)	Chart Datum (LAT)	F	Jenis Pasang Surut	Standart Deviasi	Waktu Pengamatan
Program	1.339	1.219	0.755	Mixed Mainly Semi-Diurnal	0.098	15 Hari
Totis	1.358	1.401	0.776	Mixed Mainly Semi-Diurnal	0.066	15 Hari
Selisih	-0.019	-0.182	-0.021		0.032	

Tabel 4.6 Perbandingan Nilai Konstanta Utama Jenis Pasut Semi Diurnal

Nama Program	O1		K1		M2		S2	
	A (m)	g (°)	A (m)	g (°)	A (m)	g (°)	A (m)	g (°)
Program	0.268	247.810	0.308	320.814	0.459	325.468	0.304	335.829
Totis	0.277	254.166	0.316	322.194	0.460	325.426	0.305	335.753
Selisih	-0.009	-6.356	-0.008	-1.380	-0.001	0.042	-0.001	0.076

Tabel 4.7 Perbandingan Nilai Water Level Sistem ISLW Jenis Pasut Semi Diurnal

Nama Program	Mixed Mainly Semi-Diurnal				
	MLWS	MLWN	MSL	MHWN	MHWS
Program	0.576	1.184	1.339	1.495	2.102
Totis	0.593	1.202	1.358	1.514	2.123
Selisih	-0.017	-0.018	-0.019	-0.019	-0.021

Tabel 4.8 Perbandingan Nilai Water Level Sistem LAT Jenis Pasut Semi Diurnal

Nama Program	LAT	Mixed Mainly Semi-Diurnal					HAT
		MLWS	MLWN	MSL	MHWN	MHWS	
Program	0.000	0.456	1.063	1.219	1.375	1.982	2.438
Totis	0.000	0.636	1.246	1.401	1.557	2.166	2.622
Selisih	0.000	-0.180	-0.183	-0.182	-0.182	-0.184	-0.184

Perbandingan nilai hasil analisa pada data jenis pasang surut semi diurnal adalah -0.019 meter untuk selisih *chart datum* dengan sistem ISLW. Sedangkan untuk *chart datum* dengan sistem LAT adalah -0.182 meter. nilai F mempunyai selisih -0.021 meter dengan jenis pasut sama *Mixed Mainly Semi-Diurnal*. Nilai *standart*

*deviasi* dari Totis juga lebih baik dari program dengan selisih 0.032 meter lebih kecil. Nilai konstanta utama mempunyai selisih antara -0.009 meter sampai -0.001 meter. Nilai *water level* dengan sistem LAT mempunyai selisih yang cukup besar yaitu antara -0.184 meter sampai 0.000 meter. ini dikarenakan sistem ISLW mengacu pada data pengukuran untuk menghitung nilai *Water level*, sedangkan LAT lebih menggunakan nilai konstanta untuk melakukan prediksi. Dan nilai *water level* dengan sistem ISLW mempunyai selisih antara -0.017 meter sampai -0.021 meter.

#### IV.4 Perbandingan Hasil Analisa Berdasarkan Model Matematik Pasut Antara Totis dan Program

Pada tahap perbandingan hasil analisa berdasarkan model matematik dari hasil program dan totis dilakukan berdasarkan jenis pasut diurnal dan semi diurnal serta dilakukan perbandingan dengan interval pengamatan 5 menit, 30 menit dan 60 menit.

Tabel 4.15 Rumusan Persentase Selisih hasil Matematik Totis dan Program Jenis Pasut Diurnal

PERBANDINGAN SELISIH DATA MODEL MATEMATIK PASUT JENIS DIURNAL						
INTERVAL	$X \leq \sigma$ (%)	$1\sigma < X \leq 2\sigma$ (%)	$X > 2\sigma$ (%)	$X \leq 2\sigma$ (%)	STANDART DEVIASI ( $\sigma$ ) (meter)	JUMLAH DATA
Interval 5 Menit	78.73%	21.04%	0.23%	99.77%	$\pm 0.045$	4321
Interval 30 Menit	80.03%	19.97%	0.00%	100.00%	$\pm 0.046$	721
Interval 60 Menit	79.22%	20.78%	0.00%	100.00%	$\pm 0.046$	361

Tabel 4.16 Rumusan Persentase Selisih hasil Matematik Totis dan Program Jenis Pasut Semi Diurnal

PERBANDINGAN SELISIH DATA MODEL MATEMATIK PASUT JENIS SEMI DIURNAL						
INTERVAL	$X \leq \sigma$ (%)	$1\sigma < X \leq 2\sigma$ (%)	$X > 2\sigma$ (%)	$X \leq 2\sigma$ (%)	STANDART DEVIASI ( $\sigma$ ) (meter)	JUMLAH DATA
Interval 5 Menit	69.61%	25.53%	4.86%	95.14%	$\pm 0.098$	4321
Interval 30 Menit	69.35%	26.07%	4.58%	95.42%	$\pm 0.098$	721
Interval 60 Menit	69.81%	25.21%	4.99%	95.02%	$\pm 0.099$	361

Berdasarkan hasil analisa keseluruhan perbandingan model matematik pasut setiap interval 5 menit, 30 menit dan 60 menit pada jenis pasut diurnal maupun semi diurnal dapat disimpulkan bahwa kerapatan data berbanding lurus dengan nilai ketelitian. Sedangkan dibandingkan antara dua jenis pasut nilai ketelitian data lebih baik pada jenis pasut diurnal dari pada jenis pasut semi diurnal.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### V.1 Kesimpulan

1. Hasil perbandingan nilai *chart datum* dan *water level position* pada jenis pasut diurnal menunjukkan hasil yang sangat baik karena selisih masih dibawah 0.100 meter.
2. Hasil perbandingan Program dengan Totis untuk jenis pasut semi diurnal masih belum memenuhi hasil yang baik, karena selisih nilai *chart datum* dan *water level position* masih diatas 0.100 meter.

### V.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan maka dapat diambil saran sebagai berikut:

1. Jumlah konstanta harmonik pasang surut sangat berpengaruh terhadap ketelitian hasil pengolahan data. Sehingga semakin baik jika konstanta harmonik pasut lebih banyak.
2. Menambahkan data input untuk data pengamatan lebih dari 15 hari.
3. Selain analisa pasut juga perlu untuk menambahkan perhitungan

prediksi pasut untuk penyempurnaan program.

4. Hasil laporan program mampu mengeluarkan laporan berupa grafik posisi dan nilai *water level*, sehingga mempermudah pengguna untuk memahami posisi *water level*.

#### **Daftar Pustaka**

Doodson, A.T. (1957). *The Analysis and Prediction of Tides in Shallow Water*. Liverpool Observatory and Tidal Institute: Extract from International Hydrographic Review, Special Publication 41.

Dronkers J.J. (1975). *Tidal Theory and Computation*. New York San Francisco London: Advances in Hydrosience, Vol 10, Academic Press, Inc.

Dronkers, J.J. (1964). *Tidal Computation in River and Coastal Water*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company.

Greats Company, 2016. Totis Software, URL:<http://www.totis.xyz>

Horton, Ivor, (2010), *Beginning Visual C++ 2010*, Wiley Publishing, Indianapolis.

Kurniadi, D. (2013). *Pemrograman Borland C++ Builder 6 Revisi Ketiga*. Garut : Amik Garut.

Muhidin, Asep. (2010). *Pemrograman Bahasa C++*. Bekasi: Zeyrank Offset.

Purwanto, Hery. (2005). *Analisis Pasang Surut dengan Kaedah Harmonik Menggunakan Pelarasan Kuasa Dua Terkecil*.

Malaysia: Universiti Teknologi Malaysia.

Pariwono, J.I. (1989). *Gaya Penggerak Pasang Surut. Dalam Pasang Surut*. Jakarta. LIPI.

Suprpto, Totok Sukardiyono, dkk. 2008. *Bahasa Pemrograman, Buku SMK*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.