

Studi Akurasi Sensor Ultrasonik Tipe US-015 Untuk Pengukuran Pasang Surut Air Laut Daerah Bergelombang

Dwi Nanda Putra Hartoto¹⁾

Romi Fadly²⁾

Ahmad Zakaria³⁾

Abstract

The technology in observing tides has developed, with the discovery of sensors that can make observations of tides automatically. one of the sensors that can be used for tidal observation is an ultrasonic sensor that works based on the principle of ultrasonic waves. Natural phenomena that occur such as sea level waves can affect the accuracy of tidal readings using ultrasonic sensors. This study aims to design an ultrasonic sensor-based tide instrument that can reduce sea wave interference and calculate the accuracy of the reading results of the instrument.

Data collection was observed per 1 second, then the data was divided into several intervals, that is 1 second, 5 minutes, 15 minutes and 30 minutes. The accuracy of the instrument is calculated based on the observed manual data per 30 minute interval, after that the data will be tested for correlation and significance between the variables of closed automatic instrument, automatic open instrument and manual observed. This study produces equipment for automatic tide measurement that can reduce waves with ultrasonic sensors. The results of testing the data from 3 observations obtained accuracy of the closed automatic instrument has better accuracy that is 99.1981%, 99.3007%, 99.3156%.

Keywords: Tides, Ultrasonic sensor, Microcontroller, Arduino uno.

Abstrak

Teknologi dalam melakukan pengamatan pasang surut sudah berkembang, dengan ditemukannya sensor yang dapat melakukan pengamatan pasang surut secara otomatis. Salah satu sensor yang dapat digunakan untuk kegiatan pengamatan pasang surut adalah sensor ultrasonik yang bekerja berdasarkan prinsip gelombang ultrasonik. Fenomena alam yang terjadi seperti gelombang permukaan air laut dapat mempengaruhi ketelitian data hasil bacaan pasang surut menggunakan sensor ultrasonik. Penelitian ini bertujuan merancang alat pasang surut berbasis sensor ultrasonik yang dapat mereduksi gangguan gelombang air laut dan menghitung ketelitian hasil bacaan alat tersebut.

Pengambilan data diamati per 1 detik, lalu data dibagi dalam beberapa interval yaitu 1 detik, 5 menit, 15 menit dan 30 menit. Ketelitian alat dihitung berdasarkan data manual yang diamati per interval 30 menit, setelah itu data akan diuji korelasi dan signifikansi antara variabel alat otomatis tertutup, alat otomatis terbuka dan bacaan manual. Penelitian ini menghasilkan peralatan untuk pengukuran pasang surut air laut otomatis yang dapat mereduksi gelombang air laut berbasis sensor ultrasonik. Hasil pengujian data dari 3 kali pengamatan didapatkan alat pasang surut tertutup memiliki ketelitian yang lebih baik dengan akurasi 99.1981%, 99.3007%, 99.3156%.

Kata kunci : Pasang surut, Sensor ultrasonik, Mikrokontroler, Arduino uno.

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Geodesi Geomatika Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel: dwinandaph10@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Geodesi Geomatika Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. surel: romgd22@yahoo.com

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. surel: ahmadzakaria@unila.ac.id

1. PENDAHULUAN

Wilayah pesisir dapat dimanfaatkan untuk perencanaan dan pengelolaan sumberdaya hayati laut seperti pengembangan potensi perikanan dan sarana pendukungnya. Hal ini dapat diwujudkan apabila sudah terdapat acuan data pendukung mengenai fenomena atau parameter oseanografi. Salah satu parameter oseanografi yang memegang peranan penting adalah fenomena pasang surut air laut (pasut) (Adibrata, 2007). Pengamatan pasut dapat berguna sebagai data untuk penentuan referensi tinggi guna kegiatan pengukuran tinggi suatu titik di permukaan bumi, terutama untuk kegiatan pembangunan di daerah pesisir.

Menurut Fadly (2019), metode pengamatan pasut air laut dapat dilakukan secara manual, akan tetapi rentan terjadi kesalahan pengamatan terutama di malam hari. Selain itu, pengamatan pasut dengan interval pengambilan data yang cepat tanpa henti siang dan malam akan membutuhkan personil yang banyak sehingga tidak efisien.

Perkembangan teknologi sensor ultrasonik dan mikrokontroler seperti arduino, berdampak positif pada pengembangan sensor ultrasonik untuk pengamatan pasut secara realtime dan otomatis. Peralatan pasut otomatis menggunakan sensor ultrasonik sering dimanfaatkan untuk pengamatan pasut air laut, tanpa memperhitungkan pengaruh gelombang/ombak. Untuk daerah yang tenang data bacaan sensor ultrasonik akan sangat baik, akan tetapi jika area pengamatan terpengaruh oleh gelombang/ombak terutama untuk pantai yang terbuka maka bacaan yang terekam akan menjadi bias karena yang terbaca adalah tinggi dari permukaan gelombang/ombak. Berdasarkan permasalahan tersebut maka akan dilakukan perancangan alat ukur pasut air laut otomatis yang dapat mereduksi gangguan gelombang. Rancangan alat tersebut akan diuji ketelitian hasil bacaannya diperairan teluk lampung.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pasut

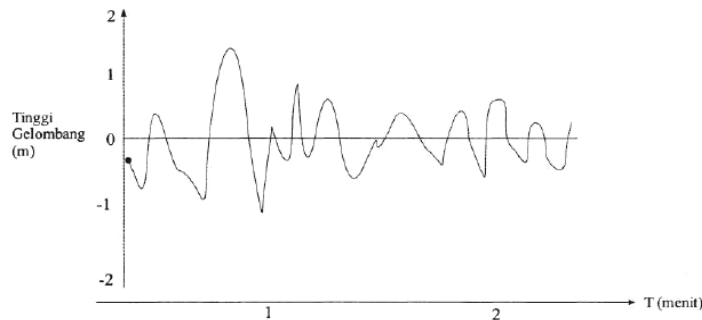
Pasut laut (*ocean tide*) adalah fenomena naik dan turunnya permukaan air laut secara periodik yang disebabkan oleh pengaruh gravitasi benda-benda langit terutama bulan dan matahari. Pengaruh gravitasi benda-benda langit terhadap bumi tidak hanya menyebabkan pasang laut, tetapi juga mengakibatkan perubahan bentuk bumi (*bodily tides*) dan atmosfer (*atmospheric tides*).

Permukaan air laut dipakai sebagai tinggi nol. Kedalaman suatu titik di dasar perairan atau ketinggian titik di pantai mengacu pada permukaan laut yang dianggap sebagai bidang referensi (atau datum) vertikal. Karena posisi muka laut selalu berubah, maka penentuan tinggi nol harus dilakukan dengan merata-ratakan data tinggi muka air yang diamati pada rentang waktu tertentu. Data tinggi muka air pada rentang waktu tertentu juga berguna untuk keperluan peramalan pasut. Analisis data pengamatan tinggi muka air juga akan berguna untuk mengenali karakter pasut dan fenomena lain yang mempengaruhi tinggi muka air laut (Poerbandono dan Djunarsah, 2005).

2.2. Gelombang Laut

Pada hakekatnya fenomena gelombang laut menggambarkan transmisi dari energi dan momentum. Gelombang laut selalu menimbulkan sebuah ayunan air yang bergerak tanpa henti-hentinya pada lapisan permukaan laut dan jarang dalam keadaan sama sekali diam. Hembusan angin sepoi-sepoi pada cuaca yang tenang sekalipun sudah cukup untuk dapat menimbulkan riak gelombang.

Gelombang laut pada umumnya timbul oleh pengaruh angin, walaupun masih ada faktor-faktor lain yang dapat menimbulkan gelombang di laut seperti aktifitas seismic di dasar laut (gempa), letusan gunung api, gerakan kapal, gaya tarik benda angkasa (bulan dan matahari) (Nining, 2002 dalam Azis, 2006). Gelombang laut dapat juga terjadi di lapisan dalam (pada bidang antara dari dua lapisan air yang mempunyai densitas berbeda). Gelombang ini disebut gelombang dalam (internal waves) (Azis, 2006).



Gambar 1. Rekaman gelombang laut.

2.3. Mikrokontroler Arduino Uno

Mikrokontroler arduino uno berfungsi sebagai pusat pengolah data atau dapat dikatakan sebagai CPU (Central Processing Unit), yang mana tugasnya mengolah semua data yang masuk dan data yang keluar.

Arduino uno adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino uno mempunyai 14 pin digital input/output (6 diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator kristal 16 Mhz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset (Ardiansyah, 2013).

Tabel 1. Spesifikasi arduino uno

Sepesifikasi	Keterangan
Mikrokontroler	ATmega328P
Tegangan pengoperasian	5V
Tegangan input (rekomendasi)	7-12V
Batas tegangan input	6-20V
Pin I/O digital	14 (6 diantaranya sebagai output PWM)
Pin digital PWM	6
Pin input analog	6
Arus DC tiap pin I/O	20mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50mA
Flash memory	32 KB (ATmega328P) sekitar 0.5 KB digunakan untuk bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock speed	16 Mhz
LED_BUILTIN	13
Panjang	68,6 mm
Lebar	53,4 mm
Berat	25 g

(sumber: <http://www.labelektronika.com/>)

2.4. Modul RTC DS3231 (Real Time Clock)

RTC (Real Time Clock) merupakan chip IC yang mempunyai fungsi menghitung waktu yang dimulai dari detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, hingga tahun dengan akurat. Untuk menjaga atau menyimpan data waktu yang telah di-ON-kan pada modul terdapat catu daya sendiri yaitu baterai jam kancing, serta keakuratan data waktu yang ditampilkan digunakan osilator kristal eksternal.

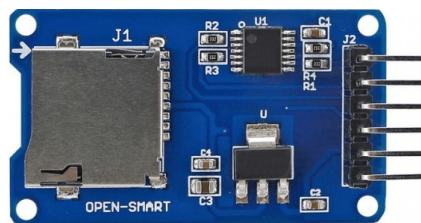
Contoh yang dapat ditemui dalam kehidupan sehari – hari yaitu pada motherboard PC yang biasanya letaknya berdekatan dengan chip BIOS. Difungsikan guna menyimpan sumber informasi waktu terkini sehingga jam akan tetap up to date walaupun computer tersebut dimatikan (Suryanto, 2019).



Gambar 2. RTC DS3231

2.5. Modul Mikro SD

Modul micro SD card merupakan modul untuk mengakses micro SD untuk pembacaan maupun penulisan data dengan menggunakan sistem antarmuka SPI (Serial Parallel Interface). Pengguna arduino langsung dapat menggunakan arduino IDE yang dilengkapi dengan SD card untuk inialisasi program.



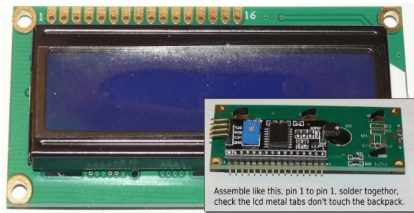
Gambar 3. Mikro SD card

Fitur modul micro SD card adalah sebagai berikut:

1. Mendukung micro SD card dan micro SDHC card
2. Tegangan operasional pada tegangan 5v atau 3.3v
3. Arus operasional yang digunakan yaitu 80mA
4. Menggunakan antarmuka SPI

2.6. Modul LCD (Liquid Crystal Display)

LCD berfungsi menampilkan suatu nilai hasil sensor, menampilkan teks, atau menampilkan menu pada aplikasi mikrokontroler. LCD yang digunakan adalah jenis LCD TWI 1602 dengan I2C. LCD tersebut merupakan modul LCD dengan tampilan 16x2 baris dengan konsumsi daya rendah. Yang dimaksud dengan I2C adalah modul LCD yang dikendalikan secara serial sinkron dengan protokol I2C/IIC (Integrated Circuit) atau TWI (Two Wire Interface).

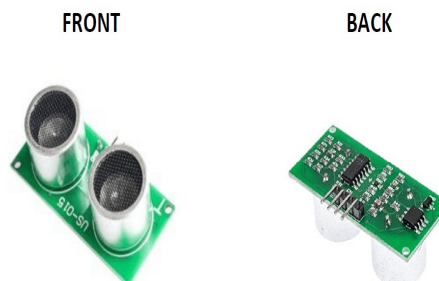


Gambar 4. LCD TWI 1602

2.7. Modul Sensor Ultrasonik

Ultrasonik merupakan suara atau getaran dengan frekuensi yang tinggi yaitu kira-kira di atas 20 KHz. Beberapa hewan seperti lumba-lumba menggunakannya untuk komunikasi, dan untuk kelelawar menggunakan gelombang ultrasonik untuk navigasi. Dalam hal ini, gelombang ultrasonik merupakan gelombang ultra (diatas) frekuensi gelombang suara (sonic). Gelombang ultrasonik dapat merambat pada medium padat, cair dan gas. Reflektivitas dari gelombang ultrasonik dipermukaan cairan hamper sama dengan permukaan padat, tetapi pada tekstil dan busa, maka jenis gelombang ini akan diserap (Kristriantari, 2017).

Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek tertentu di depannya, frekuensi kerjanya pada daerah diatas gelombang suara dari 40 KHz hingga 400 KHz. Sensor ultrasonik terdiri dari dua unit, yaitu unit pemancar dan penerima. Struktur unit pemancar dan penerima sangat sederhana, yaitu sebuah kristal piezoelectric dihubungkan dengan mekanik jangkar dan hanya dihubungkan dengan diafragma penggetar. Tegangan bolak-balik yang memiliki frekuensi kerja hingga 40 KHz hingga 400KHz diberikan pada plat logam (Kristriantari, 2017).



Gambar 5. Sensor ultrasonik US-015

2.8. Korelasi Pearson

Korelasi pearson product moment, yang merupakan pengukuran parametrik, akan menghasilkan koefisien korelasi yang berfungsi untuk mengukur kekuatan hubungan linier antara dua variable. Jika hubungan dua variable tidak linier, maka koefisien korelasi pearson tersebut tidak mencerminkan kekuatan hubungan dua variable yang sedang diteliti, meski kedua variable mempunyai hubungan kuat. Simbol untuk korelasi pearson adalah “p” jika diukur dalam populasi dan “r” jika diukur dalam sampel. Korelasi pearson mempunyai jarak antara -1 sampai dengan +1. Jika koefisien korelasi adalah -1, maka kedua variable yang diteliti mempunyai hubungan linier hubungan linier sempurna negative. Jika koefisien korelasi adalah +1, maka kedua variable yang diteliti mempunyai hubungan linier sempurna positif. Jika koefisien korelasi menunjukkan angka 0, maka tidak terdapat hubungan antara dua variable yang dikaji. Jika hubungan dua variable linier sempurna, maka sebaran data tersebut akan membentuk garis lurus. Sekalipun demikian pada kenyataannya kita akan sulit menemukan data yang dapat membentuk garis linier sempurna.

Data yang digunakan dalam korelasi pearson sebaiknya memenuhi persyaratan, diantaranya adalah: berskala interval/ratio, variable X dan Y harus bersifat independent satu dengan lainnya, variable harus kuantitatif simetris. Asumsi dalam korelasi pearson diantaranya adalah: terdapat hubungan linier antara X dan Y, dapat berdistribusi normal, variable X dan Y simetris. Variable X tidak berfungsi sebagai variable bebas dan Y sebagai variable tergantung, sampling representative, varian kedua variable sama. Rumus untuk korelasi pearson adalah sebagai berikut:

$$\frac{n \cdot \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{n \cdot \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \quad (1)$$

koefisien korelasi ialah pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variable. Besarnya koefisien korelasi berkisar antara +1 sampai -1. Koefisien korelasi menunjukkan kekuatan (strength) hubungan linear dan arah hubungan 2 variabel acak. Jika koefisien korelasi positif, maka kedua variable mempunyai hubungan searah. Artinya jika nilai variable X tinggi, maka nilai variable Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefisien korelasi negatif, maka kedua variable mempunyai hubungan terbalik. Artinya jika nilai variable X tinggi, maka nilai variable Y akan menjadi rendah dan berlaku sebaliknya. Untuk memudahkan melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variable dibuat kriteria sebagai berikut:

Tabel 2. Koefisien korelasi

0	Tidak ada korelasi antara dua variabel
>0 – 0,25	Korelasi sangat lemah
>0,25 – 0,5	Korelasi cukup
>0,5 – 0,75	Korelasi kuat
>0,75 – 0,99	Korelasi sangat kuat
1	Korelasi sempurna

Sumber: Sarwono (2009)

Untuk mengetahui apakah koefisien pearson antar variable signifikan atau tidak, maka dilakukan suatu pengujian. Apabila ukuran sampel besar ($n > 30$) maka digunakan rumus uji Z sebagai berikut (Suyanto & Siswanto, 2018):

$$Z_{hitung} = \frac{r}{\frac{1}{\sqrt{n-1}}} \quad (2)$$

Keterangan:

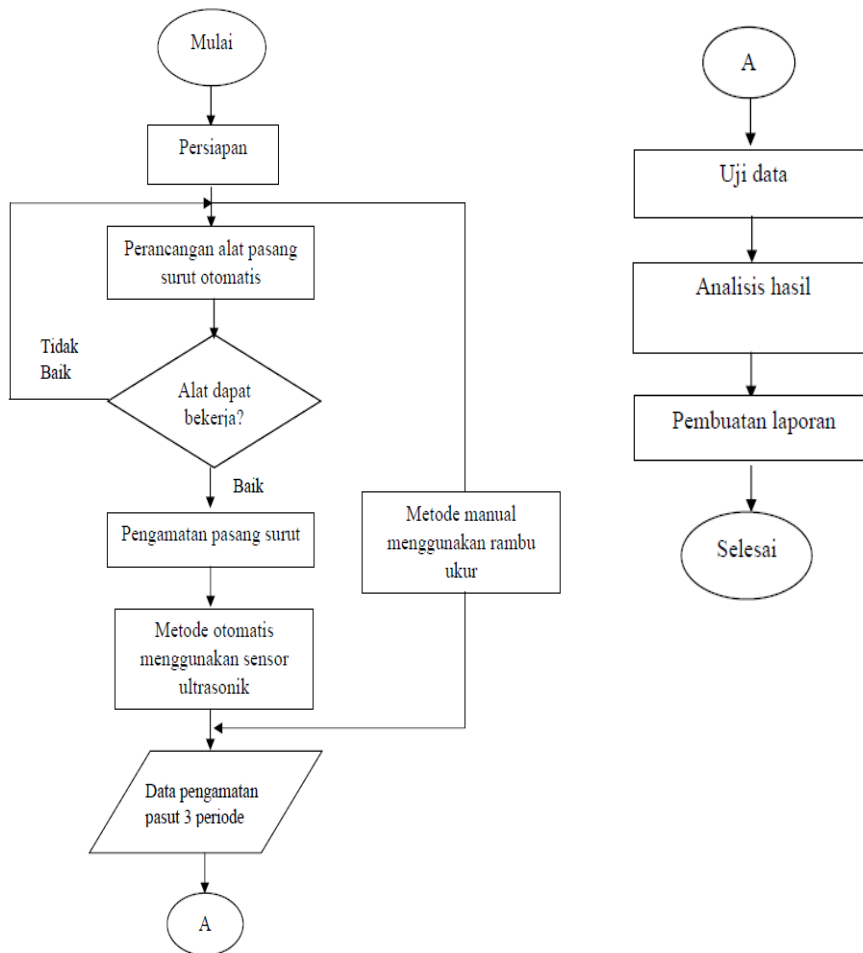
n = jumlah sampel

r = koefisien korelasi

pedoman yang digunakan adalah jika $Z_{hitung} > Z_{tabel}$ (dengan taraf kepercayaan 1% atau 5%), maka korelasi tersebut adalah signifikan.

3. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian ini dapat dijelaskan langkah demi langkah yang dilaksanakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir penelitian

3.1. Tahapan Persiapan

Tahapan persiapan meliputi persiapan administrasi, studi literatur dan perumusan masalah, dan persiapan alat dan bahan untuk pembuatan alat seperti perangkat keras dan perangkat lunak berikut penjelasan masing-masing tahapan persiapan:

3.1.1. Studi literatur dan perumusan masalah

Pelaksanaan kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini dimulai dengan studi literatur dan perumusan masalah dan cara penyelesaiannya. Setelah studi literatur perumusan masalah dilakukan, selanjutnya menyiapkan alat dan bahan.

3.1.2. Peralatan dan bahan yang digunakan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa peralatan antara lain adalah: program aplikasi mikrokontroler dalam hal ini program arduino IDE, 2 buah mikrokontroler arduino uno beserta kabel data USB, 1 buah sensor ultrasonik tipe US-015, 1 buah modul *micro SD card*, 1 buah modul RTC DS3231, 1 buah modul LCD TWI 1602, pipa paralon ukuran diameter 8 inch dengan Panjang 2.8 meter, kabel dan perlengkapan pendukung lainnya.

3.1.3. Persiapan administrasi

Persiapan administrasi meliputi persiapan yang berkaitan dengan izin dan surat rekomendasi untuk melakukan penelitian di salah satu pelabuhan rakyat di wilayah tarahan lampung selatan. Dalam hal ini penelitian akan dilakukan di pelabuhan sebalang lampung selatan.

3.2. Perancangan Alat Pasut

Pada tahap ini dilakukan untuk perancangan alat pasang surut otomatis dengan menggunakan sensor ultrasonik US-015. Perancangan alat menggunakan mikrokontroler Arduino uno R3 dengan processor ATmega328 DIP dan didukung oleh modul RTC (Real Time Clock), modul Micro SD Card, modul LCD 16x2, modul sensor ultrasonik US-015. Rangkaian alat semua modul diintegrasikan ke dalam processor mikrokontroller Arduino uno.

Setelah semua modul terpasang pada mikrokontroller, selanjutnya membuat kode program menjalankan masing-masing modul yang telah dirangkai, dengan program aplikasi Arduino IDE versi 1.8.8. setelah pemrograman selesai, selanjutnya diupload kedalam mikrokontroller arduino uno.

3.3. Pengujian Alat di Laboratorium

Pengujian alat dilakukan untuk memastikan alat telah bekerja dengan baik. Komponen alat yang diuji adalah semua modul yang terpasang di dalam mikrokontroller, terutama modul sensor ultrasonik apakah dapat membaca jarak yang ada didepanya sesuai dengan jarak yang langsung diukur menggunakan penggaris. Selanjutnya pengujian secara keseluruhan dengan indikator penguji bahwa alat sudah mampu membaca jarak, menampilkan di layar monitor ataupun LCD, dan tersimpan didalam micro SD card.

3.4. Pengujian Alat di Lapangan

Setelah pengujian laboratorium berhasil dan mendapatkan nilai bacaan yang sesuai, maka selanjutnya dilakukan pengujian di lapangan yaitu di sekitar pesisir teluk lampung tepatnya di dermaga sebalang, lampung selatan. Pengujian ini dilakukan selama 3 kali pengamatan yaitu tanggal 31 juli – 1 agustus, 14-15 agustus dan 18-19 agustus. Pengujian dilakukan dengan memasang peralatan sensor di tiang dermaga kemudian alat ukur

sensor terbuka dan rambu ukur diikat bersamaan dengan alat ukur sensor tertutup. Perekaman data alat otomatis setiap 1 detik dan pembacaan manual setiap 30 menit dilakukan selama 24 jam. Selama proses pengujian diamati secara keseluruhan kinerja dari alat ukur keduanya. Dari data yang diperoleh selanjutnya dihitung tingkat ketelitian data yang terbagi dari beberapa interval yaitu interval 1 detik, interval 5 menit, interval 15 menit, dan interval 30 menit. Pengujian alat lapangan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengujian di Lapangan

3.5. Metode Pengamatan Pasut

Pengamatan pasang surut akan dilakukan di perairan Teluk Lampung. Pengamatan pasut yang dilakukan di dalam penelitian menggunakan 2 tipe pengamatan berdasarkan alat, yaitu pengamatan menggunakan alat otomatis sensor ultrasonik US-015 dengan pengamatan manual menggunakan rambu ukur yang dicatat di dalam formulir pasang surut. Penempatan alat ukur otomatis ditempatkan di salah satu tiang dermaga yang dapat terkena langsung ombak permukaan laut. Penempatan rambu ukur untuk pembacaan manual diletakkan di pipa alat ukur otomatis. Setelah itu dilakukan perekaman dan pengamatan data pasang surut laut selama 24 jam tiap periode.

3.6. Uji Data Alat Pasut Otomatis

Analisis data hasil pengamatan menggunakan sensor ultrasonik otomatis dibandingkan dengan data pasang surut yang didapatkan dari pengukuran manual. Jarak dari bacaan sensor ultrasonik dikalibrasi untuk mendapatkan data kedalaman menggunakan persamaan 3 berikut.

$$H = Z - X \quad (3)$$

H merupakan perubahan pasang surut, X adalah jarak yang terukur oleh alat dalam satuan m, dan Z adalah jarak dari dasar perairan ke sensor ultrasonik. Selanjutnya dihitung nilai akurasi (RMSE) data bacaan sensor ultrasonik terhadap data dari pengukuran manual menggunakan persamaan 4 berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{i1} - X_{i2})^2}{n}} \quad (4)$$

RMSE adalah *Root Mean Square Error*, n adalah jumlah data, X_{i1} adalah data ke-i sensor ultrasonik yang tertutup, X_{i2} = data ke i alat otomatis terbuka.

Analisis dilakukan dengan menghitung nilai *error* data sensor ultrasonik terhadap data manual dengan persamaan 5 berikut.

$$\text{Error (\%)} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)}{\sum_{i=1}^n (Y_i)} \times 100\% \quad (5)$$

X adalah data sensor ultrasonik, Y adalah data manual. Untuk menghitung persentase akurasi pada alat instrumentasi menggunakan persamaan 6 berikut.

$$\text{Akurasi alat instrumentasi (\%)} = 100\% - \text{kesalahan alat (\%)} \quad (6)$$

3.7. Uji Signifikansi Korelasi Data Pengamatan

Untuk melakukan uji signifikansi hal pertama yang harus dihitung adalah nilai korelasi antara bacaan sensor ultrasonik tertutup dan terbuka terhadap bacaan manual. Nilai korelasi menggunakan rumus korelasi pearson dilakukan untuk mengetahui kekuatan hubungan linier antara 2 variabel, dalam hal ini variabel yang akan dicari koefisien korelasi nya adalah koefisien korelasi dari bacaan sensor ultrasonik tertutup dan terbuka terhadap bacaan pasut manual. Setelah dihitung nilai korelasinya selanjutnya diuji signifikansi korelasi menggunakan uji-z dengan persamaan 7 berikut.

$$Z_{\text{hitung}} = \frac{r}{\frac{1}{\sqrt{n-1}}} \quad (7)$$

Nilai z hitung yang didapat nantinya akan dibandingkan dengan nilai z-tabel, apabila $z_{\text{hitung}} > z_{\text{tabel}}$ pada derajat kepercayaan 95%, dapat dikatakan signifikan korelasinya, bila tidak maka kebalikannya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Rancangan Alat Pasut Sensor Ultrasonik Terbuka

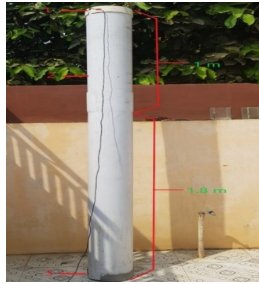
Alat pasut otomatis terbuka memiliki sensor ultrasonik yang diletakkan di dalam DOP pada pipa berukuran 4 inch tegak lurus membentuk sudut 90° terhadap muka sensor. Tampilan alat pasut sensor ultrasonik terbuka dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Alat pasut sensor ultrasonik terbuka

4.2. Rancangan Alat Pasut Sensor Ultrasonik Tertutup

Rancangan alat pasut tertutup pada dasarnya menggunakan program yang sama dengan alat pasut terbuka, yang berbeda adalah dalam penempatan sensor dan *housing* dari sensor tersebut. Alat pasut sensor ultrasonik tertutup ini diletakkan didalam pipa paralon berukuran 8 inch dengan Panjang 2.80 meter. Panjang pipa paralon 2,8 meter tersebut jangkauan sudut pancaran gelombang ultrasonik mampu mengenai objek sejauh 2,80 m jika diletakkan dalam pipa 8 inchi. Tampilan keseluruhan alat pasut otomatis tertutup dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Alat pasut sensor ultrasonik tertutup

4.3. Hasil Pengujian Data Periode I, II, & III

Pengujian yang dilakukan mengambil data beberapa interval yaitu interval 5 menit, 15 menit, dan 1 detik, sedangkan untuk mengukur akurasi alat digunakan interval 30 menit dikarenakan data pembandingan yang digunakan adalah bacaan manual yang diamati selama 24 jam. Berikut adalah hasil dari beberapa pengujian tersebut:

Tabel 3. Hasil uji data pengamatan I, II & III

Pengamatan I				
Pengamatan	Tinggi (m)		Tanggung pasut (m)	RMSE (m)
	Maksimum	Minimum		
tertutup otomatis	8,69	7,19	1,5	0,4319044
terbuka otomatis	8,85	6,25	2,6	
Pengamatan II				
Pengamatan	Tinggi (m)		Tanggung pasut (m)	RMSE (m)
	Maksimum	Minimum		
tertutup otomatis	8,46	6,93	1,53	0,3281765
terbuka otomatis	8,73	7	1,73	
Pengamatan III				
Pengamatan	Tinggi (m)		Tanggung pasut (m)	RMSE (m)
	Maksimum	Minimum		
tertutup otomatis	8,39	7,07	1,32	0,4784443
terbuka otomatis	8,62	7,02	1,6	

Lanjutan Tabel 3

Pengamatan I					
Pengamatan	Tinggi (m)		Tanggung pasut (m)	RMSE (m)	
	Maksimum	Minimum			
tertutup otomatis	8,58	7,24	1,34	0,4272	
terbuka otomatis	8,67	6,66	2,01		
Pengamatan II					
Pengamatan	Tinggi (m)		Tanggung pasut (m)	RMSE (m)	
	Maksimum	Minimum			
tertutup otomatis	8,44	7,14	1,3	0,342055	
terbuka otomatis	8,42	7,01	1,41		
Pengamatan III					
Pengamatan	Tinggi (m)		Tanggung pasut (m)	RMSE (m)	
	Maksimum	Minimum			
tertutup otomatis	8,3	7,14	1,16	0,482414	
terbuka otomatis	8,6	7,07	1,53		
Pengamatan I					
Pengamatan	Tinggi (m)		Tanggung pasut (m)	RMSE (m)	
	Maksimum	Minimum			
tertutup otomatis	8,57	7,24	1,33	0,4272	
terbuka otomatis	8,66	6,89	1,77		
Pengamatan II					
Pengamatan	Tinggi (m)		Tanggung pasut (m)	RMSE (m)	
	Maksimum	Minimum			
tertutup otomatis	8,44	7,14	1,3	0,3450475	
terbuka otomatis	8,42	7,01	1,41		
Pengamatan III					
Pengamatan	Tinggi (m)		Tanggung pasut (m)	RMSE (m)	
	Maksimum	Minimum			
tertutup otomatis	8,3	7,18	1,12	0,4887761	
terbuka otomatis	8,46	7,21	1,25		
Pengamatan I					
Pengamatan	Tinggi (m)		Tanggung pasut (m)	RMSE (m)	Rata -rata error (%)
	Maksimum	Minimum			
tertutup otomatis	8,57	7,24	1,33	0,0758	0,8018
terbuka otomatis	8,66	6,89	1,77	0,4325	4,5403
Pengamatan II					
Pengamatan	Tinggi (m)		Tanggung pasut (m)	RMSE (m)	Rata -rata error (%)
	Maksimum	Minimum			
tertutup otomatis	8,38	7,14	1,24	0,06351	0,6992
terbuka otomatis	8,42	7,01	1,41	0,28050	2,7296

Lanjutan Tabel 3

Pengamatan	Pengamatan III				
	Tinggi (m)		Tunggang pasut (m)	RMSE (m)	Rata-rata error (%)
	Maksimum	Minimum			
tertutup otomatis	8,57	7,24	1,33	0,0692	0,6843
terbuka otomatis	8,66	6,89	1,77	0,4173	3,5077

Dari Tabel 3 didapat hasil kesalahan alat rata-rata pengamatan I selama 24 jam adalah untuk alat sensor ultrasonik tertutup sebesar 0,8018 % dan untuk alat sensor ultrasonik terbuka sebesar 4,5403 %. Nilai presentasi akurasi bacaan alat adalah sebagai berikut:

Sensor ultrasonik tertutup = 100 % - kesalahan rata-rata alat (%) tertutup
 = 100 % - 0,8018 %
 = 99,1981 %

Sensor ultrasonik terbuka = 100 % - kesalahan rata-rata alat (%) terbuka
 = 100 % - 4,5403 %
 = 95,4596 %

Dari Tabel 3 didapat hasil kesalahan alat rata-rata pengamatan II selama 24 jam adalah untuk alat sensor ultrasonik tertutup sebesar 0,6992 % dan untuk alat sensor ultrasonik terbuka sebesar 2,796 %. Nilai presentasi akurasi bacaan alat adalah sebagai berikut:

Sensor ultrasonik tertutup = 100 % - kesalahan rata-rata alat (%) tertutup
 = 100 % - 0,6992 %
 = 99,3007 %

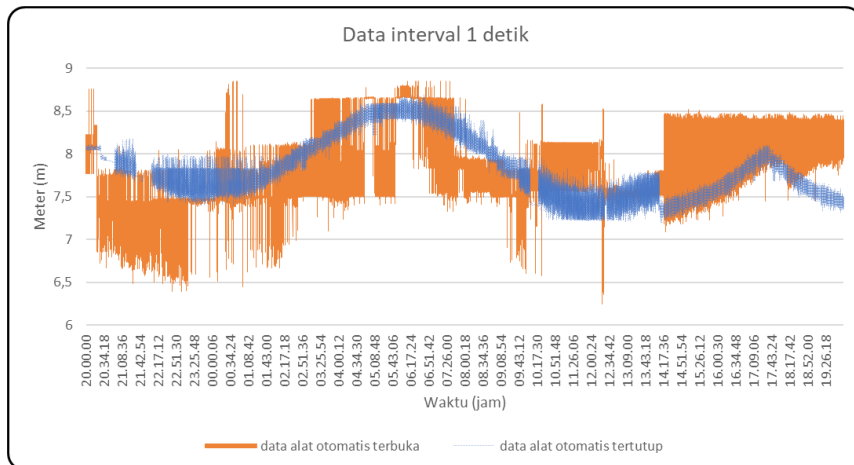
Sensor ultrasonik terbuka = 100 % - kesalahan rata-rata alat (%) terbuka
 = 100 % - 2,796 %
 = 97,2703 %

Dari Tabel 3 didapat hasil kesalahan alat rata-rata pengamatan III selama 24 jam adalah untuk sensor ultrasonik tertutup sebesar 0,6843 % dan untuk sensor ultrasonik terbuka sebesar 3.5077 %. Nilai presentasi akurasi bacaan alat adalah sebagai berikut:

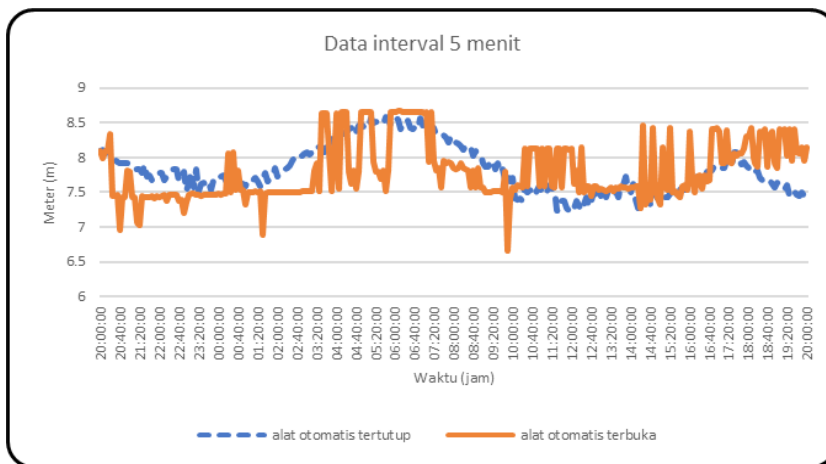
Sensor ultrasonik tertutup = 100 % - kesalahan rata-rata alat (%) tertutup
 = 100 % - 0,6843 %
 = 99,3156 %

Sensor ultrasonik terbuka = 100 % - kesalahan rata-rata alat (%) terbuka
 = 100 % - 3,5077 %
 = 96,4922 %

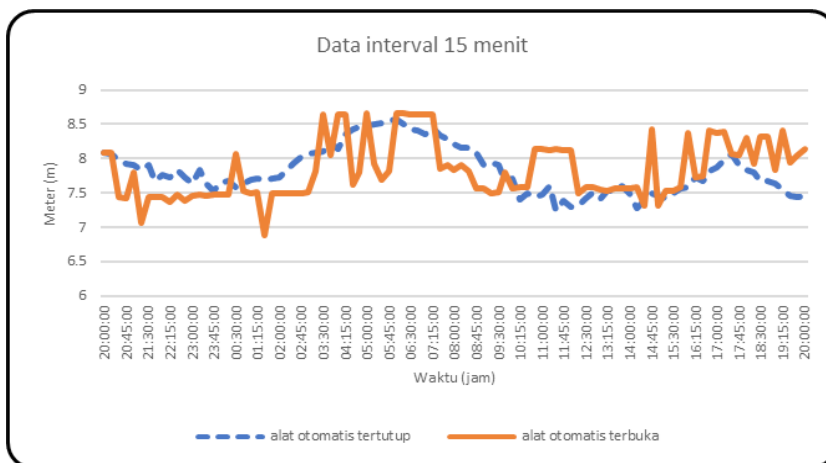
Hasil pengamatan pasang surut tiap interval 1 detik, 5 menit, 15 menit, dan 30 menit dapat dilihat masing-masing pada gambar 10, gambar 11, gambar 12, dan gambar 13 untuk periode I, gambar 14, gambar 15, gambar 16 dan gambar 17 untuk periode II, dan gambar 18, gambar 19, gambar 20, gambar 21 untuk periode III.



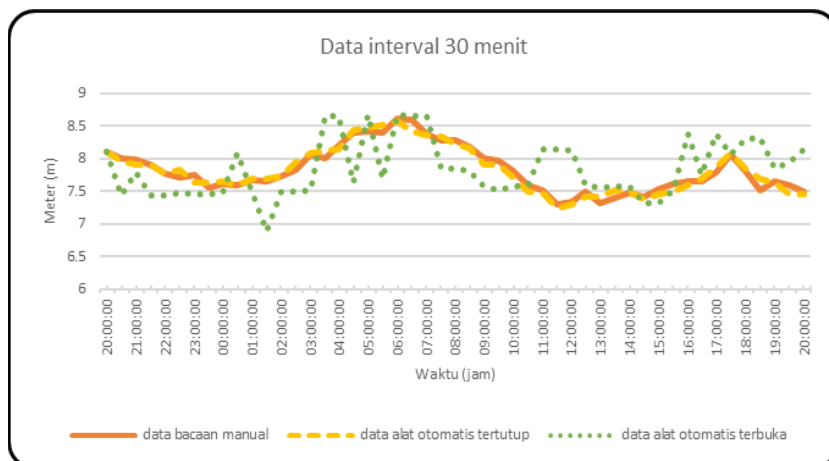
Gambar 10. Hasil bacaan sensor ultrasonik terbuka dan tertutup interval 1 detik periode I



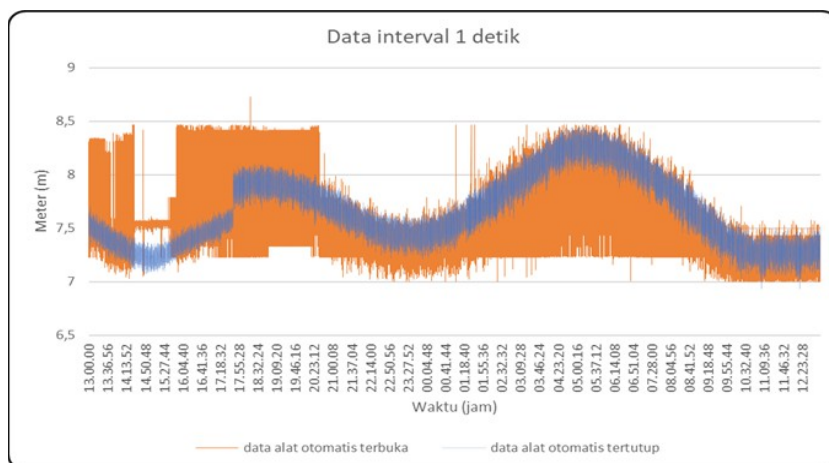
Gambar 11. Hasil bacaan sensor ultrasonik terbuka dan tertutup interval 5 menit periode I



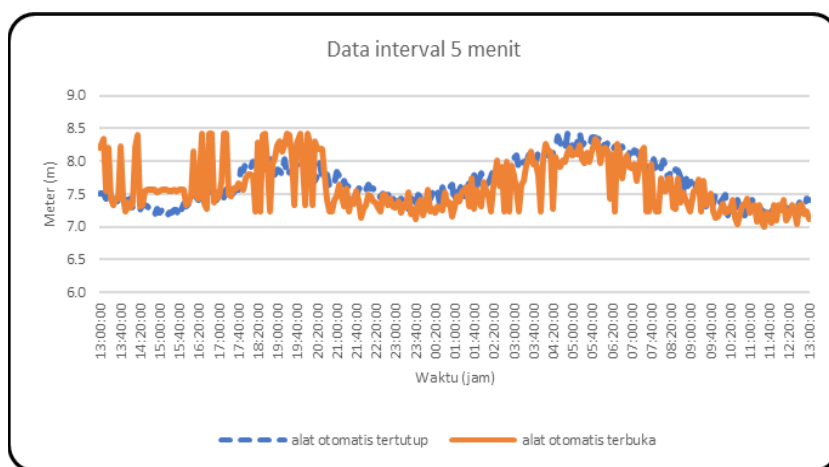
Gambar 12. Hasil bacaan sensor ultrasonik terbuka dan tertutup interval 15 menit periode I



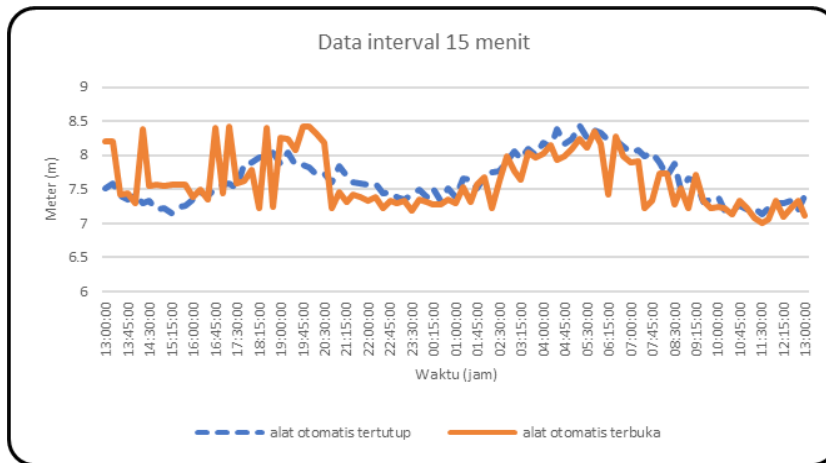
Gambar 13. Hasil bacaan sensor ultrasonik terbuka dan tertutup dan manual interval 30 menit periode I



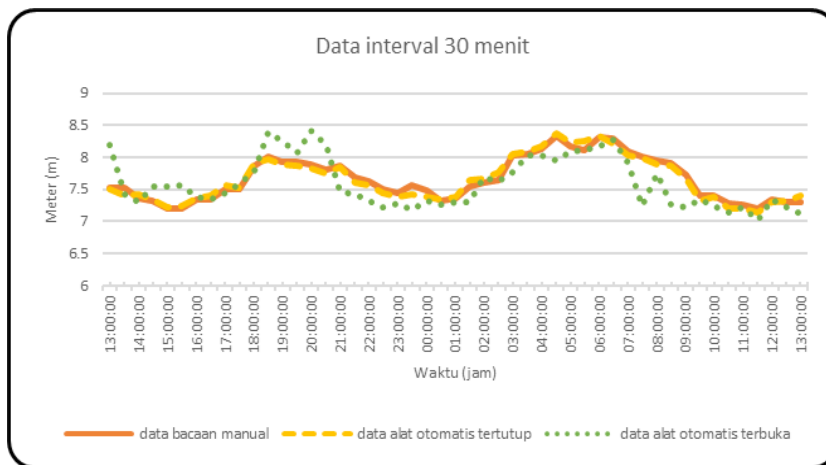
Gambar 14. Hasil bacaan sensor ultrasonik terbuka dan tertutup interval 1 detik periode II



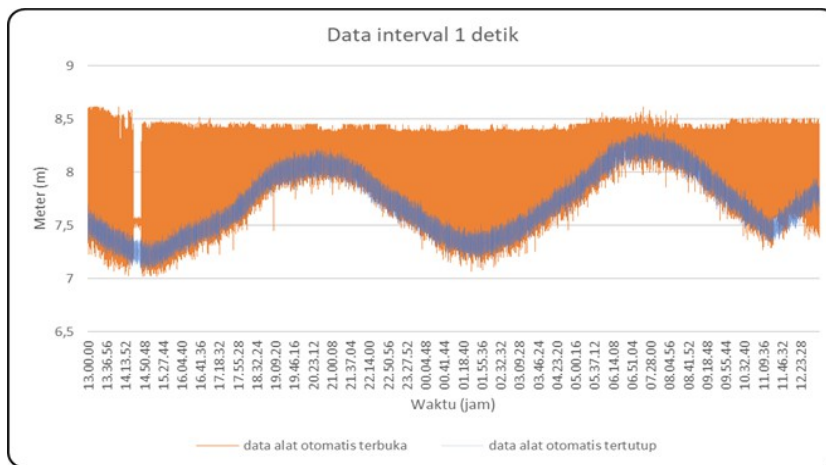
Gambar 15. Hasil bacaan sensor ultrasonik terbuka dan tertutup interval 5 menit periode II



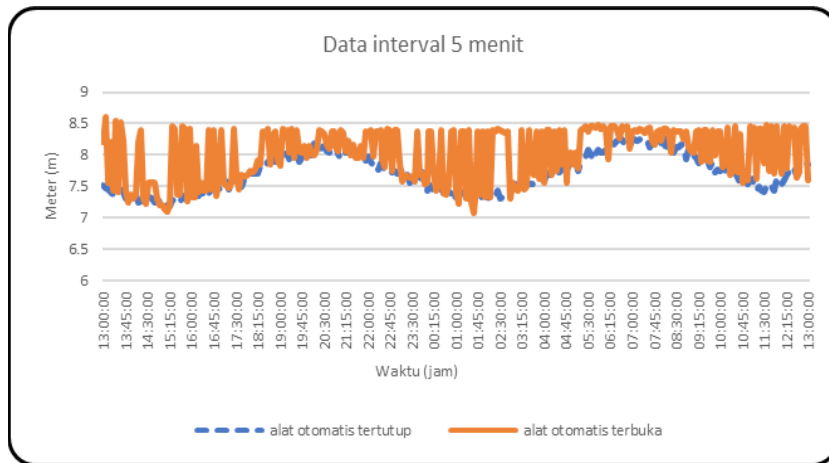
Gambar 16. Hasil bacaan sensor ultrasonik terbuka dan tertutup interval 15 menit periode II



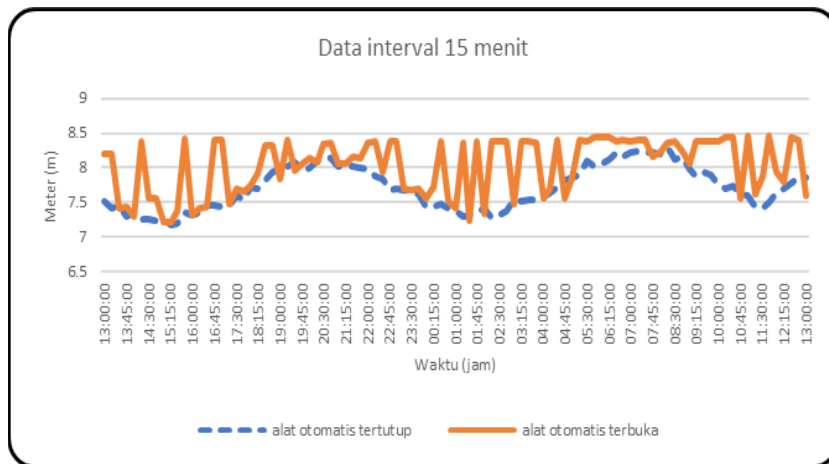
Gambar 17. Hasil bacaan sensor ultrasonik terbuka dan tertutup dan manual interval 30 menit periode II



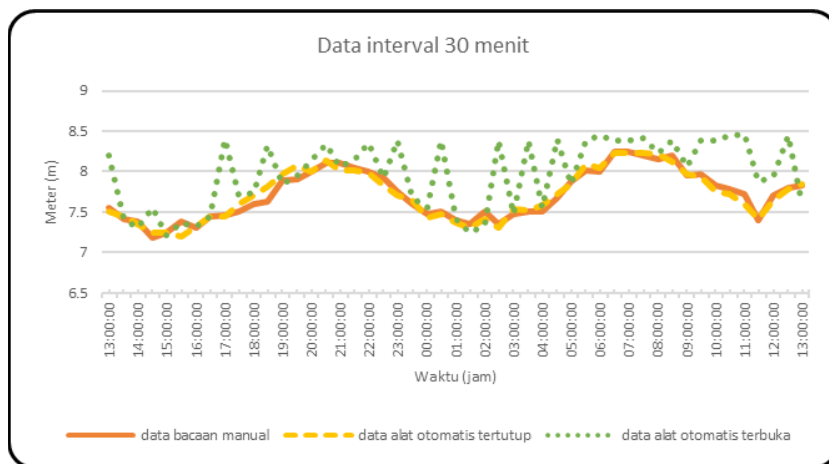
Gambar 18. Hasil bacaan sensor ultrasonik terbuka dan tertutup interval 1 detik periode III



Gambar 19. Hasil bacaan sensor ultrasonik terbuka dan tertutup interval 5 menit periode III



Gambar 20. Hasil bacaan sensor ultrasonik terbuka dan tertutup interval 15 menit periode III



Gambar 21. Hasil bacaan sensor ultrasonik terbuka dan tertutup dan manual interval 30 menit periode III

4.4. Hasil Uji Korelasi Pearson

Uji korelasi menggunakan persamaan pearson, dilakukan untuk mengetahui kekuatan hubungan antara 2 variabel secara linier. Proses analisis antara variable bacaan pengamatan pasut manual interval 30 menit dengan bacaan pengamatan pasut sensor ultrasonik tertutup dan terbuka. Hasil hitungan dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil uji korelasi terhadap data manual

pengamatan	tertutup		terbuka	
	r - hitung	korelasi	r-hitung	korelasi
I	0,9759	sangat kuat	0,3989	cukup
II	0,9828	sangat kuat	0,7264	kuat
III	0,9970	sangat kuat	0,3738	cukup

Dari uji korelasi pada Tabel 4, dapat dilihat bahwa nilai korelasi untuk sensor ultrasonik tertutup terhadap bacaan manual sangat kuat untuk ke tiga periode pengamatan, sedangkan untuk sensor ultrasonik terbuka nilai korelasinya kisaran cukup dan kuat. Dapat dikatakan bahwa Alat pasut sensor ultrasonik tertutup nilainya paling mendekati dengan bacaan manual yang dianggap benar.

4.5. Hasil Uji Signifikansi Pearson Product Moment dengan Uji-Z

Uji signifikansi dilakukan untuk mengetahui persamaan antara bacaan pengamatan manual dengan bacaan sensor ultrasonik tertutup dan terbuka. Uji signifikansi korelasi menggunakan tingkat kepercayaan 95%. Hasil uji signifikansi korelasi disajikan dalam Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil uji signifikansi korelasi

pengamatan	z-tabel $\alpha/2 = 0,025$	tertutup		terbuka	
		z - hitung	signifikansi	z -hitung	signifikansi
I	1,960	6,7609	signifikan	2,7633	signifikan
II	1,960	6,8087	signifikan	5,0326	signifikan
III	1,960	6,9071	signifikan	2,5900	signifikan

Dari Tabel 5 dapat dilihat hasil bacaan pengamatan pasut untuk sensor ultrasonik tertutup dan terbuka nilai uji signifikansi korelasinya terhadap bacaan manual untuk periode I, II dan III korelasinya signifikan. Jika dilihat dari nilai z-hitungnya maka yang terbesar adalah untuk sensor ultrasonik yang tertutup. Sehingga dari hasil uji signifikansi ini dapat dikatakan bacaan pasut dari sensor ultrasonik tertutup lebih dapat meredam pengaruh gelombang atau ombak air laut. Selain dari hasil uji tersebut jika dilihat dari grafik pada Gambar 21, hasil bacaan pasut sensor ultrasonik tertutup lebih teratur dan berhimpit terhadap bacaan pasut manual.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan bacaan sensor ultrasonik tertutup dan terbuka terhadap bacaan pasut manual:

Dapat disimpulkan bahwa bacaan pasut sensor ultrasonik tertutup dibanding dengan bacaan pasut sensor ultrasonik terbuka lebih teratur dan lebih dapat meredam pengaruh gelombang atau ombak.

DAFTAR PUSTAKA

- Adibrata, S. 2007. Analisis Pasang Surut di Pulau Karampuang, Provinsi Sulawesi Barat, *Jurnal sumber daya perairan*, Vol. 1(1), 6 hlm.
- Adriansya, A. Hidyatama, O., 2013. Rancang Bangun Prototipe Elevator Menggunakan Mikrontroler Arduino Tipe Atmega, *Jurnal Teknologi Elektro*, Surabaya, 328p.
- Azis, M., 2006. Gerak Air Dilaut. *Jurnal Oseana*, Vol. XXXI No. 4. Hlm 9-21.
- Fadly, R. dan Dewi, C., 2019. Pengembangan Sensor Ultrasonik Guna Pengukuran Pasang Surut Air Laut Secara Otomatis dan Realtime, *Jurnal Rekayasa*, Vol. 23 No. 1.
- Kristiantari, B., 2017. *Alat Ukur Tinggi Badan Otomatis Dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler Dengan Tampilan LCD Bergerak Dan Suara*. <https://repository.usd.ac.id/11918/>.html, Diakses pada 11 Januari 2019.
- Poerbandono dan Djunarsah, E. 2005, *Survei Hidrografi*, PT. Refika Aditama, Bandung, 91 hlm.
- Putra, A., 2015. *Sistem Monitoring Pengukuran Pasang Surut Air Laut Berbasis Sms Menggunakan Sensor Ultrasonik dan Komputer Mini*. <http://jurnal.umrah.ac.id/?p=3809.html>, Diakses pada 13 Januari 2019.
- Sarwono, J., 2009. *Statistik itu Mudah: Panduan Lengkap untuk Belajar Komputerisasi Statistik Menggunakan SPSS 16*, Andi, Yogyakarta, 59 hlm.
- Siswanto dan Suyanto, 2018. *Metodologi Penelitian Kuantitatif Korelasional*. BOSSSCRIPT, Klaten, 171 hlm.
- Soeprapto, 1993. *Pasang Surut Laut dan Chart Datum*, Jurusan Teknik Geodesi Universitas Gadjah Mada (UGM). 50 hlm.
- Suryanto, M dan Rijanto, T., 2019. Rancang Bangun Alat Pencatat Biaya Pemakaian Energi Listrik Pada Kamar Kos Menggunakan Modul Global System For Mobile Communications (GSM) 800L Berbasis Arduino Uno, *Jurnal Tenik Elektro*, Vol. 8 No. 1. Hlm 47-55.

