Pengembangan Sensor Ultrasoic Guna Pengukuran Pasang Surut Laut Secara Otomatis dan Real Time

Romi Fadly[1)]
Citra Dewi[1)]

Abstract

The bathymetric mapping activity at sea requires sea tide data for the needs of the depth of measurement results. This manual tidal observation is carried out day and night without stopping for a certain period of time, so that a minimum of 4 people are needed to observe one observation station. This manual observation is prone to reading errors, especially at night. Basically there are currently semi-automatic and automatic tidal gauges for sale, but the price is quite expensive. In this study, tide gauges have been developed automatically and realtime both in observations and in data transmission using ul-trasonic and micro-controller sensor technology. The method used is a design by utilizing an ultra-sonic sensor and micro controller arduino uno, as well as a GSM module (Global System for Mobile Communications). Each device is connected to a micro controller then programming is done for the data retrieval process, calculation of water level, and sending data to mobile phones through the SMS (Short Message Service) facility. Testing the results of tidal measurements from the tools made was carried out in the hydrographic laboratory and then tested directly into the field around the coast of Lampung bay. This study produces equipment for measuring tides automatically and realtime with ultrasonic sensors. The results of tidal measurements will be stored in a micro SD and displayed on the LCD screen, and sent to the destination number via SMS with the SIM module 800L v.2. The error rate generated from the field test is 1.833% <10%, it can be concluded that this tool has a high level of accuracy that is equal to 98.167%.

Keywords*: tides, micro controller, ultrasonic sensor, GSM, SMS*

Abstrak

Kegiatan pemetaan batimetri dilaut memerlukan data pasang surut air laut guna keperluan koreksi kedalaman hasil pengukuran. Pengamatan pasang surut secara manual ini dilakukan siang dan malam tanpa henti selama kurun waktu tertentu, sehingga diperlukan minimal 4 orang personil untuk pengamatan satu stasiun pengamatan. Pengamatan secara manual ini rentan terjadi kesalahan pembacaan terutama dimalam hari. Pada dasarnya saat ini sudah ada alat ukur pasang surut semi otomatis dan otomatis yang dijual, akan tetapi harganya cukup mahal. Pada penelitian ini telah dikembangkan alat ukur pasang surut air laut secara otomatis dan realtime baik pengamatannya maupun pengiriman datanya dengan memanfaatkan teknologi sensor ultrasonik dan mikro kontroller. Metode yang digunakan adalah rancang bangun dengan cara memanfaatkan sensor ultra sonik dan mikro kontroller arduino uno, serta modul GSM (Global System for Mobile Communications). Setiap perangkat dihubungkan ke mikro kontroler kemudian dilakukan pemrograman untuk proses pengambilan data, perhitungan level air, dan mengirim data ke handphone melalui fasilitas SMS (Short Message Service). Pengujian hasil pengukuran pasang surut dari alat yang dibuat dilakukan di laboratorium hidrografi dan selanjutnya diuji langsung ke lapangan sekitar pesisir teluk Lampung. Penelitian ini menghasilkan peralatan untuk pengukuran pasang surut air laut secara otomatis dan realtime dengan sensor ultrasonik. Hasil dari pengukuran pasang surut akan disimpan dalam micro SD dan ditampilkan pada layar LCD, serta dikirim ke nomor yang dituju melalui SMS dengan modul SIM 800L v.2. Besar eror yang dihasilkan dari uji lapangan yaitu 1.833% < 10 %, dapat disimpulkan alat ini memiliki tingkat akurasi yang tinggi yaitu sebesar 98.167 %.

Kata kunci: Pasang surut, Mikro kontroller, Sensor ultrasonik, GSM, SMS

[1] Staf Pengajar pada Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung, Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1 Gedong Meneng, Bandar Lampung.

1. PENDAHULUAN

Pada umumnya pengamatan pasang surut untuk kegiatan pembangunan fisik dilakukan secara manual menggunakan bak ukur yang dipasang di sekitar area yang akan dibangun. Pengamatan pasang surut secara manual ini dilakukan siang dan malam tanpa henti selama kurun waktu tertentu, sehingga diperlukan minimal 4 orang personil untuk pengamatan satu stasiun pengamatan. Pengamatan secara manual ini rentan terjadi kesalahan pembacaan terutama dimalam hari. Pada dasarnya saat ini sudah ada alat ukur pasang surut semi otomatis dan otomatis yang dijual, akan tetapi harganya cukup mahal. Berdasarkan permasalahan tersebut maka akan mencoba mengembangkan alat ukur pasang surut air laut secara otomatis dan *realtime* baik pengamatannya maupun pengiriman datanya dengan memanfaatkan teknologi sensor ultrasonik dan *micro controller*. Alat yang akan dibuat tersebut akan dilakukan pengujian ketelitian hasil pengukurannya diperairan teluk lampung, sebelum benar-benar dapat digunakan untuk kegiatan-kegiatan yang memanfaatkan data pasang surut, terutama kegiatan pembuatan peta batimetri di laut. Selain dapat digunakan untuk kegiatan pemetaan batimetri, jika alat ini dipasang di seluruh pesisir lampung maka alat ini nantinya akan dapat dimanfaatkan untuk pemantauan fenomena air laut secara realtime terutama untuk kegiatan mitigasi bencana akibat kenakan permukaan air laut di pesisir lampung.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pasang Surut Air Laut

Kejadian pasang surut yang sering juga disebut dengan pasut merupakan kejadian proses naik dan turunnya air laut secara periodik yang ditimbulkan oleh adanya gaya tarik menarik dari benda-benda angkasa, yang terutama sekali disebabkan oleh gaya tarik matahari dan gaya tarik bulan terhadap massa air di bumi. Proses kejadian pasang surut dapat dilihat secara langsung kalau kita berada di pantai. gerakan naik turunnya permukaan air yang secara periodik juga mempengaruhi akitifitas kehidupan manusia yang tinggal didaerah pantai. Seperti pelayaran, pembangunan dermaga di daerah pantai, akitifitas para nelayan, dan sebagainya (Zakaria, 2009).

Karena posisi bulan dan matahari terhadap bumi selalu berubah secara hampir teratur, maka besarnya kisaran pasut juga berubah mengikuti perubahan posisi-posisi tersebut. Selain itu, pasut terdiri dari berbagai komponen yang dapat dikelompokkan menurut siklusnya, seperti komponen pasut harian (*diurnal*), tengah-harian (*semi-diurnal*), atau komponen perempat harian (*quarternal*). Komponen-komponen pasut tersebut (terutama dua komponen yang disebut pertama) menentukan tipe pasut di suatu perairan (Pariwono, 1999). Jika perairan tersebut mengalami satu kali pasang dan surut per hari, maka kawasan tersebut dikatakan bertipe pasut tunggal. Jika terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari, maka pasutnya dikatakan bertipe pasut ganda. Tipe pasut lainnya merupakan peralihan antara tipe tunggal dan ganda, dan dikenal sebagai pasut campuran (Pariwono, 1999).

2.2. Beberapa Jenis Alat Pengukur Pasang Surut

Tide gauge merupakan alat atau instrumen yang digunakan untuk mengukur tinggi pasut. Instrumen pengukur pasang surut yang umum digunakan diantaranya adalah *tide staff*, *floating tide gauge*, dan *pressure tide gauge* (Djaja, 1987). Ada beberapa jenis alat untuk mengukur tinggi muka air laut, yaitu (Tanto, 2009):

a) *Tide staff,* merupakan alat pengukur pasang surut yang paling sederhana berupa papan mistar dengan tebal 2,54 cm sampai 5,08 cm dan lebar 10,16 cm sampai 15,24 cm, sedangkan panjangnya harus lebih besar dari tunggang pasut (*tidal range*). Misalnya, pada perairan dengan tunggang pasut sebesar 2 m, maka ukuran papan skala ini harus > 2 m (WIPO, 2004).

b) *Floating tide gauge*. Prinsip kerja alat ini berdasarkan gerakan naik turunnya permukaan laut yang dapat diketahui melalui pelampung yang dihubungkan dengan alat pencatat. Pengukuran tinggi muka air oleh alat ini dilakukan dengan mendeteksi pergerakan naik turun dari air. Perubahan tinggi pada permukaan air akan menyebabkan pelampung begerak vertikal (naik turun), pelampung dan penahan beban diikat dengan kabel dan dihubungkan dengan sebuah katrol yang terdapat pada *enkoder*, sehingga gerakan pelampung dapat memutar katrol. Perputaran yang terjadi pada katrol akan dikonversikan menjadi suatu sinyal digital dan ditransfer ke unit *data logger* melalui kabel transducer. Di dalam *data logger* unit sinyal listrik tersebut diproses sehingga menjadi nilai yang terukur (IOC, 2002). Dalam hal ini, pelampung yang digunakan untuk pengambilan data adalah pelampung *OWK*.

c) *Pressure tide gauge*. Prinsip kerjanya sama dengan *floating tide gauge,* hanya saja gerakan naik turunnya permukaan laut dapat diketahui dari perubahan tekanan yang terjadi di dalam laut. Seberapa besar tekanan yang diterima oleh sensor akan diubah dalam bentuk kedalaman yang telah dirancang sedemikian, sehingga diperoleh tinggi muka air dari nilai ini dengan mempertimbangkan nilai densitas dan gravitasi (IOC, 2002).

$$h = \frac{p}{\rho . g} \qquad [1]$$

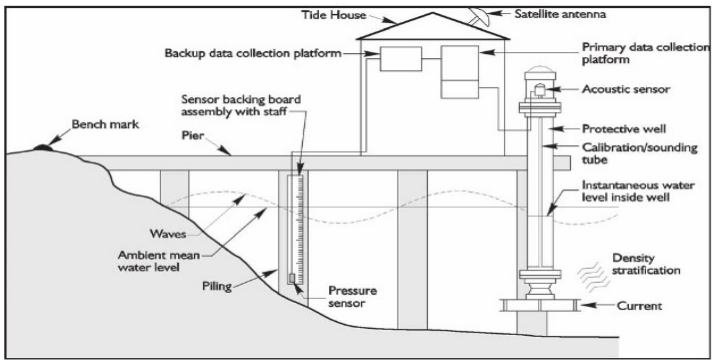
dalam hal ini,
h : tinggi muka air (m) P = tekanan (Pa)
ρ : densitas (kg/m3)
g : percepatan gravitasi (m/s)

d) Sistem radar. Alat ini dilengkapi dengan pemancar pulsa radar (*transmitter*), penerima pulsa radar (*receiver*), serta jam berakurasi tinggi. Pada sistem ini, radar memancarkan pulsa-pulsa gelombang radio ke permukaan laut. Pulsa-pulsa tersebut dipantulkan oleh permukaan laut dan diterima kembali oleh radar. Sistem radar ini dapat mengukur ketinggian radar di atas permukaan laut dengan menggunakan waktu tempuh dari pulsa radar yang dikirimkan ke permukaan laut, dan dipantulkan kembali ke radar (IOC, 2002).

$$h = \frac{1}{2} . c\, t \qquad [2]$$

dalam hal ini,
h : jarak radar dengan permukaan air (m)
c : kecepatan pulsa radar (m/detik)
t : waktu tempuh pulsa radar sampai ke permukaan laut dan kembali ke radar (detik)

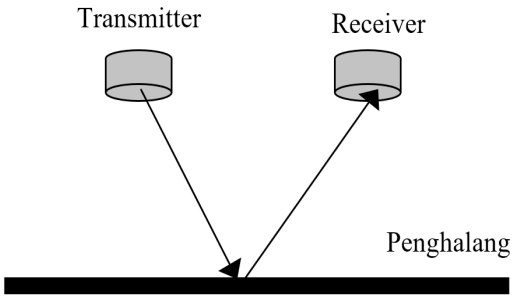
a. *Acoustic tide gauges.* Alat atau intrumen pengukur pasang surut yang menggunakan gelombang suara untuk mendapatkan data pasang surut. Pengukurannya bergantung pada perubahan waktu perambatan dari sinyal akustik yang direfleksikan secara vertikal dari permukaan laut ke sensor penerima (*receiver*) (Adityayuda, 2012). Penggunaan dan pemasangan Alat ukur *acoustic tide gauges* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *NGWLMS tide gauge* (IOC, 2006).

2.3. Prinsip kerja sensor ultrasonik

Satu unit sensornsor ultrasonik terdiri dari sensor pengirim (*transmitter*) gelombang suara dan sensor penerima (*receiver*) gelombang suara seperti yang terlihat pada Gambar 2. Sensor pengirim dikendalikan melalui mikrokontroler melalui keluaran I/O dengan memberikan gelombang persegi 40 Khz. Sebelumnya gelombang persegi tersebut dikonversi baik *level* tegangan maupun arus serapnya menggunakan *IC level converter* sehingga sesuai dengan spesifikasi transduser. Sinyal pantulan kemudian diterima oleh transduser penerima dan selanjutnya dikonversi sinyal keluarannya melalui rangkaian pengkondisi sinyal sehingga keluaran sinyal tersebut dapat diolah oleh mikrokontroler (Iqbal dan Jaya, 2011 dalam Adityayuda, 2012).



Gambar 2. Perjalanan Gelombang dari transmitter ke receiver sensor ultrasonik.

2.4. Sensor Ultrasonik HC-SR04

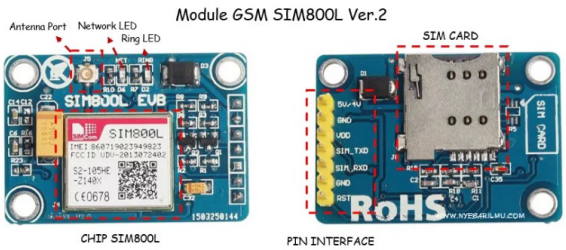
Sensor HC-SR04 (Gambar 3) adalah versi low cost dari sensor ultrasonic PING buatan parallax. Perbedaaannya terletak pada pin yang digunakan. HC-SR04 menggunakan 4 pin sedangkan PING buatan parallax menggunakan 3 pin. Pada Sensor HC-SR04 pin trigger dan output diletakkan terpisah. Sedangkan jika menggunakan PING dari Parallax pin trigger dan output telah diset default menjadi satu jalur. Tidak ada perbedaaan signifikan dalam pengimplementasiannya. Jangkauan karak sensor lebih jauh dari PING buatan parllax, dimana jika ping buatan parllax hanya mempunyai jarak jangkauan maksimal 350 cm sedangkan sensor HC-SR04 mempunyai kisaran jangkauan maksimal 400-500cm (Gambar 3).

Gambar 3. Sensor ultrasonik HC-SR04.

Sensor HC-SR04 memiliki spesifikas yaitu: jangkauan deteksi: 2 cm sampai kisaran 400 -500cm, sudut pancar sebesar 15 derajat, tegangan kerja 5V DC, resolusi 1 cm, frekuensi ultrasonik 40 kHz, dapat dihubungkan langsung ke pin kaki mikrokontroler (Digi-Bytes Group, 2018).

2.5. Modul GSM SIM 800L-V2

SIMCOM SIM800L V2.0 GSM/GPRS Module adalah module Quad Band GSM/GPRS yang kompatibel dengan Arduino, berfungsi untuk menambahkan fitur GSM (voice call, SMS) dan GPRS. Kelebihan modul ini adalah VCC dan TTL level serialnya sudah 5V sehingga bisa langsung dihubungkan ke Arduino atau. Banyak modul GPRS/GSM yang beredar dipasaran yang perlu penambahan regulator 5V dan rangkaian level converter, sedangkan modul GSM SIM 800L-v2 ini sudah memiliki rangkaian builtin regulator + TTL level converter diboardnya (Gambar 4) (Sfe-Electronics, 2018).



Gambar 4. Modul GSM SIM800L v.2 (Faudin, 2018)

2.6. *Microcontroller* Arduino Uno

Board Arduino Uno adalah board *microcontroler* (*Development Board*) menggunakan chip *microcontroler* ATmega328 yang fleksibel dan *open-source*, *Software* dan *Hardwar*e nya relatif mudah di gunakan sehingga banyak di pakai oleh pemula sampai ahli. Untuk dapat digunakan board Arduino Uno di hubungkan ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau dengan adaptor atau Power Supply 7-12 V DC. Arduino Uno dapat di gunakan untuk mendeteksi lingkungan dengan membaca data dari berbagai sensor misalnya jarak, inframerah, suhu, cahaya, ultrasonik, tekanan, kelembaban dan lain lain (Lab Elektronika, 2018).

2.7. *Microcontroller* Arduino Uno

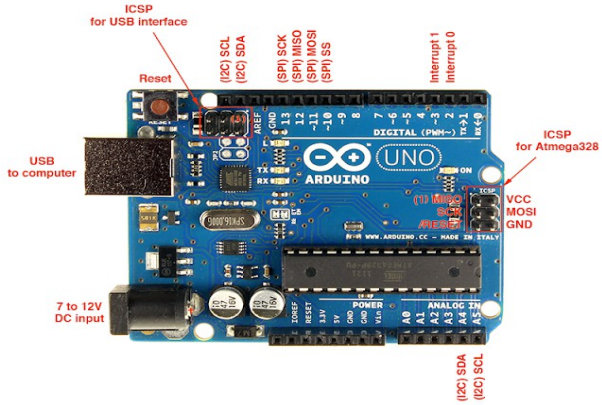
Board Arduino Uno adalah board *microcontroler* (*Development Board*) menggunakan chip *microcontroler* ATmega328 yang fleksibel dan *open-source*, *Software* dan *Hardwar*e nya relatif mudah di gunakan sehingga banyak di pakai oleh pemula sampai ahli. Untuk dapat digunakan board Arduino Uno di hubungkan ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau dengan adaptor atau Power Supply 7-12 V DC. Arduino Uno dapat di gunakan untuk mendeteksi lingkungan dengan membaca data dari berbagai

sensor misalnya jarak, inframerah, suhu, cahaya, ultrasonik, tekanan, kelembaban dan lain lain (Lab Elektronika, 2018).
Secara garis besar Arduino Uno mempunyai 14 pin digital yang dapat di set sebagai input atau output dan 6 pin input Analog. Untuk lebih jelasnya untuk spesifikasi Arduino Uno bisa dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 5 (Lab Elektronika, 2018).

Tabel 1. Spesifikasi Arduino Uno.

Spesifikasi	Keterangan
Mikrokontroler	*ATmega328P (DataSheet)*
Tegangan Pengoperasian	5V
Tegangan Input(Rekomendasi)	7-12V
Batas Tegangan Input	6-20V
Pin I/O Digital	14 (6 diantaranya dapat di gunakan sebagai output PWM)
Pin Digital PWM	6
Pin Input Analog	6
Arus DC Tiap Pin I/O	20 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
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: Lab Elektronika, 2018).

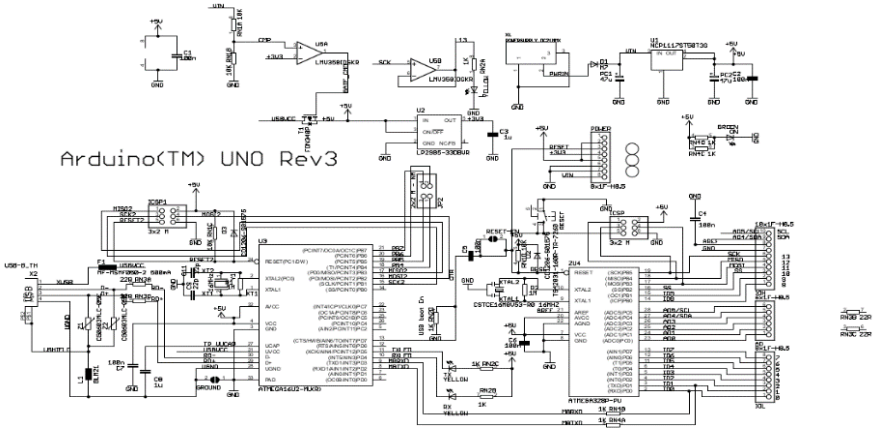


Gambar 5. Board Arduino uno (Lab Elektronika, 2018).

Pin digital Arduino Uno ada 14 Pin yang dapat di gunakan sebagai input atau output dan 6 pin Analog berlabel A0 sampai A5 sebagai ADC ,setiap Pin Analog memiliki resolusi sebesar 10 bit. Ada beberapa pin memiliki fungsi khusus (Lab Elektronika, 2018) :

a. **Serial**: Pin 0 (RX) dan Pin 1 (TX) dapat di gunakan untuk Mengirim (Tx) dan Menerima (Rx) TTL data serial,
b. **External Interrupts** : INT0 adalah Pin 2 dan INT1 adalah Pin 3,
c. **PWM**: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.menyediakan output PWM 8 bit,
d. **SPI**: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan SPI Library,
e. **LED**: 13. Buit-in LED terhubung dengan Pin Digital 13,
f. **I2C**: A4 adalah pin SDA dan A5 adalah pin SCL. Komunikasi I2C menggunakan Wire library.

Skema dari rangkaian mikrokontroller arduino uno dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut ini:



Gambar 6. Skematik dari Arduino Uno (Lab Elektronika, 2018)

2.8. Validasi dan Kalibrasi Alat Ukur Pasut

Dalam penelitian Tanto (2009), dikatakan bahwa kalibrasi sangat diperlukan untuk mengetahui akurasi dari sensor dan menetapkan prosedur mutu dari alat. Kalibrasi dilakukan untuk memastikan alat tersebut dapat bekerja dengan sempurna (maksimal). Kalibrasi dapat dilakukan secara internal dan eksternal. Kalibrasi secara internal adalah kalibrasi yang dilakukan di dalam instansi/individu pengguna alat sendiri. Kalibrasi secara eksternal adalah kalibrasi yang dilakukan di luar, oleh lembaga yang mampu dan berwenang dalam melakukan kalibrasi atau tempat yang telah memilki sertifikasi tentang kalibrasi yang bersangkutan, yaitu pabrik tempat pembuatan alat (Tanto, 2009). Untuk keperluan penelitian ini dilakukan validasi dan kalibrasi secara internal yaitu dengan membandingkan pembacaan kedalaman air laut hasil ukuran sensor ultrasonik dengan pembacaan secara langsung menggunakan rambu ukur yang dipasang pada tempat yang sama.

Menurut Barlas tahun 2006 dalam Suharyo tahun 2018, validasi alat pengukur tinggi gelombang permukaan air dilakukan dengan metode Black Box, yaitu dengan mer-ata-ratakan nilai error dari hasil pengukuran menggunakan alat rancangan dengan pen-gukuran langsung dengan meteran. Nilai error dapat dihitung menggunakan rumus 3.

$$E = \left| \frac{(S - A)}{A} \right| \qquad [3]$$

Dalam hal ini,
S = hasil pembacaan sensor yang dibuat
A = hasil pembacaan secara manual dengan bantuan mistar/ rambu ukur
E = variansi error antara bacaan sensor dan pembacaan manual
Jika E < 0,1 atau 10% maka model alat dapat dikatakan valid

2.9. *Root Mean Square Error* (RMSE)

Untuk menilai akurasi data dari hasil pengamatan dapat dilihat dari nilai akar kesalahan kuadrat rata-rata atau yang biasa disebut dengan *Root Mean Square Error (*RMSE). Nilai RMSE ini merupakan suatu ukuran kesalahan yang didasarkan pada selisih antara dua buah nilai yang bersesuaian, yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \hat{X}_i)^2}{n}} \quad [4]$$

Dalam hal ini,
n : jumlah data pengukuran
X_i : data pengukuran ke i yang dianggap mengandung kesalahan
$\widehat{X}_i$: data pengukuran ke I yang dianggap benar
Nilai *RMSE* yang kecil dapat dikatakan bahwa variasi nilai yang dihasilkan oleh suatu pengukuran mendekati variasi nilai sebenarnya.

3. METODE PENELITIAN

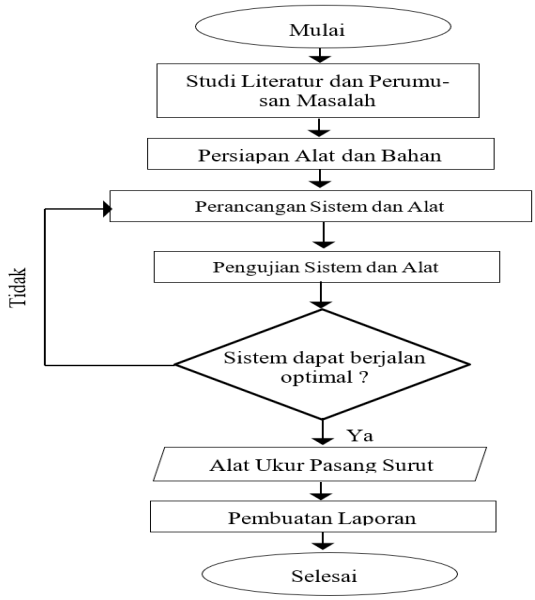
Pelaksanaan penelitian ini dapat dijelaskan langkah demi langkah yang dilaksanakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

3.1. Studi Literatur dan Perumusan Masalah

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

3.2. Peralatan dan bahan yang digunakan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa peralatan antara lain adalah: Program aplikasi mikro kontroller dalam hal ini Program Arduino IDE, 1 buah mikro kontroller Arduino Uno beserta kabel data USB, 1 buah *sensor ultrasonik,* 1 buah LCD ukuran resolusi layar 16 x 2, 1 buah modul micro SD, 5 buah *power bank,* 1 unit Laptop, 1 buah modul GSM, 1 buah kartu sim GSM, 1 buah *handphone* (HP), dan peralatan dan bahan pendukung lainnya.

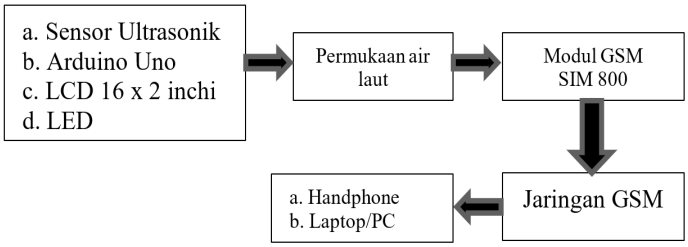


Gambar 7. Diagram alir penelitian.

3.3. Perancangan dan Implementasi Sistem dan Alat

Tahap selanjutnya dilakukan perancangan sistem. Secara umum, rancangan sistem pengukuran pasang surut air laut ini menggunakan sistem pengukuran secara otomatis dan datanya akan dikirim secara otomatis dan realtime menggunakan modul GSM (*Global System for Mobile Communications*) dengan SMS (*Short Message Service*) ke handphon penerima data yang sudah ditentukan. Data yang terkirim dapat disimpan dan dapat digunakan untuk kegiatan pemetaan batimetri dan keperluan-keperluan lainya. pengukuran pasang surut air laut ini secara umum terdiri dari lima bagian yaitu bagian objek pengamatan, sensor, pemancar, saluran transmisi, dan penerima atau pemantau. Selain data dikirim melalui SMS data pengukuran pasang surut juga disimpan kedalam mikro SD dengan modul mikro SD yang sudah dipasang pada alat. Adapun rancangan umum sistem pemantauan ketinggian permukaan air adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.

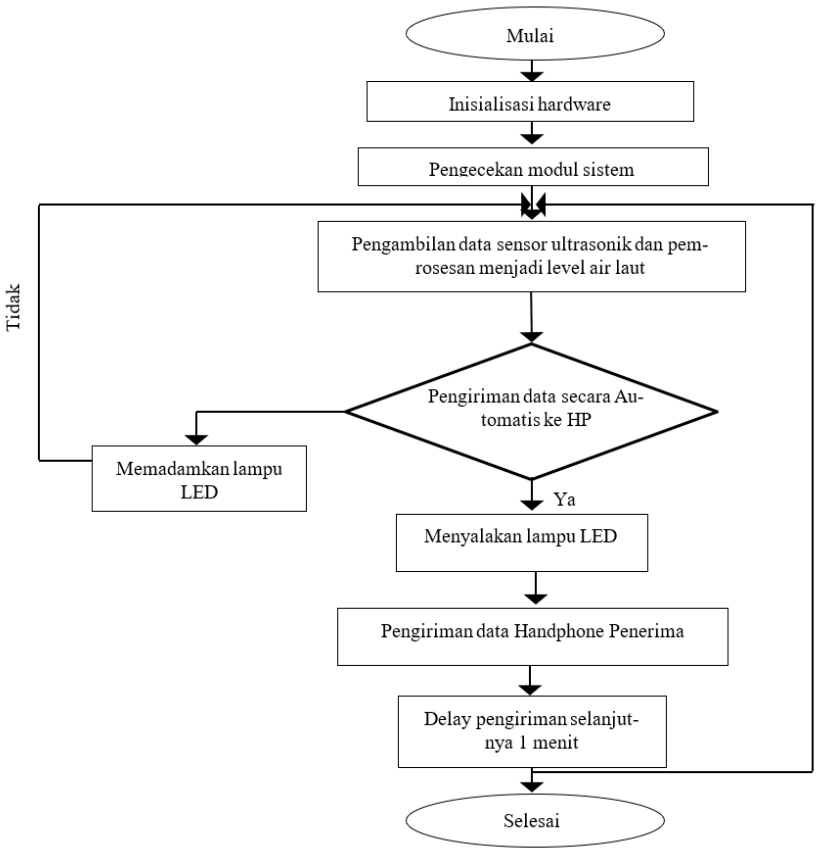
Dari Perancangan sistem akan diimplementasikan menjadi perangkat keras atau alat pengukur dan pengirim data pasang surut air laut. Setelah rancangan perangkat keras/ alat dilakukan selanjutnya dilakukan perancangan perangkat lunak Perangkat lunak disini dimaksudkan adalah program aplikasi berbasis mikrokontroler yang dibuat menggunakan aplikasi Arduino, hasil program/koding yang dibuat selanjutnya di upload kedalam mikro kontroller Arduino Uno. Berikut diagram alir pemrograman untuk menjalankan sistem pengukuran dan pengiriman data pasang surut air laut.



Gambar 8. Rancangan umum sistem pengukuran pasut air laut.

3.4. Pengujian Sistem dan Alat

Untuk tahap pemrograman dapat dilihat pada Gambar 9. Proses pemrograman alat menggunakan *software* Arduino IDE sampai peralatan dapat berjalan sesuai program yang dibuat. Tahap selanjutnya adalah pengujian alat/sistem yang bertujuan untuk mengetahui kinerja dari alat.



Gambar 9. Diagram alir pemrograman untuk menjalankan sistem pengukuran dan pengiriman data pasang surut air laut.

3.4.1. Pengujian di Laboratorium

Tahap awal Pengujian alat dilakukan di laboratorium hidrografi yang memiliki bak penampungan air, jika pengujian berhasil maka dilakukan pengujian langsung kelapangan yaitu langsung ke sekitar laut pesisir teluk Lampung.

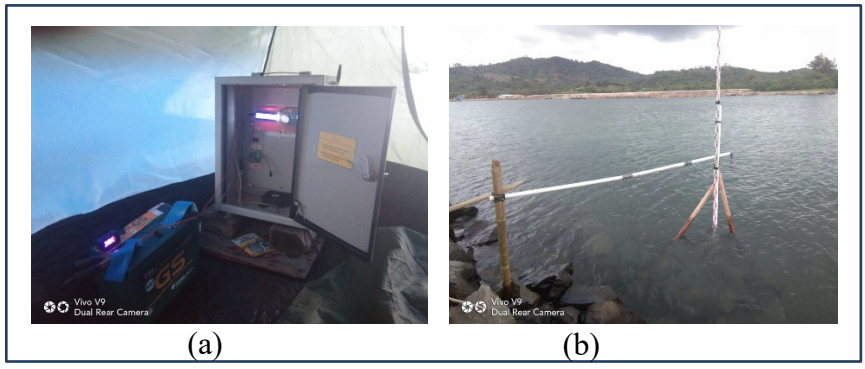
Pengukuran ketinggian air di laboratorium dilakukan menggunakan ember yang berisi air dan yang sudah dibuat lubang pembuangan air untuk mengurangi air. Ember tersebut di beri tanda ukur setiap 1 cm, dimana tinggi ember adalah 30 cm. Alat diletakan sedemikian rupa di atas ember yang masih kosong dengan jarak 40 cm dari dasar ember, Selanjutnya ember diisi air secara bertahap tiap lever air 1 cm dan diberi jedah 10 menit. Pencataan level permukaan air dilakukan tiap 10 menit. Setelah pengisian air sampai batas atas ember, selanjutnya air dalam ember dikurangi kembali secacara bertahap setiap 1 cm sama halnya dengan penambahan air. Pencatatan level air pada saat air di kurangi dilakukan setiap 10 menit, sampai airnya babis mencapai 1 cm. Pencatatan level air tersebut merupakan hasil pembacaan sensor dan hasil pembacaan manual.

Hasil dari pencatatan di masukan dalam tabel dan divisualisasikan dalam grafik garis. Hasil pembacaan sensor akan di nilai akurasinya dengan menghitung nilai RMSe nya, ter-

hadap nilai pencatatan manual sebagai nilai yang dianggap benar. jika selisih masih dalam batas toleransi dan sesuai dengan spek ketelitian sensor ultrasonik yang dipakai, maka dapat dikatakan alat yang dibuat dapat digunakan.

3.4.1. Pengujian di Lapangan

Setelah pengjian di laboratorium berhasil dan mendapatkan nilai pembacaan yang akurat, maka selanjutnya dilakukan pengujian ke lapangan yaitu sekitar pesisir teluk lampung, tepatnya di area pantai Balai Besar Budidaya Laut di Hanura, Kabupaten Pesawaran, provinsi Lampung. Pengujian ini dilakukan selama dua hari yaitu tanggal 13 dan 14 Oktober 2018. Pengujian dilakukan dengan memasang peralatan sensor di dermaga yang ada kemudian dipasang juga rambu ukur berdampingan untuk mendapatkan bacaan ketinggian permukaan air laut secara manual. Pencatatan pembacaan ketinggian permukaan air laut tiap setengah jam sekali. Selama proses pengujian diamati secara keseluruhan kinerja dari peralatan seperti ketahanan *power suplay* yang digunakan, tampilan di LCD, serta hasil yang dikirim melalui SMS (*Short Massage Service*). Dari data yang diperoleh selanjutnya dihitung tingkat akurasi hasil bacaan sensor dengan data bacaan manual yang dianggap data benar. Nilai akurasi ini dapat dihitung setelah diketahui besar nilai eror (E), dimana alat dikatakan memiliki pembacaan yang akurasinya tinggi jika nilai E % < 10 %.



(a) (b)

Gambar 10. Pengujian di lapangan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Implementasi Rancangan Alat

Perubahan elevasi air laut akan di deteksi dan diukur melalui sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik bekerja atas dasar gelombang suara yang dipancarkan melalui tranduser Tx setelah gelombang yang dipancarkan mengenai permukaan air laut maka gelombang suara tersebut akan dipantulkan kembali ke sensor dan diterima oleh tranduser Rx dari sensor ultrasonic. Sensor ultrasonik akan bekerja ketika diberikan tegangan positif pada pin *Trigger* selama 10 µs dari pin *output* mikrokontroler Arduino Uno, selanjutnya sensor akan mengirimkan 8 *step* sinyal ultrasonik dengan frekuensi 40 kHz. Selanjutnya, sinyal akan diterima pada pin *Echo*. Jarak antara sensor ultrasonic dengan permukaan air laut diukur menggunakan persamaan 3.

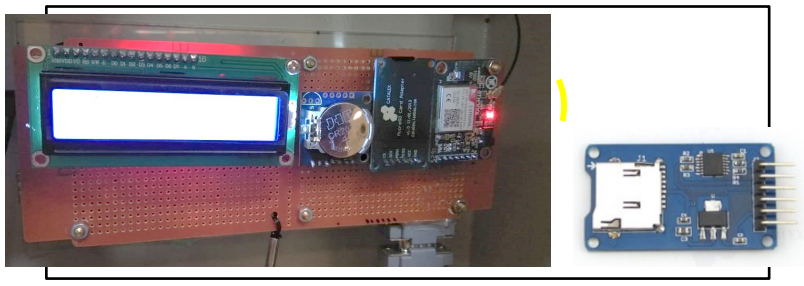
Sinyal akan dikondisikan melalui rangkaian yang terdapat pada sensor ultrasonic. Rangkaian ini akan mengkondisikan besaranya perubahan ketinggian air ke dalam perubahan tegangan, kemudian dikuatkan oleh *amplifier* dan dikonversi ke sinyal digital. Hasil keluaran dalam bentuk digital akan dikirim ke bagian utama dari pengolah system mikrokontroler dalam hal ini Arduino UNO. Mikrokontroler mengatur penerimaan data hasil pengukuran ketinggian permukaan air dari sensor ultrasonik dan akan ditampilkan pada layar modul LCD dengan dimensi 16x2 seperti yang ditunjukan pada Gambar 11.

Gambar 11. Tampilan pembacaan ketinggian permukaan air pada layar monitor LCD

Data ketinggian air diterima mikrokontroler Arduino Uno ditransfer ke modul GSM SIM 800L v.2 yang sudah ada sim cardnya, selanjutnya akan dikirim ke nomor tujuan yang telah di definisikan dalam mikrokontroler melalui SMS (*Short Message Service*) yang terhubung dengan jaringan GSM. Data hasil pengukuran yang terkirim akan diterima oleh phone cell penerima yang sudah dipasang sim card penerima sms (Gambar 12).

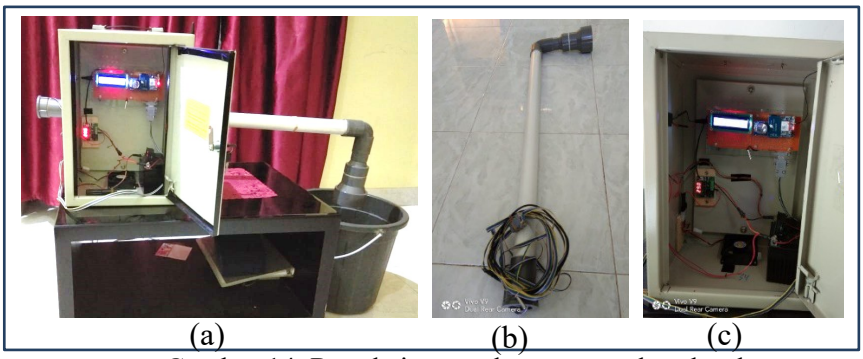
Gambar 12. Tampilan pembacaan ketinggian permukaan air pada layar phone cell.

Data pembacaan ketinggian selain ditampilkan pada layar LCD dan dikirim melalui SMS, juga disimpan didalam micro SD yang dipasang pada modul micro SD. Modul micro SD tersebut dapat dilihat pada Gambar 13. berikut.



Gambar 13. Modul micro SD.

Secara keseluruhan rangkaian peralatan yang telah dibuat dapat ditunjukan pada Gambar 14 a, 14 b, dan 14 c berikut. Selain itu untuk mensuplai power agar peralatan dapat beroperasi selama 24 jam penuh dan tanpa henti maka telah dibuat power supplay menggunakan listrik tenaga matahari dimana dayanya disimpan dalam aki kering tipe VRLA 12V, 12A.



(a) (b) (c)

Gambar 14. Rangkaian peralatan secara keseluruhan.

4.2 Hasil Uji Lab

Pengujian di laboratorium dilakukan dengan mengukur elevasi air menggunakan dua alat ukur, yaitu alat sensor ultrasonic yang telah dibuat dan mistar/ pengaris. Hasil pengukuran sensor ultrasonic dibandingkan dengan hasil pengukuran manual menggunakan mistar/penggaris. Grafik elevasi permukaan air berdasarkan pengukuran manual menggunakan mistar ditunjukan dengan garis warna biru, sedangkan hasil pengukuran menggunakan sensor ultrasonic ditunjukan dengan garis warna merah. Selisih antara bacaan sensor ultrasonic dan manual menggunakan mistar ditunjukan dengan garis hitam.

Tabel 2. Nilai statistic uji LAB

Nilai Statistik	Bacaan Manual	Bacaan Sensor
Niali Minimum	10 cm	10 cm
Niali Maksimum	39 cm	39 cm
Nilai Rat-rata bacaan	24.7 cm	24.8 cm
Nilai Rat-rata error (E) = 0.093 % < 10 %		
Nilai RMSE = 0.5 cm		

Tabel 2 menunjukan nilai statistik hasil pembacaan elevasi air menggunakan sensor ultrasonik dan pembacaan manual dengan mistar. Nilai minimum dan maksimum dari kedua pembacaan bernilai sama yaitu masing-masing 10 cm dan 39 cm, tetapi dapat dilihat nilai rata-ratanya berbeda yaitu masing-masing 2.48 cm (menggunakan sensor ultrasonic) dan 2.47 (menggunakan mistar). Nilai RMSE hasil pembacaan sensor ultrasonic terhadap pembacaan manual (yang dianggap benar) sebesar 0.5 cm. Nilai RMSE ini menunjukan bahwa sensor ini jika digunakan untuk pengukuran pasang surut air laut dapat dikatakan cukup akurat, karena kesalahan bacaan pergerakan air laut karena gelombang dan ombak lebih dari 0.5 cm. Nilai rata-rata error (E) sebesar 0.093 % < dari 10 %, menurut Barlas jika nilai rata-rata error < 10 % maka termasuk dalam kategori alat ukur dengan akurasi tinggi, dengan akurasi sebesar 99.907 %, sehingga model alat yang dibuat dapat dikatakan valid.

4.2 Hasil Uji Lapangan

Pengujian di laboratorium dilakukan dengan mengukur elevasi air menggunakan dua alat ukur, yaitu alat sensor ultrasonik yang telah dibuat dan rambu ukur yang dipasang berdampingan. Hasil pengukuran sensor ultrasonic dibandingkan dengan hasil pengukuran manual menggunakan rambu ukur. Grafik elevasi permukaan air berdasarkan pengukuran manual menggunakan rambu ukur ditunjukan dengan garis warna biru, sedangkan hasil pengukuran menggunakan sensor ultrasonic ditunjukan dengan garis warna

merah. Selisih antara bacaan sensor ultrasonic dan manual menggunakan rambu ukur ditunjukan dengan garis hitam.

Tabel 3. Nilai statistic uji LAB.

Nilai Statistik	Bacaan Manual	Bacaan Sensor
Niali Minimum	38 cm	36 cm
Niali Maksimum	158 cm	159 cm
Nilai Rat-rata	93,5 cm	94,8 cm
Nilai Error (E) = 1.833 cm < 10 %		
Nilai RMSE = 3.9 cm		

Tabel 3 menunjukan nilai statistik hasil pembacaan elevasi air menggunakan sensor ultrasonik dan pembacaan manual dengan rambu ukur. Nilai minimum dan maksimum dari kedua pembacaan bernilai berbeda. Nilai minimum masing masing sebesar 36 cm (menggunakan sensor ultrasonic) dan 38 cm (menggunakan mistar), sedangkan nilai maksimum masing-masing sebesar 159 cm (menggunakan sensor ultrasonic) dan 158 cm (menggunakan mistar). Nilai rata-rata kedua pembacaan sebesar masing-masing 94.8 cm (menggunakan sensor ultrasonic) dan 93.5 cm (menggunakan mistar). Nilai statistic kedua pembacaan menunjukan terdapat variasi pembacaan elevari muka air laut, nilai variasi pembacaan keduanya dapat dilihat dari akurasi pembacaan yang ditunjukan dari nilai RMSE nya yaitu sebesar 3.9 cm. Nilai RMSE ini menunjukan akurasi pembacaan sensor ultrasonic yang telah dibuat terhadap pembacaan manual menggunakan rambu ukur. Nilai rata-rata error (E) sebesar 1,833 % < dari 10 %, menurut Barlas jika nilai rata-rata error < 10 % maka termasuk dalam kategori alat ukur dengan akurasi tinggi, dengan akurasi sebesar 98,167

Dari hasil uji laboratorium dan uji lapangan di pantai Teluk Lampung terdapat perbedaan nilai RMSE pembacaan (lihat Tabel 2 dan Table 3) yaitu sebesar 0,5 cm (uji lab) dan 3.9 cm (uji lapangan). Perbedaan ini wajar dikarenakan pengujian di lab keadaan air tidak terganggu sama sekali dengan cuaca seperti ombak atau gelombang air sedangkan untuk pengujian dilapangan sangat dipengaruhi oleh ombak dan gelombang, sehingga ketelitian pembacaan di laboratorium lebih baik dibandingkan dengan akurasi hasil pengujian lapangan. Walaupun terdapat perbedaan nilai RMSE dari uji lab dan uji lapangan tetapi secara akurasi dapat dikatakan bahwa alat ukur pasang surut air laut yang telah dibuat dapat dikatakan memiliki akurasi pembacaan yang tinggi, hal ini dapat dilihat dari nilai rata-rata error (E) pembacaan dari uji lab dan lapangan masing-masing sebesar 0,093 % dan 1,833 % < dari 10 %. Menurut Barlas (2006) jika nilai rata-rata error < 10 % maka termasuk dalam kategori alat ukur dengan akurasi tinggi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan penelitian yang telah dijabarkan pada bab 4 sebelumnya, maka ada beberapa kesimpulan berdasarkan masalah yang telah dirumuskan pada pengembangan sensor ultrasonik guna pengukuran pasang surut air laut secara otomatis dan realtime untuk kepentingan pemetaan batimetri, yaitu sebagai berikut:

1. Hasil perancangan peralatan pengembangan sensor ultrasonik guna pengukuran pasang surut air laut secara otomatis dan realtime talah berhasil dibuat. Alat ini juga dapat bekerja secara baik dalam pengukuran, menampilkan, menyimpan, maupun mengirim data elevasi pasang surut air laut ke phone cell dengan nomor sim card yang dituju melalui SMS (*Short Massage* Service). Tingkat akurasi alat sebesar

98,167 % dengan eror sebesar 1,833 % (< 10 %), sehingga menurut Barlas (2006) jika nilai error pembacaan alat < 10 % maka dapat dikatakan alat memiliki tingkat akurasi pengukuran yang tinggi.
2. Peralatan ini juga menggunakan power supply yang berasal dari aki kering tipe VRLA 12V, 12A, dimana daya dihasilkan dari listrik tenaga matahari, sehingga peralatan ini dapat beroperasi secara terus menerus.
3. Informasi pasang surut air laut dapat diperoleh secara real time dan otomatis tanpa membutuhkan waktu yang lama memperolehnya, karena proses pengiriman data melalui SMS.
4. Data elevari muka air laut yang ditampilkan dan dikirim melalui SMS merupakan data real elevasi pasang surut air laut, yang telah dibuktikan dengan membandingkannya dengan pengukuran secara manual.
5. Alat yang dibuat sangat membantu dalam kegiatan pemetaan batimetri yaitu dapat digunakan untuk koreksi kedalaman terhadap pasang surut air laut dan menyurutkan data kedalaman terhadap muka surutan peta.

5.2. Saran

Alat yang sudah dibuat sudah bekerja sesuai dengan harapan. Untuk mengembangkan pemanfaatan dari peralatan ini berikut diberikan saran untuk mengembangkan alat yang sudah dibuat:

1. Sebaiknya pengiriman dan penyajian data dapat dilakukan secara oline melalui jaringan internet dengan membuat tampilan yang interaktif,
2. Agar dapat dikembangkan dengan menambahkan beberapa sensor lain dan dipasang di seluruh pesisir lampung dengan jarak tertentu, sehingga kedepannya dapat digunakan sebagai data masukan dalam mitigasi bencana wilayah Pesisir Lampung.

DAFTAR PUSTAKA

Adityayuda A., 2012, *Pengukuran Faktor Koreksi Jarak Pada Instrumen Motiwali*, [Skripsi] Departemen Ilmu Dan Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.

Arief, Ulfah Mediaty, 2011, *Pengujian SensorUltrasonik PING Untuk Pengukuran Level Ketinggian Dan Volume Air,* Semarang: Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.

Bulaka B. Hendro, 2016, Rancang Bangun Alat Pemantau Pasang Surut Air Laut Melalui Jaringan Internet Untuk Kawasan Teluk Kendari, *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016,* VOLUME V.

Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Lampung. 2010, Tersedia dari: //www.dkp.lampungprov.go.id/, Diakses pada 21 agustus 2015.

Husnul Khatimah H. Jaya I. Agus Saleh Atmadipoera S.A., 2016, Pengembangan Perangkat Lunak Antar-Muka Instrumen Motiwali (*Tide Gauge*) Untuk Analisis Data Pasang Surut, *J. Kelautan Nasional*, Vol. 11, No. 2, Hal 97 – 104.

Iqbal, M. dan I. Jaya, 2011, *Pengembangan dan uji coba instrumen pasang surut menggunakan gelombang ultrasonik,* Laboratorium Instrumentasi dan Telemetri Kelautan. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

IOC, 1994, *Manual on sea level measurement an interpretation vol II – emerging technologies*, IOC Manual and Guides, UNESCO, Paris.

IOC, 2002, *Manual on sea level measurement an interpretation vol III-reappraisals and recommendation as of year 2000,* IOC Manual and Guides, UNESCO, Paris.

IOC, 2006, *Manual on sea level measurement an interpretation vol IV - an update to 2006,* IOC Manual and Guides, UNESCO, Paris.

John I. Pariwono, 1999, *Kondisi Oseanografi Perairan Pesisir Lampung, Proyek Pesisir Publication*, Technical Report (TE - 99/12 -I) Coastal Resources Center, University of Rhode Island, Jakarta, Indonesia.

Pariwono, J. I., 1987, *Kondisi pasang-surut di Indonesia, In* O. S. R. Ongkosongo dan Suyarso (Ed.), Pasang-surut, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi, Jakarta, Hal. 135-147.

Pariwono. J. I., 1989, *Gaya Penggerak Pasut*, di dalam: Ongkosono, OSR. dan Suyarso, editor, Pasang Surut, Jakarta (ID), P3O-LIPI, hlm 13-23.

Putra A. Pramana R., 2015, Sistem *Monitoring* Pengukuran Pasang Surut Air Laut Berbasis Sms Menggunakan Sensor Ultrasonik dan Komputer Mini, http://jurnal.umrah.ac.id/wp-content/uploads/gravity_forms/1-ec61c9cb232a03 a96d0947c6478e525e/2015/08/jurnal-publish.pdf, Diakses pada tanggal 24 Mei 2018.

Makridakis, S. et al., 1982, The Accuracy of Extrapolative (Time Series Methods): Results of a Forecasting Competition, *Journal of Forecasting*, Vol. 1, No. 2, pp. 111-153 (lead article).

Suharyo, S. O., 2018, Rancang Bangun Alat Pengukur Gelombang Permukaan Laut Presisi Tinggi (A Prototype Design), *Applied Technology and Computing Science Journal*, Vol 1 No 1 (18-29).

Tanto, A. L., 2009, *Kinerja Ott Ps 1 Sebagai Alat Pengukur Pasang Surut Air Laut Di Muara Binuangeun, Provinsi Banten*, [Skripsi] Departemen Ilmu Dan Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.

Yuwono, Kurniawan D. Faisal N., 2016, Analisis Komponen Harmonik Pengamatan Pasang Surut Menggunakan Alat Pengamat Pasang Surut Berbasis Sensor Ultrasonik (Studi Kasus: Desa Ujung Alang, Kampung Laut, Cilacap), *J. Geoid*, Vol.12 No.1 (48-51).

sfe-electronics, 2018, Arduino, diakses dari http://www.sfe-electronics.com/blog/arduino/ sms-controller-menggunakan-sim800l-v2, diakses tanggal 1 Januari 2018.

Digi-Bytes Group, 2018, Sensor Ultrasonic, diakses dari http://www.digi-bytes.com /index.php?route=product/product&product _id=96, diakses tanggal 1 Januari 2018.

Lab Elektronika, 2018, Arduino Uno, diakses dari http://www.labelektronika.com/ 2017/02/aduino-uno-mikrokontroler-atmega-328.html, diakses tanggal 1 Februari 2018.

Faudin, Agus, 2018, Tutorial lanjutan mengakses Module GSM SIM800L v.2, diakses dari https://www.nyebarilmu.com/tutorial-lanjutan-mengakses-module-gsm-sim 800l-v-2/, diakses tanggal 1 Agustus 2018.