

Pengujian Ketelitian Hasil Pengamatan Pasang Surut dengan Sensor Ultrasonik (Studi Kasus: Desa Ujung Alang, Kampung Laut, Cilacap)

Dedy Kurniawan¹, Yuwono^{1,2}, dan Nazib Faizal²

¹Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

² Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan,
Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
Jl. A. H. Nasution No. 264 Bandung Indonesia

e-mail: yuwono@geodesy.its.ac.id; nazib.faizal@pusjatan.pu.go.id

Abstrak—Teknologi untuk melakukan pengamatan pasang surut dewasa ini sudah meningkat dengan ditemukannya berbagai sensor yang dapat melakukan pengamatan pasang surut secara otomatis. Pembuatan stasiun pengamatan pasang surut otomatis permanen diseluruh perairan Indonesia tentunya memerlukan biaya yang besar sehingga dalam tugas akhir ini dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui ketelitian data pengamatan dan komponen pasang surut yang dihasilkan oleh alat pengamat pasang surut otomatis menggunakan sensor ultrasonik yang lebih murah. Penelitian ini menggunakan data pengamatan pasang surut dengan palem ukur untuk menguji data pengamatan pasang surut menggunakan sensor ultrasonik. Pengambilan data primer pengamatan pasang surut dilakukan selama 15 piantan di Perairan Laguna Segara Anakan, tepatnya di Desa Ujung Alang, Kampung Laut Cilacap. Analisis ketelitian terhadap data pengamatan pasang surut menggunakan sensor ultrasonik memberikan nilai RMSE 0,049 m dari datapengamatan menggunakan palemukur. Sedangkan kompoonen harmonik pasang surut yang dihasilkan memiliki RMSE 0,022 m untuk komponen amplitudo dan 4,8570 untuk komponen fase. Selisih nilai referensi vertikal yang dihasilkan oleh komponen harmonik pasang surut pengamatan pasang surut menggunakan sensor ultrasonik adalah -0,041m (MSL), -0,004 m (HHWL) dan -0,079 m (LLWL).

Kata Kunci—Pengamatan Pasang Surut, Komponen Harmonik Pasang Surut, Sensor Ultrasonik, Uji Ketelitian.

I. PENDAHULUAN

MEMPERHATIKAN pentingnya Pulau Nusa Kambangan bagi Masyarakat Desa Ujung Alang, khususnya sebagai penyuplai air tawar untuk dikonsumsi, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat melalui Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan (PUSJATAN) mengembangkan penelitian jembatan apung untuk menghubungkan Desa Ujung Alang dengan Pulau Nusa Kambangan [1]. Kestabilan, tingkat kemiringan sisi serta tinggi bagian bawah jembatan dari permukaan air sungai sangat dipengaruhi oleh pasang surut perairan di bawahnya, sehingga informasi kondisi pasang surut yang cepat, akurat dan kontinyu nantinya sangat diperlukan oleh pengguna

jembatan apung yang melintang di atas Laguna Segara Anakan ini. Teknologi pengamatan pasang surut dewasa ini sudah meningkat dengan ditemukannya berbagai sensor yang dapat melakukan pengamatan pasang surut otomatis.

Pasang surut sangat berguna untuk menentukan kerangka kontrol vertikal dalam pengukuran posisi suatu titik di permukaan Bumi [2], khususnya pada struktur bangunan-bangunan di daerah perairan dan pesisir. Teknologi untuk melakukan pengamatan pasang surut dewasa ini sudah meningkat dengan ditemukannya berbagai sensor yang dapat melakukan pengamatan pasang surut secara otomatis. Dewasa ini Badan Informasi Geospasial telah memiliki stasiun pengamat pasang surut otomatis pada 128 titik di seluruh indonesia [3]. Sayangnya, stasiun pasang surut permanen tersebut hanya terletak pada pelabuhan-pelabuhan besar dan beberapa pantai di Indonesia, padahal 2/3 total luas Indonesia adalah perairan. Pembuatan stasiun pengamatan pasang surut otomatis diseluruh perairan tentunya memerlukan biaya yang besar.

Menurut penelitian [4], Sensor Ultrasonik dapat digunakan untuk melakukan monitoring pasang surut perairan karena dapat melakukan perhitungan jarak antara sensor dan bidang pantul gelombang dengan perekaman otomatis. Sehingga pada penelitian ini dilakukan uji ketelitian pengamatan pasang surut antara metode sederhana menggunakan palem ukur dengan metode otomatis menggunakan sensor ultrasonik.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Lokasi dan Peralatan Penelitian

Lokasi yang dipilih untuk melakukan penelitian ini adalah di Desa Ujung Alang yang merupakan lokasi rencana pembangunan Jembatan Apung yang melintang diatas Sungai Segara Anakan. Desa Ujung Alang secara administratif terletak di Kecamatan Kampung Laut, Kabupaten Cilacap.

Pemilihan lokasi tersebut dimaksudkan agar alat pengamat pasang surut ini nantinya dapat dikembangkan sebagai instrumen pelengkap pada jembatan apung yang nantinya

dibangun oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat di Desa Ujung Alang. Gambar 1 menyajikan citra satelit lokasi pelaksanaan penelitian.

B. Metodologi Penelitian

1) Data

Penelitian ini menggunakan data primer hasil pengamatan pasang surut dengan metode sederhana menggunakan palem ukur serta data pengamatan otomatis menggunakan sensor ultrasonik yang dilakukan selama 15 piantan pengamatan.

2) Konfigurasi Peralatan

Penelitian ini menggunakan data primer pengamatan pasang surut selama 15 piantan menggunakan alat pengamat pasang surut sederhana yaitu menggunakan palem ukur serta alat pengamat pasang surut yang merekam data secara otomatis menggunakan sensor ultrasonik. Instalasi pemasangan alat untuk pengambilan data penelitian disajikan pada Gambar 2.

Selain memperhatikan aspek penting pemilihan lokasi pengamatan pasang surut, konfigurasi diatas juga perlu memperhatikan sumber energi terdekat serta pelindung instrumen sensor ultrasonik dari panas matahari dan hujan.

3) Pengujian Ketelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menguji ketelitian data pengamatan pasang surut serta komponen harmonik yang dihasilkan. Pengujian ketelitian terhadap data pengamatan mengasumsikan data pengamatan pasang surut dari palem ukur sebagai data yang benar dan data pasang surut yang menggunakan sensor ultrasonik diasumsikan sebagai data pengukuran yang memiliki kesalahan. Sedangkan pengujian ketelitian terhadap komponen harmonik yang dihasilkan dari proses analisis harmonik dua data pengamatan dilakukan dengan menentukan selisih data, RMSE dan Selisih nilai referensi elevasi yang dihasilkan (MSL, HHWL dan LLWL). RMSE dihitung dengan persamaan 1 [5] dan nilai referensi vertikal dihitung dengan persamaan pada Tabel 1 [6].

$$RMSE = \sqrt{\sum} \quad (1)$$

Dimana:

RMSE = Root Mean Square Error

n = Jumlah Data

yu = Data Pengukuran

yt = Data yang Dianggap Benar

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Data Pengamatan Pasang Surut

Data pengamatan pasang surut yang didapatkan terbagi dalam 2 bentuk, yaitu data hardfile yang merupakan hasil pengamatan pasang surut menggunakan palem ukur yang dicatat manual pada form ukur serta data softfile yang merupakan hasil perekaman otomatis oleh alat pengamat yang menggunakan sensor ultrasonik. Kedua data tersebut selanjutnya dimasukkan dalam perangkat lunak Microsoft Excel untuk selanjutnya diolah. Grafik pasang surut yang dihasilkan oleh dua pengamatan tersebut selanjutnya di tumpang susunkan (overlay), sebagaimana didisajikan pada

Gambar 3. Grafik tersebut menunjukkan bahwa grafik pasang surut yang dihasilkan dari pengamatan pasang surut dengan menggunakan sensor ultrasonik dan palem ukur memiliki kecenderungan grafik yang sama. Data pengamatan pasang surut menggunakan sensor ultrasonik memiliki selisih tertinggi dengan data palem ukur senilai 0,090 m, dengan rata-rata selisih data senilai 0,050 m.

B. Nilai Ketelitian Data Pengamatan

Data pasang surut hasil perekaman menggunakan sensor ultrasonik diasumsikan sebagai data pengukuran, sedangkan data pasang surut hasil pengamatan menggunakan palem ukur diasumsikan sebagai data yang benar. Perhitungan root mean square error (RMSE) menghasilkan nilai 0,049 m atau 4,9 cm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa data pengamatan pasang surut yang dihasilkan oleh sensor ultrasonik memiliki ketelitian yang baik.

C. Analisis Komponen Harmonik Pasang Surut

Analisis Harmonik pasang surut bertujuan untuk memperoleh komponen harmonik pasang surut berupa nilai amplitudo dan fase dari data hasil pengamatan [2]. Nilai komponen harmonik tersebut selanjutnya dapat digunakan untuk memperoleh jenis pasang surut serta elevasi muka air pada daerah pengamatan. Perhitungan komponen pasut dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel, dengan metode Least Square. Hasil Komponen harmonik dari dua data pengamatan pasang surut disajikan pada Tabel 2.

D. Pengujian Ketelitian Komponen Harmonik Pasang Surut

1) Selisih Komponen Harmonik Pasang Surut

Hasil perhitungan komponen harmonik pasang surut dari dua data pengamatan yaitu data pengamatan pasang surut memiliki selisih seperti disajikan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3 menunjukkan bahwa amplitudo komponen harmonik pasut dari dua jenis data pengamatan pasang surut yang memiliki selisih paling tinggi adalah komponen S0 (muka laut rata-rata), yaitu sebesar 0,041 m.

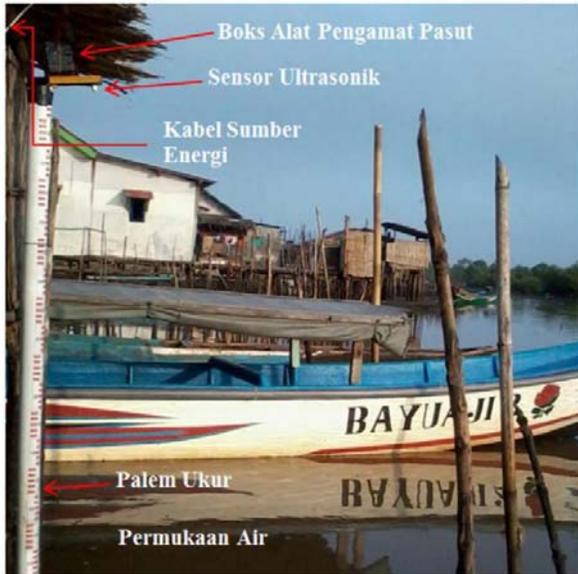
Tabel 4 menunjukkan bahwa Fase komponen harmonik pasut dari dua jenis data pengamatan pasang surut yang memiliki selisih paling tinggi adalah komponen OI yaitu sebesar 10,640o. Sedangkan fase komponen yang memiliki selisih terendah adalah komponen M2 yaitu sebesar 0,433o.

2) Nilai Ketelitian Komponen Harmonik

Komponen harmonik pasang surut hasil perekaman menggunakan sensor ultrasonik diasumsikan sebagai data pengukuran, sedangkan komponen harmonik pasang surut hasil pengamatan menggunakan palem ukur diasumsikan



Gambar. 1. Citra Satelit Daerah Pemukiman Desa Ujung Alang, Kampung Laut, Cilacap (maps.google.com)



Gambar. 2. Instalasi Pemasangan Alat Pengamat Pasang Surut Sederhana dan Otomatis



Gambar 4 arah orientasi lokasi pengamatan pasang surut A. Timur, b. Barat, c. Utara, d. Selatan

Tabel 1. Definisi dan Persamaan untuk Meghitung MSL, HHWL dan LLWL

Jenis	Definisi	Persamaan
MSL (Mean Sea Level)	Muka air rata-rata	$MSL=S_0$
HHWL (Highest High Water Level)	Muka air yang tertinggi pada saat pasang purnama atau bulan mati	$HHWL=S_0+(M_2+S_2)+(O_1+K_1)$
LLWL (Lowest Water Level)	Muka air yang terendah pada saat pasang purnama atau bulan mati	$LLWL= S_0-(M_2+S_2)-(O_1+K_1)$

Tabel 2. Nilai Komponen Harmonik Data Pengamatan Menggunakan Palem Ukur

Jenis Komponen	Data Palem Ukur		Data Sensor Ultrasonik	
	Amplitudo (Meter)	Fase (Derajat)	Amplitudo (Meter)	Fase (Derajat)
S ₀	0,783	-	0,824	-
M ₂	0,36	337,989	0,366	338,421
S ₂	0,334	188,228	0,302	185,331
N ₂	0,043	110,204	0,039	107,253
K ₂	0,491	348,411	0,459	346,068
K ₁	0,339	175,088	0,328	170,656
O ₁	0,044	226,955	0,044	237,596
P ₁	0,249	21,343	0,232	16,758
M ₄	0,066	168,276	0,065	169,069
MS ₄	0,04	175,331	0,042	171,951

Tabel 3. Selisih Komponen Amplitudo 2 Data Pengamatan

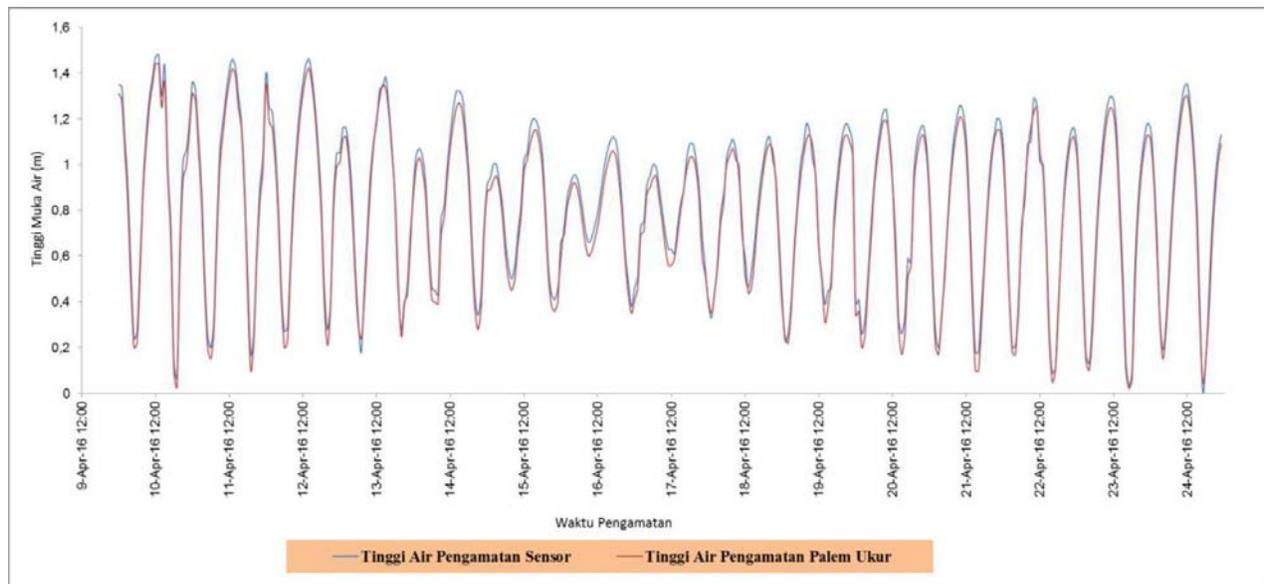
Jenis Konstanta Harmonik	Amplitudo Data		Selisih (m)
	Palem Ukur (m)	Sensor (m)	
S ₀	0,783	0,824	0,041
M ₂	0,36	0,366	0,006
S ₂	0,334	0,302	-0,032
N ₂	0,043	0,039	-0,004
K ₂	0,491	0,459	-0,032
K ₁	0,339	0,328	-0,011
O ₁	0,044	0,044	0,001
P ₁	0,249	0,232	-0,017
M ₄	0,066	0,065	-0,002
MS ₄	0,04	0,042	0,002

Tabel 4. Selisih Komponen Fase 2 Data Pengamatan

Jenis Komponen	Fase Data	Fase Data	Selisih (Derajat)
	Palem Ukur (Derajat)	Sensor (Derajat)	
M ₂	337,989	338,421	0,433
S ₂	188,228	185,331	-2,897
N ₂	110,204	107,253	-2,951
K ₂	348,411	346,068	-2,343
K ₁	175,088	170,656	-4,432
O ₁	226,955	237,596	10,640
P ₁	21,343	16,758	-4,585
M ₄	168,276	169,069	0,793
MS ₄	175,331	171,951	-3,380

Tabel 5. Perbandingan Nilai Referensi Vertikal

Jenis	Nilai Referensi Vertikal (m)		
	Palem	Sensor	Selisih
MSL	0,783	0,824	-0,041
HHWL	1,860	1,864	-0,004
LLWL	-0,295	-0,216	-0,079



Gambar 3. Tumpang Susun (Overlay) Grafik Pasang Surut Dari 2 Metode Pengamatan

sebagai data yang benar. Perhitungan root mean square error (RMSE) menghasilkan nilai 0,022 m untuk komponen amplitudo dan 4,8570 untuk komponen fase.

A. Perbandingan Nilai Referensi Vertikal

Titik referensi vertikal adalah titik yang digunakan sebagai acuan dalam penentuan posisi tinggi titik-titik yang lain [7]. Salah satu referensi vertikal yang digunakan dalam keperluan geodesi adalah referensi-referensi vertikal hasil analisis terhadap data pengamatan pasang surut [7]. Hasil perhitungan perbandingan 3 jenis referensi vertikal dengan menggunakan komponen-komponen harmonik yang dihasilkan dari dua metode pengamatan, yang selanjutnya disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai referensi vertikal yang dihasilkan oleh pengamatan pasang surut menggunakan sensor ultrasonik cenderung lebih kecil dari nilai referensi vertikal yang dihasilkan oleh pengamatan pasang surut menggunakan palem ukur yaitu dengan selisih -0,041 pada jenis MSL, -

0,004 pada jenis HHWL dan -0,079 pada jenis LLWL.

IV. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang di dapatkan berdasarkan penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

Data pengamatan pasang surut yang dilakukan dengan menggunakan sensor ultrasonik memiliki ketelitian yang baik karena hasil memiliki nilai RMSE = 0,049 m, serta 100% data diterima tanpa outliers dengan standar kesalahan 97,9% (faktor pengali 2,968).

Komponen harmonik pasang surut yang dihasilkan oleh data pengamatan menggunakan sensor ultrasonik memiliki ketelitian yang baik dengan hasil berikut:

Selisih terbesar komponen harmonik pasang surut yang dihasilkan pengamatan pasang surut menggunakan sensor ultrasonik dari komponen harmonik pasang surut yang dihasilkan pengamatan pasang surut menggunakan palem ukur

adalah 0,041 m untuk komponen amplitudo dan 10,640o untuk komponen fase Nilai RMSE untuk komponen amplitudo = 0,022 m, dan 4,8570 untuk komponen fase,

Selisih nilai referensi vertikal yang dihasilkan oleh komponen harmonik pasang surut pengamatan pasang surut menggunakan sensor ultrasonik adalah -0,041m (MSL), -0,004 m (HHWL) dan -0,079 m (LLWL).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis D.K. mengucapkan terima kasih kepada Kemendikbud Republik Indonesia yang sekarang menjadi Kemenristekdikti yang telah memberikan dukungan finansial melalui Beasiswa Bidik Misi kepada penulis tahun 2012-2016, Kepada PUSJATAN yang telah membantu proses perizinan dan pendanaan, serta kepada kedua pembimbing.

LAMPIRAN

Lampiran pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kurniawan, Dedy. 2015. Laporan Kerja Praktik: Pengamatan pasang surut dan arus perairan dalam perencanaan jembatan apung di Ujung Alang, Kampung Laut, Cilacap. Teknik Geomatika ITS. Surabaya.
- [2] Poerbandono dan Djunarsjah, Eka. 2005. Survei Hidrografi. Rafika Tama. Bandung.
- [3] Anonim. 2016. Stasiun Pasang Surut Badan Informasi Geospasial.<URL:<http://bakosurtanal.go.id>>. Dikunjungi pada tanggal 6 April 2016, jam 09.00.
- [4] Arief, Ulfah Mediaty. 2011. Pengujian Sensor Ultrasonik PING untuk Pengukuran Level Ketinggian dan Volume Air. Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang. Semarang
- [5] Furqon, 2007. Analisis Kerapatan VEgetasi Menggunakan Forest Canopy Density (FCD) dan Radar Backscattering Jers-1 SAR. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- [6] Rosdynur, Z. S. 2012. Pekerjaan Survei Hidrografi dan Perencanaan Alur Pelayaran dalam Usaha Transportasi Hasil Pertambangan Batubara. Teknik Geodesi dan Geomatika- Institut Teknologi Bandung. Bandung
- [7] Kahar, Joenil. 2008. Geodesi. Penerbit ITB: Bandung.