

UPGRADE PROTOTYPE ALAT UKUR PASUT SENSOR ULTRASONIC DENGAN PERANGKAT TELEMETRI MENGGUNAKAN MODEM GSM

Yusuf Wibowo¹, Dian Adrianto², Nanang Hadi P³

¹ Mahasiswa Program Studi D-III Hidro-Oseanografi, STTAL

² Dosen Pembimbing / Peneliti dari Pushidros TNI AL

³ Dosen Pembimbing / Dan Denkomlaops, Satkomlek Mabes TNI

ABSTRAK

Data pasang surut merupakan data yang sangat dibutuhkan dalam berbagai bidang, diantaranya bidang hidrografi, oseanografi, proyek rekayasa, perikanan, pariwisata dan penanggulangan bencana. Hal ini menimbulkan konsekuensi atas ketersediaan alat ukur pasang surut dalam skala besar, praktis, ekonomis, akurat dan akses data yang cepat. Dalam penelitian ini penulis bermaksud meningkatkan kemampuan prototype alat ukur pasut sensor ultra sonic yang sudah ada sehingga dapat memenuhi kebutuhan tersebut serta mewujudkan kemandirian teknologi dalam negeri. Upgrade tersebut dilaksanakan dengan menggunakan microcontroller Arduino mega, sensor ultra sonic maxbotic MB7366 HRXL MaxSonar, serta menambahkan perangkat telemetri menggunakan Modem GSM. Alat di uji coba di pantai marina ancol selama 15 hari mulai tanggal 27 Oktober sampai dengan 11 Nopember 2017 dengan alat pembanding palem dan Tide Master pressure. Data pengamatan dari ketiga alat di olah dan dianalisa dengan hasil nilai korelasi $R^2= 0,997$ (Palem dengan Prototype), $R^2= 0,998$ (Tide master dan prototype) dan regresi linier $y=0,967x + 48,45$ (Palem dengan Prototype), $y= 0,890x + 149,8$ (Tide master dan prototype), nilai Fomzhal (F) = ($F \geq 3,00$) digolongkan kedalam tipe pasang surut harian tunggal. Selisih control vertikal Palem dengan prototype (MSL 0,8 cm, HHWL 0,5 cm dan LLWL 2,2 cm), Tide Master dengan prototype (Msl 1,7 cm, HHWL 4,8 cm dan LLWL 8,3 cm) dan konstansta harmonik Selisih tertinggi pada amplitudo sebesar 1,4 cm dan $8,6^\circ$ pada fase. Data Tide Master dengan data prototype selisih tertinggi amplitudo sebesar 3,7 cm dan $5,3^\circ$ pada fase.

Kata kunci: Upgrade Prototype, Alat Ukur Pasut, Telemetri.

ABSTRACT

The tidal data is much needed in many areas, such as hydrography, oceanography, engineering project, fisheries, tourism and disaster. This creates a consequence of the availability of a measuring instrument of ups and downs on a large scale, practical, economical, and accurate. In this research writer intend to upgrade it the prototype to the tide gauge ultra sonic sensors existing so as to achieving independence technology in country in fulfill the need. The upgrade was conducted using microcontroller arduino mega, an ultra sonic sensors Maxbotic MB7366 HRXL Maxsonar WRL, to add more equipment telemetry by using gsm modem. An instrument tested in marina ancol beach during 15 days begins the 27th of october up to 11 november 2017 with a tool a standard for comparison palms and tree tide master pressure. The third observation and analysis means at if the correlation value $R^2 = 0,997$ (palm with) prototype, $R^2 = 0,998$ (tide master and) prototype and linear regression $y = 0,967x + 48,45$ (palm with) prototype, $y = 0,890x + 149,8$ (tide master and) prototype, the fomzhal (F) = ($F \geq 3,00$) classified into single daily tidal type. The difference control vertical palm with the prototype (msl 0.8 cm, hhwl 0.5 centimeters and llwl 2.2 cm), tide master with the prototype (MSL 1.7 cm, HHWL 4.8 centimeters and LLWL 8.3 cm) and konstansta harmonic the difference on the highest amplitude of 1.4 centimeters and 8.6° in phase.

Keywords: Upgrade the Prototype, Tide Gauge, Maxbotic, Telemetri.

Latar Belakang

Indonesia memiliki banyak perbedaan tinggi dan tipe pasang surut (pasut). Data pasut merupakan data yang sangat berguna. Pertama, pada bidang hidrografi data pasut berguna untuk menentukan *Chart Datum*, MSL, penentuan Zo pada peta, buku ramalan pasut dan koreksi surutan pada pemeruman. Kedua, pada bidang rekayasa digunakan untuk menentukan tinggi konstruksi, waktu pengerjaan proyek dan membuat pemodelan. Ketiga, pada bidang perikanan digunakan untuk menentukan waktu penangkapan ikan. Keempat, pada bidang pariwisata digunakan untuk membuat jadwal terbaik bagi wisatawan untuk menikmati keindahan laut dan pantai. Kelima, pada bidang penanggulangan bencana di implementasikan pada sistem peringatan dini bahaya tsunami (*tsunami early warning system*).

Secara ideal setiap satu stasiun pengamatan pasut mewakili 100 km (Parluhutan Manurung, 2015). Dengan demikian, sesuai perbandingan panjang pantai Indonesia dibutuhkan sekitar 800 stasiun. Tentu membutuhkan banyak personel pengawas jika alat tersebut tidak dapat dioperasikan dari jarak jauh. Selain hal tersebut, kebutuhan akan alat ukur pasut masih ketergantungan pada produk dari luar negeri dengan harga yang mahal.

Mahasiswa Diploma 3 angkatan IX Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL) atas nama Serka MPU Sunardi (2016) telah memberikan suatu solusi dari salah satu permasalahan diatas, yaitu dengan membuat *prototype* alat ukur pasut berbasis *microcontroller* dan sensor *ultra sonic*. Hal ini sangat menunjang kemandirian teknologi dalam negeri dalam memenuhi kebutuhan alat ukur pasut otomatis. Kekurangan dari alat tersebut adalah keterbatasan daya jangkauan sensor sejauh 4 meter yang belum mampu diaplikasikan pada Indonesia wilayah timur dengan tunggang air sampai dengan 8 meter dan teknik pengambilan datanya secara manual perlu ditingkatkan dengan pengukuran dari jarak jauh. Sehingga penulis bermaksud untuk meningkatkan *prototype* alat ukur pasut dengan kemampuan sensor yang lebih tinggi dan melengkapinya dengan peralatan telemetri.

Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang terjadi, maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan diteliti sebagai berikut:

- Bagaimana meningkatkan keakuratan data yang dihasilkan dari

prototype yang sudah ada dengan mengganti anduino uno dengan microcontroller mega 1280.

- Bagaimana meningkatkan daya jangkauan sensor dengan mengganti sensor SRF05 (4 meter) dengan sensor Maxbotic MB7366 HRXL Max Sonar WRL(10 meter).

- Bagaimana menambahkan perangkat telemetri pada *prototype* dengan perantara jaringan internet.

- Bagaimana menambahkan perangkat *Solar cell* pada rangkaian alat.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah :

- Meningkatkan *prototype* alat ukur pasang surut menggunakan *microcontroller mega 1280* dengan sensor *ultra sonic* MB7366 HRXL Max Sonar WRL sehingga menghasilkan data yang akurat .

- Meningkatkan daya jangkauan alat.

- Memper memudahkan sistem akuisisi dengan menambahkan perangkat telemetri dengan jaringan internet pada *prototype* tersebut.

- Menambahkan *Solar cell* sebagai penyuplai catu daya.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah menghasilkan suatu alat ukur Pasut dengan sensor *ultra sonic* yang dilengkapi dengan *telemetri* sehingga dapat memberikan kemudahan dalam pengambilan, penyimpanan dan publikasi data pasut sehingga dapat memberikan kontribusi untuk Pushidrosal, surveyor dan masyarakat umum.

Batasan Masalah

Dalam ruang lingkup pembahasan dari isi tugas akhir ini dibatasi pada hal-hal berikut:

- Bagaimana mendesain alat, merakit, memprogram dan menguji *prototype* alat ukur pasut dengan perangkat *microcontroller* atmega 1280, sensor *ultra sonic* dan perangkat *telemetri* dengan perantara jaringan internet.

- Bagaimana pengoperasian *prototype* alat ukur pasut yang dilengkapi perangkat telemetri modem GSM.

PERANCANGAN, IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

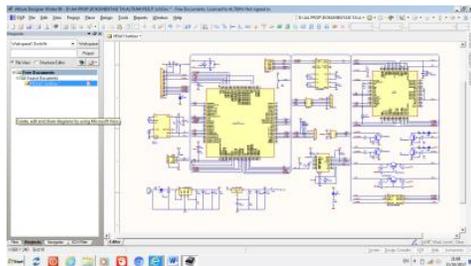
Perancangan

Dalam perancangan dan *upgrade prototype* alat ukur pasut sensor *ultra sonic* yang dilengkapi telemetri ini terbagi atas beberapa tahapan, mulai dari pembuatan PCB (*printed circuit board*) pemasangan komponen kedalam PCB, menghubungkan dengan sensor, penulisan *sketch* pada *software* arduino, pembuatan *casing*, kalibrasi alat dan pengujian alat.

Pembuatan PCB

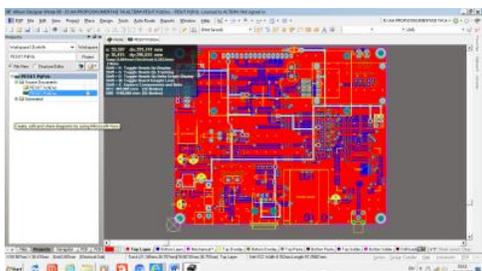
Banyak cara membuat PCB antara lain secara manual dan secara otomatis. Pada pembuatan PCB untuk *upgrade prototype* alat ukur pasut sensor *ultra sonic* dengan perangkat telemetri dibuat secara manual. Berikut adalah tahapan dalam pembuatan PCB secara manual :

- a. Menggambar skematik rangkaian dengan *software* Altium



Gambar 4.1 Skematik rangkaian

- b. Menggambar *lay out* gambar skematik.



Gambar 4.2 *lay out* PCB

- c. Siapkan lembaran PCB polos gergaji triplek, pisau cutter, bor kecil ukuran mata 0,8 – 1 mm, wadah untuk pelarutan dan Ferikloritda1 ons.
- d. Cetak gambar hasil *lay out* dengan kertas HVS.
- e. Potong papan PCB sesuai kebutuhan, gosok dengan amplas halus dan cuci sampai bersih.
- f. Celupkan potongan PCB polos tersebut ke larutan Feriklorit dan digoyang-goyang sekitar 5 – 10 detik sampai permukaannya berubah

warna menjadi kecoklatan, segera angkat dan bersihkan dengan air bersih.

g. Letakkan gambar cetakan *layout* PCB pada potongan PCB polos, bagian yg ada gambar *layout* menempel pada lapisan tembaga. Atur letaknya supaya pas dan seimbang kemudian tahan gambar dengan cara tutupkan sebagian alas setrika di atas kertas cetakan kemudian ditekan. Tekankan setrika di bagian tepi, dipress selama 3 detik kemudian digeser ke ujung seperti menyetrika. Demikian seterusnya sampai merata, akan tampak goresan-goresan sesuai jalur PCB di kertas majalah. Setelah dianggap cukup merata didinginkan selama 10 menit supaya melekat pada lapisan tembaga. Setelah dingin, rendam hasil setrika pada wadah yg diisi air tawar, minimal selama 10 menit.

h. Gosok kertas majalah di bagian sudut perlahan menggunakan ujung jarisampai semua kertas terkelupas dan gambar cetakan *layout* PCB tampak menempel pada lapisan tembaga.

i. Periksa keutuhan lapisan gambar *layout* PCB seandainya ada yang terkelupas silahkan diperbaiki menggunakan spidol permanen.

j. Celupkan ke dalam larutan Feriklorit kemudian digerak-gerakkan sampai semua lapisan tembaga yg tidak tertutup gambar *layout* menjadi larut.

k. Untuk menghilangkan lapisan gambar *layout* dan tinta spidol silahkan gosok kembali menggunakan sabun stainless secara merata sampai lapisan tembaga bersih mengkilap kembali, dengan disiram air. Terakhir tuangkan sedikit cuka dan ratakan digosok ke seluruh permukaan PCB, untuk menetralkan lapisan tembaga tidak cepat teroksidasi dan berubah menjadi coklat kembali. Kemudian cuci dan keringkan PCB.

Pemasangan komponen kedalam PCB

Setelah PCB siap, komponen-komponen elektronika yang dibutuhkan dapat dipasang dengan teknik disolder. Sebelum komponen tersebut di pasang tentunya sudah diuji kelaikkannya.



Gambar PCB dan komponen-komponen pendukung

Setelah PCB siap, tahap berikutnya adalah merangkainya dengan sensor yang digunakan. Pada proses ini dilaksanakan dengan menyambungkan PCB yang sudah siap dengan sensor *ultra sonic* Maxbotic 7366 dengan menggunakan kabel LAN (*local area network*).

Pemrograman alat

Pemrograman alat dengan menggunakan *software* Arduino IDE. *Software* tersebut bersifat *open source* sehingga dapat digunakan secara bebas. Penulisan program sesuai kaidah bahasa program *c++* sehingga alat dapat berjalan sesuai system kerja yang telah dirancang dan menghasilkan data yang diharapkan.

Pemrograman *prototype* ini menggunakan perangkat lunak Arduino dengan cara sebagai berikut :

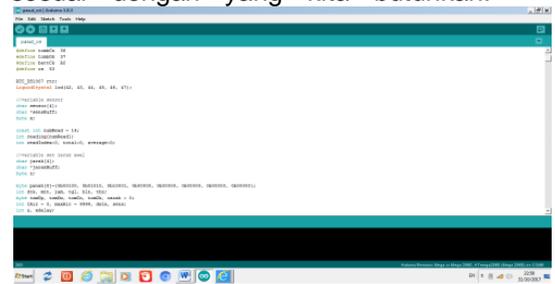
- a. Buka Perangkat *software* Arduino 1.8.3
- b. Setelah *software* arduino terbuka hubungkan kabel data dari laptop ke *Hardware* arduino *custom*.



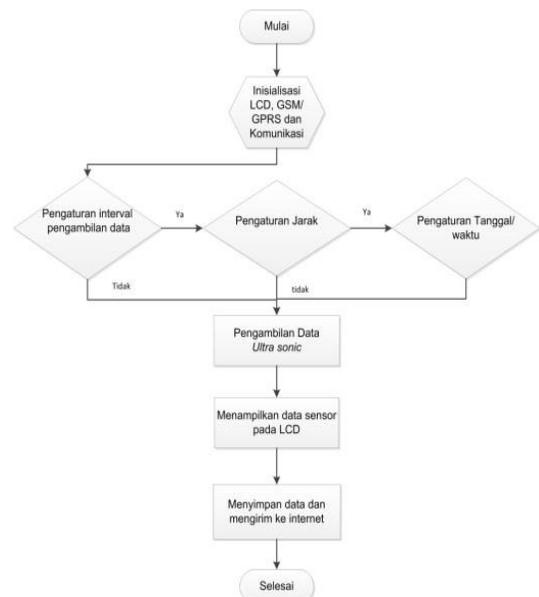
Gambar 4.5 koneksi laptop ke *hardware* arduino

c. Setelah semua terhubung pada *software* arduino klik *tools*, lalu pilih *board* yang kita gunakan dan *port* berapa kabel data terhubung dengan laptop. Jika Port com belum dapat ditampilkan maka hubungkan board Arduino, tunggu windows untuk melakukan driver installation. Jika gagal, buka control panel windows, lalu buka device manager, Ports (COM & LPT), port "Arduino UNO (COMxx)", click kanan dan pilih "*Update Driver Software*" option. Lalu pilih "*Browse my computer for Driver software*" option. Cari driver file dengan nama "arduino.inf", di folder "Drivers". Folder dapat ditemukan ditempat instal *software* IDE Arduino. Windows akan menyelesaikan instalasi *driver*.

d. Setelah semua terhubung tulis program agar *prototype* ini dapat bekerja sesuai dengan yang kita butuhkan.



Gambar 4.6 Penulisan program



Gambar 4.7 Skema alur pikir pemrograman

e. Setelah selesai pemrograman, simpan program tersebut dengan menekan menu *save* pada *software* arduino. Setelah disimpan untuk menjalankan program yang telah dibuat tekan menu *upload* dengan di *uploadnya* program maka selesai sudah proses pemrograman alat siap di uji coba.

Pemasangan casing

Pembuatan casing untuk PCB menggunakan bahan akrilik yang dipotong dan dipasang dengan menyesuaikan dengan kondisi dari rangkaian alat dan pemakaian di lapangan. Box panel listrik dengan dimensi 20 x 30 x 40 cm sebagai rumah rangkaian yang ada berupa PCB *data logger*, *controller*, dan catu daya berupa aki kering 12 volt 24 ampere.



Gambar 4.8 Control Display Unit

Merangkaikan alat dengan catu daya dan sumber catu daya

Catu daya yang diperlukan dalam rangkaian alat tersebut terdiri dari 2 sumber catu daya. Pada keperluan singkat kita rangkai dengan *bateray* 3,7 Volt 4 buah yang dapat di *charge*. Bateray dirangkai secara paralel masing-masing 2 buah kemudian dirangkai secara seri sehingga menghasilkan tegangan maksimal 8,2 Volt dengan kapasitas maksimal 4000 mAh. Sedangkan untuk kebutuhan penggunaan jangka panjang kita rangkai dengan aki yang didukung *solar panel*.

Catu daya yang berupa aki kering dengan daya 12 volt 24 ampere. Aki kering merupakan catu daya yang praktis, tidak memerlukan perawatan rutin dan tidak menimbulkan korosi pada komponen. Selain itu, daya tahan pemakaian tidak jauh berbeda dibandingkan dengan aki basah. Dibutuhkan 24 ampere dengan perhitungan daya :

a. Power consumption

Tegangan yang dibutuhkan alat adalah 12 Volt, arus listrik 180 mili Ampere.

$$P : E \times I$$

P : daya listrik (Watt)

E : tegangan listrik (volt)

I : arus listrik (Ampere)

Jadi kebutuhan daya alat sebesar 12 Volt X 0,18 Ampere = 2,16 Watt. Kebutuhan daya dalam satu hari adalah 2,16 (Watt) X 24 (jam) = 51,84 Watt/hari.

b. Energi listrik yang di hasilkan perhari

Daya panel surya sebesar 20 Watt yang berarti panel tersebut akan menghasilkan daya sebesar 20 Watt setiap jam. Jika dalam satu hari efektif di hasilkan selama 4 jam, maka jumlah daya yang di hasilkan sebesar 20 Watt X 4 jam = 80 Watt.

c. Kebutuhan daya aki kering sebagai penyimpan energi.

Aki kering yang digunakan adalah aki yang mempunyai tegangan 12 Volt, dengan

besar arus listrik adalah 24 Ampere, dengan perhitungan sebagai berikut :

12 Volt X 24 Ampere = 288 Watt. Dengan adanya controller maka akan menjaga tegangan menjadi 12 Volt + 10 %. Jadi total energy tersimpan 288 Watt + (288 Watt x 10%) = 316 Watt. Batas minimum pemakaian adalah sebesar 50 %. Total daya yang boleh digunakan dalam aki sebesar 288 Watt X 50 % = 158,4 Watt.

Dengan demikian dapat disimpulkan tanpa ada pasokan dari solar panel, aki akan dapat bertahan selama 158,4 Watt / 51,84 Watt = 3 (tiga) hari.

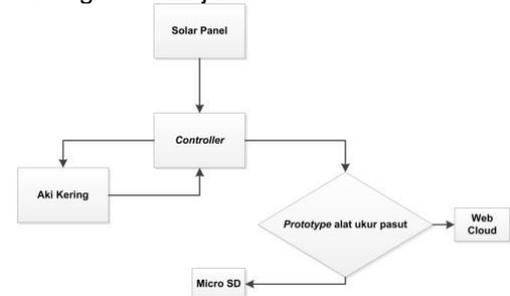
Perhitungan penggunaan daya baterai adalah sebagai berikut :

a. Power consumption

P : E X I (tegangan aksimal 8,2 volt dan arus listrik 0,18) sehingga daya yang dibutuhkan 8,2 X 0,18 = 1,476 Watt/jam.

b. Kekuatan baterai

Baterai dapat menyimpan arus sebesar 8,2 X 4 A = 32,8 Watt. Baterai yang dipakai adalah sebesar 50 % Tahan selama Dengan demikian baterai dapat bertahan selama x 32,8/ 1,476 = 22,2 kurang lebih 22 jam .



Gambar 4.9 Alur rangkaian

Memasukkan memori Micro SD dan kartu GSM

Untuk menyimpan data hasil akuisisi sebelum ditransmisikan ke *web cloud*, dibutuhkan suatu memori. *Setting* pengambilan data interval 1 menit membutuhkan ruang penyimpanan sebesar

5 KB/hari. Total selama 20 tahun = 15 KB X 360 hari X 20 tahun = 108.000 kb(108 MB).

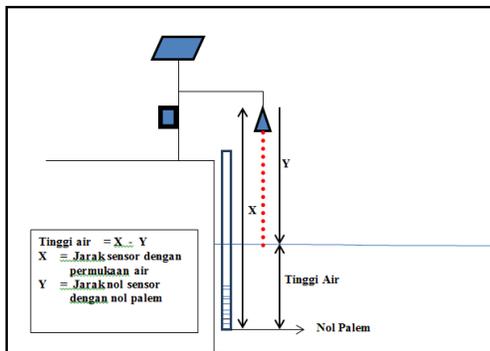
Kartu GSM yang dipakai dalam mendukung komunikasi adalah kartu GSM Telkomsel. Perhitungan penggunaan paket data perhari adalah sebesar 15 kb atau 450 kb perbulan. Jadi setiap bulan diperlukan paket data 450 kb. Dengan perbandingan 500 mb seharga Rp.27.000,00 (Rp 54,00/ mb), sehingga dengan besar 450 kb memerlukan biaya sebesar Rp

27,00 sebulan. Disamping paket data diperlukan juga pulsa yang digunakan untuk komunikasi membalas sms dari pengguna jika memerlukan informasi ketinggian air dan daya baterai saat itu.

Implementasi

Pinsip kerja pembacaan *up grade prototype* alat ukur pasut adalah hasil pengurangan antara jarak nol sensor terhadap nol palem dikurangi dengan jarak nol sensor terhadap permukaan air. Kalibrasi alat dilakukan dengan menyeting alat, mengoperasikannya dan melakukan pengamatan terhadap palem sebagai kontrol pembacaan *prototype*. Alat dapat bekerja dengan jarak jangkauan sensor 500 mm sampai dengan 9999 mm.

Dalam Sistem kerja alat, master akan mengaktifkan Sensor *ultrasonic* sesuai waktu baca, kemudian sensor akan mengirimkan data sensor *Ultrasonic* sekitar 14 kali pembacaan yang di rata-rata. Data hasil pembacaan kemudian ditampilkan pada LCD dan disimpan pada Micro SD. Selain itu data juga dikirimkan ke website melalui koneksi GPRS. Data yang tersimpan pada micro SD dapat dibaca dan dihapus melalui koneksi USB.



Gambar 4.11 Prinsip pengambilan data tinggi air

Pengukuran dimulai dari jarak 500 mm sampai dengan jarak 9999 mm dengan interval 100 mm, alat di setting dengan jarak 9999 mm.

Pengujian Sistem

Pengujian dilaksanakan di dermaga 22 Pantai Marina Ancol mulai tanggal 27 Oktober sampai dengan 11 Nopember 2017 pada posisi $06^{\circ} 07,108'$ dan $106^{\circ} 49,741'$ dengan Interval pengamatan 15 menit selama 15 piantan. Hal ini bertujuan menguji ketahanan alat dan untuk

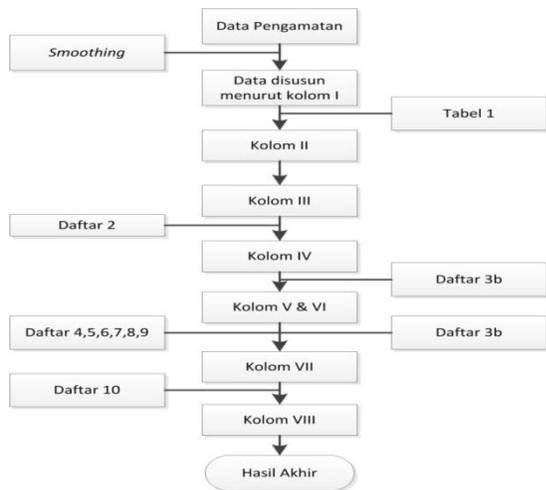
mendapatkan konstanta harmonik sebagai perbandingan antara pembacaan palem secara manual, *Tide master pressure* dan alat hasil *upgrade prototype*.

Kegiatan dimulai dengan instalasi peralatan mulai dari pemasangan palem, *Tide Masterpressure* dan *prototype*. Pada saat inslasi *Tide Master* dilaksanakan kalibrasi nilai gain pada dua kedalaman yang berbeda untuk mendapatkan nilai gain rata-rata, sehingga didapatkan hasil yang akurat. Sedangkan kalibrasi *prototype* dilaksanakan dengan membandingkan dengan palem. Pembacaan palem dengan interval 15 menit dan 5 menit pada saat pasang tertinggi dan surut terendah periode pengamatan. *Tide Master* disetting dengan interval 15 menit. Sedangkan *prototype* di *setting* dengan interval 1 menit. *Download* data dilaksanakan setiap hari pada waktu pagi hari dengan 2 metode pengambilan data yaitu secara manual dengan menggunakan kabel USB dan *download* data dari data yang telah tersimpan pada web, IOT Thingspeek (lihat LAMPIRAN C). Keseluruhan data hasil akuisisi dapat di lihat pada LAMPIRAN D. Selama proses pengambilan data kita dapat mengetahui data tinggi air dan besar tegangan baterai dengan cara SMS ketik "info" ke No yang ada di dalam *controller* yaitu 082245534745. Selain itu, menggunakan HP android dapat kita monitor grafik pasang surut dengan memasang *Thing view* (lihat lampiran C).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Data hasil pengamatan selama 15 piantan alat hasil *upgradeprototype* dengan *setting* interval 1 menit dihasilkan data dengan interval 2 menit. Data di web mengalami perlambatan 2 menit dari data yang di dapatkan pada Micro SD. Kemudian diolah dengan menggunakan metode Admiralty, degan langkah-langkah sebagai berikut :



Gambar Skematik pengolahan dengan metode admiralty 15 piantan

Tabel Hasil pengolahan data Palembang

HASIL TERAKHIR										
	S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A Cm	121	9	4	2	30	14	1	0	1	10
g °	329	283	240	141	135	178	221	283	141	

Tabel Hasil pengolahan data Tide Master Pressure

HASIL TERAKHIR										
	S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A Cm	120	9	5	2	32	16	1	0	1	11
g °	330	282	250	140	134	172	212	282	140	

Tabel Hasil pengolahan data Prototype

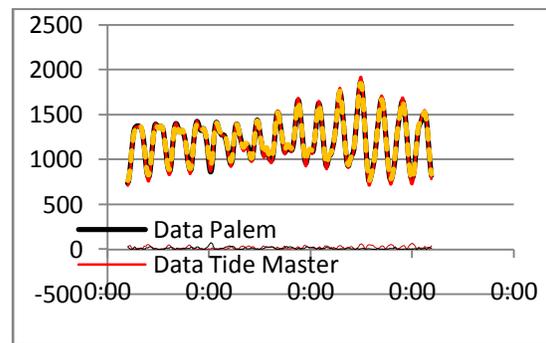
HASIL TERAKHIR										
	S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A Cm	122	8	4	2	29	15	1	0	1	9
g °	328	283	245	141	134	175	212	283	141	

Pembahasan

Kajian hasil pengambilan data dengan Tide Pole, Tide Master Pressure dan Prototype

a. Perbandingan data tinggi air

Data yang dihasilkan adalah berupa data tanggal waktu, tinggi air serta kondisi baterai. Data Palembang merupakan data yang diasumsikan dijadikan sebagai data control I dan data yang Tide Master Pressure sebagai data control II dari data prototype. Pengambilan data secara manual dengan membaca Palembang dipengaruhi oleh gelombang. Sedangkan data dari kedua alat juga dituntut untuk menyajikan data yang akurat walaupun terdapat gelombang. Pada pengukuran Tide Master Pressure juga dipengaruhi oleh kondisi densitas di tempat pengukuran, meskipun pada awal *setting* sudah dilaksanakan kalibrasi. Berikut adalah tampilan grafik data hasil pengukuran dari ketiga alat.



Gambar 5.2 Grafik data pasang surut 15 piantan

Data yang dihasilkan antara ketiga metode terdapat perbedaan. Sebagai data control adalah data pengamatan Palembang dengan. Jumlah selisih data Palembang terhadap data Tide Master adalah sebesar 6928 sedangkan jumlah selisih data Palembang terhadap data Prototype adalah sebesar 4349. Sehingga dapat kita hitung *root mean square error* dari jumlah selisih kedua data ($\sum X^2 =$ kuadrat jumlah selisih dan $n =$ jumlah data).

- 1) RMSE data Palembang dengan Tide Master

$$\sum X = 6928$$

$$\sum X^2 = 212985$$

$$N = 360$$

$$RMSE = \frac{\sqrt{(\sum X^2)}}{n}$$

$$= \frac{\sqrt{212985}}{360}$$

$$= 24 \text{ mm}$$

- 2) RMSE data Palembang dengan Prototype

$$\sum X = 4349$$

$$\sum X^2 = 98002$$

$$N = 360$$

$$RMSE = \frac{\sqrt{(\sum X^2)}}{n}$$

$$= \frac{\sqrt{98002}}{360}$$

$$= 16 \text{ mm}$$

- 3) RMSE Tide Master dengan Prototype

$$\sum X = 10301$$

$$\sum X^2 = 425080$$

$$N = 360$$

$$RMSE = \frac{\sqrt{(\sum X^2)}}{n}$$

$$= \frac{\sqrt{425080}}{360}$$

$$= 34 \text{ mm}$$

Perbandingan kontanta harmonik yang dihasilkan

Setelah dilaksanakan perhitungan data pasang surut dari ketiga alat dengan metode admiralty, dihasilkan data sbb :
Tipe pasang surut dari tiap-tiap data adalah sebagai berikut :

- 1) Data Palembang
 $F = (AK1 + AO1) / (AM2 + AS2)$
 $F = (30 + 14) / (9 + 4)$
 $F = 3,374$
- 2) Data Tide Master
 $F = (AK1 + AO1) / (AM2 + AS2)$
 $F = (32 + 16) / (9 + 5)$
 $F = 3,388$
- 3) Data prototype
 $F = (AK1 + AO1) / (AM2 + AS2)$
 $F = (29 + 14) / (8 + 4)$
 $F = 3,495$

Dari ketiga hasil perhitungan dihasilkan data hari ($F \geq 3,00$) digolongkan kedalam tipe pasang surutharian tunggal.

Dari ketiga komponen konstanta harmonik dapat dihitung nilai selisih dari tiap-tiap data pengambilan.

- 1) Selisih konstanta harmonik data Palembang dengan data Tide Master
- Tabel 5.14 Selisih komponen data Palembang dengan Tide Master

Jenis Komponen	Data Palembang		Data Tide Master		Selisih komponen		Selisih komponen	
	Amp (cm)	Fase(°)	Amp (cm)	Fase(°)	Amp (cm)	Fase(°)	Amp (cm)	Fase(°)
S0	121		120		0,9		0,8	
M2	9	329	9	330	0,8	1,0	0,7	1,0
S2	4	283	5	282	0,3	0,4	0,1	0,2
N2	2	240	2	250	0,3	9,7	0,1	93,5
K1	30	141	32	140	2,3	0,5	5,1	0,3
O1	14	135	16	134	1,8	1,0	3,3	0,9
M4	1	178	1	172	0,1	6,0	0,0	35,4
MS4	0	221	0	212	0,0	8,9	0,0	78,3
K2	1	283	1	282	0,1	0,4	0,0	0,2
P1	10	141	11	140	0,7	0,5	0,6	0,3
Jumlah (Σ)							10,8	210,0

Diketahui $n(X) = 10$ dan $n(Y) = 9$ sehingga dapat dihitung besar variansi/standard error (S) dan standar deviasinya (σ).

$$Sx1 = \sqrt{\frac{\sum(x-x1)^2}{n}}$$

$$Sy1 = \sqrt{\frac{\sum(y-y1)^2}{n}}$$

$$Sx1 = \frac{\sqrt{10,8}}{10}$$

$$Sy1 = \frac{\sqrt{210}}{10}$$

$$Sx1 = 1,03 \text{ cm}$$

$$Sy1 = 4,831^\circ$$

Standar deviasi

$$\sigma x1 = \frac{\sqrt{\sum(x-x1)^2}}{n-1}$$

$$\sigma y1 = \frac{\sqrt{\sum(y-y1)^2}}{n-1}$$

$$\sigma x1 = \frac{\sqrt{10,6}}{10-1}$$

$$\sigma y1 = \frac{\sqrt{381,9}}{10-1}$$

$$\sigma x1 = 1,094 \text{ cm}$$

$$\sigma y1 = 5,124 \text{ cm}$$

- 2) Selisih konstanta harmonik data Palembang dengan data Prototype

Tabel Selisih komponen data Palembang dengan prototype

Jenis Komponen	Data Palembang		Data Prototype		Selisih komponen		Selisih komponen	
	Amp (cm)	Fase(°)	Amp (cm)	Fase(°)	Amp (cm)	Fase(°)	Amp (cm)	Fase(°)
	X	Y	X2	Y2	(X-X2)	(Y-Y2)	(X-X2)²	(Y-Y2)²
S0	121		122		0,8		0,7	
M2	9	329	8	328	0,4	0,8	0,1	0,6
S2	4	283	4	283	0,3	0,0	0,1	0,0
N2	2	240	2	245	0,1	4,7	0,0	22,0
K1	30	141	29	141	1,4	0,4	2,0	0,1
O1	14	135	15	134	0,7	0,7	0,5	0,5
M4	1	178	1	175	0,0	3,0	0,0	9,0
MS4	0	221	0	212	0,1	8,6	0,0	73,8
K2	1	283	1	283	0,1	0,0	0,0	0,0
P1	10	141	9	141	0,5	0,4	0,2	0,1
Jumlah (Σ)							3,6	106,2

$$Sx2 = \sqrt{\frac{\sum(x-x2)^2}{n}}$$

$$Sy2 = \sqrt{\frac{\sum(y-y2)^2}{n}}$$

$$Sx2 = \frac{\sqrt{3,6}}{10}$$

$$Sy2 = \frac{\sqrt{106,2}}{10}$$

$$Sx2 = 0,602 \text{ cm}$$

$$Sy2 = 3,435 \text{ cm}$$

Standar deviasi

$$\sigma x2 = \frac{\sqrt{\sum(x-x2)^2}}{n-1}$$

$$\sigma y2 = \frac{\sqrt{\sum(y-y2)^2}}{n-1}$$

$$\sigma x2 = \frac{\sqrt{3,6}}{10-1}$$

$$\sigma y2 = \frac{\sqrt{106,2}}{10-1}$$

$$\sigma x2 = 0,635 \text{ cm}$$

$$\sigma y2 = 3,643 \text{ cm}$$

- 3) Selisih konstanta harmonik data Tide Master dengan data Prototype

Tabel Selisih komponen data Tide Master dengan prototype

Jenis Komponen	Data Tide Master		Data Prototype		Selisih komponen		Selisih komponen	
	Amp (cm)	Fase(°)	Amp (cm)	Fase(°)	Amp (cm)	Fase(°)	Amp (cm)	Fase(°)
	X1	Y1	X2	Y2	(X1-X2)	(Y1-Y2)	(X1-X2) ²	(Y1-Y2) ²
S0	120		122		1,7		3,0	
M2	9	330	8	328	1,2	1,8	1,5	3,1
S2	5	282	4	283	0,6	0,4	0,4	0,1
N2	2	250	2	245	0,4	5,0	0,2	24,7
K1	32	140	29	141	3,7	0,9	13,4	0,8
O1	16	134	15	134	1,1	0,3	1,2	0,1
M4	1	172	1	175	0,1	3,0	0,0	8,8
MS4	0	212	0	212	0,1	0,3	0,0	0,1
K2	1	282	1	283	0,2	0,4	0,0	0,1
P1	11	140	9	141	1,2	0,9	1,5	0,8
Jumlah (Σ)							21,2	38,7

$$S_{x3} = \sqrt{\frac{\sum(x-x_1)^2}{n}}$$

$$S_{y3} = \sqrt{\frac{\sum(y-y_1)^2}{n}}$$

$$S_{x3} = \frac{\sqrt{21,2}}{10}$$

$$S_{y3} = \frac{\sqrt{38,7}}{10}$$

$$S_{x3} = 1,45 \text{ cm}$$

$$S_{y3} = 2,072 \text{ cm}$$

Standar deviasi

$$\sigma_{x3} = \frac{\sqrt{(x-x_1)^2}}{n-1}$$

$$\sigma_{y3} = \frac{\sqrt{(y-y_1)^2}}{n-1}$$

$$\sigma_{x3} = \frac{\sqrt{21,2}}{10-1}$$

$$\sigma_{y3} = \frac{\sqrt{38,7}}{10-1}$$

$$\sigma_x = 1,534 \text{ cm}$$

$$\sigma_y = 2,198 \text{ cm}$$

5.2.2 Perbandingan Nilai Referensi Vertikal

Titik referensi vertikal adalah titik yang digunakan sebagai acuan dalam penentuan posisi tinggi titik-titik yang lain. Salah satu referensi vertikal yang digunakan dalam keperluan geodesi adalah referensi-referensi vertikal hasil analisis terhadap data pengamatan pasang surut. Hasil perhitungan perbandingan 3 jenis referensi vertikal dengan menggunakan komponen-komponen harmonik yang dihasilkan dari dua metode pengamatan, nilai MSL adalah nilai dari S_0 , $LLWL = S_0 - (M_2 + S_2) - (O_1 + K_1)$ dan nilai $HHWL = S_0 + (M_2 + S_2) + (O_1 + K_1)$ yang selanjutnya disajikan pada Tabel .

Tabel 5.17 Selisih nilai referensi vertical

Jenis	Nilai referensi vertikal			Selisih nilai referensi vertikal		
	Palem	Tide Master	Prototype	Palem-Tide Master	Palem-Prototype	Tide Master-Prototype
MSL	121,4	120,5	122,2	0,9	0,8	1,7
HHWL	178,4	182,7	177,9	4,3	0,5	4,8
LLWL	64,4	58,2	66,6	6,2	2,2	8,3

Tabel diatas menunjukkan bahwa selisih nilai referensi vertikal antara palem dan *prototype* lebih kecil dibandingkan selisih antara *Tide Master* dengan *prototype*.

5.2.3 Regresi Linier dan Korelasi

Metode tangan bebas merupakan metoda kira-kira menggunakan diagram pencar berdasarkan hasil pengamatan. Jika fenomena meliputi sebuah variabel bebas X dan variabel tak bebas Y, maka data yang didapat digambarkan pada diagram dengan sumbu datar menyatakan X dan sumbu tegak dinyatakan Y. Titik-titik yang ditentukan oleh absis X dan ordinat Y digambarkan dan terjadilah sebuah diagram pencar. Dengan memperhatikan titik-titik pada diagram, bentuk regresi dapat diperkirakan. Jika letak titik-titik itu sekitaran garis lurus, maka cukup beralasan untuk menduga regresi linier. Jika letak titik-titik sekitar garis lengkung, wajarlah menduga regresi non linier (Sujana,1989). Contoh regresi linier ada pada gambar 2.10. (Rumus ini disebut juga dengan *Pearson Product Moment*)

$$R = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n\sum x^2 - (\sum x)^2\}\{n\sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

1) Korelasi dan regresi linier data palem dengan *prototype*

$$R = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n\sum x^2 - (\sum x)^2\}\{n\sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

Tabel Korelasi palem dan *tide master*

Analisa korelasi data palem dengan data Tide Master	
n	360
(ΣX)	437503
(ΣY)	434278
(ΣX ²)	551418696
(ΣX) ²	1,91408E+11
(ΣY ²)	547182191,5
(ΣY) ²	1,88597E+11
(ΣX).(ΣY)	1,89998E+11
(ΣXY)	549193951
R	0,999170558
R ²	0,998341804

. Persamaan regresi linier

$$Y = a + bx$$

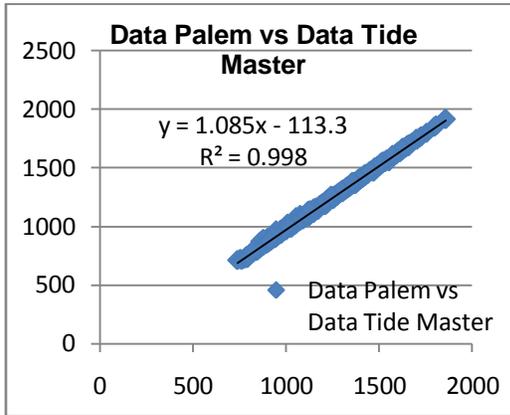
$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = 1,0859$$

$$a = \frac{\sum y - b(\sum x)}{n}$$

$$a = 113,31$$

$$Y = 113,31 + 1,0859x$$



Gambar Grafik Regresi Linier data palem dengan data *Tide Master*

2) Korelasi dan regresi linier data palem dengan *prototype*

$$R = \frac{n\sum xz - (\sum x)(\sum z)}{\sqrt{\{n\sum x^2 - (\sum x)^2\}\{n\sum z^2 - (\sum z)^2\}}}$$

Tabel 5.19 Korelasi palem dan *prototype*

Analisa korelasi data palem dengan data <i>prototype</i>	
n	360
($\sum X$)	437503
($\sum Z$)	440488
($\sum X^2$)	551418696
($\sum X$) ²	1,91408E+11
($\sum Z^2$)	557468709,9
($\sum Z$) ²	1,94029E+11
($\sum X$).($\sum Z$)	1,92715E+11
($\sum Xz$)	554394702
R	0,99860141
R ²	0,997204775

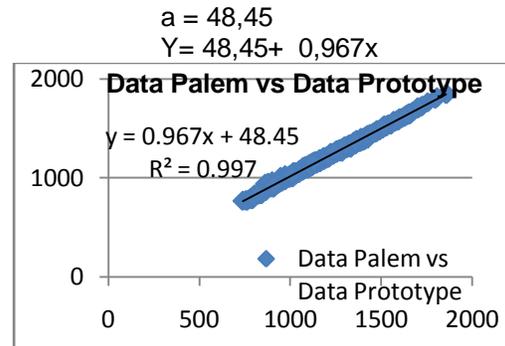
Persamaan regresi linier

$$Y = a + bx$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x) \cdot (\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{\sum z - b \cdot (\sum x)}{n}$$

$$b = 0,967$$



Gambar Grafik Regresi Linier data palem dengan data *prototype*

3) Korelasi dan regresi linier data *Tide Master* dengan *prototype*

$$R = \frac{n\sum yz - (\sum y)(\sum z)}{\sqrt{\{n\sum y^2 - (\sum y)^2\}\{n\sum z^2 - (\sum z)^2\}}}$$

Tabel 5.20 Korelasi *Tide Master* dan *prototype*

Analisa korelasi data Tide Master dengan data <i>prototype</i>	
n	360
($\sum y$)	434278
($\sum z$)	440488
($\sum y^2$)	547182191
($\sum y$) ²	1,88597E+11
($\sum z^2$)	557468709,9
($\sum z$) ²	1,94029E+11
($\sum y$).($\sum z$)	1,91294E+11
($\sum yz$)	552112911
R	0,999009596
R ²	0,999009596

Persamaan regresi linier

$$Y = a + bx$$

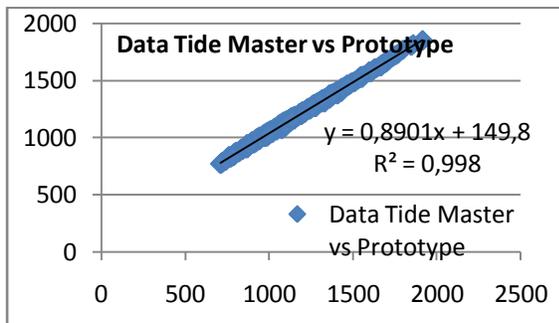
$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x) \cdot (\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{\sum z - b \cdot (\sum y)}{n}$$

$$b = 0,8901$$

$$a = 149,8$$

$$Y = 149,8 + 0,8901x$$



Gambar 5.5 Grafik Regresi Linier data Tide Master dengan data *prototype*

Korelasi dalam regresi linier apabila garis regresi yang terbaik untuk sekumpulan data berbentuk linier, maka derajat hubungannya akan dinyatakan dengan R dan biasanya dinamakan koefisien korelasi, sedangkan R^2 dinamakan koefisien determinasi atau koefisien penentu. Koefisien korelasi didapat hubungan $-1 \leq R \leq +1$. Harga $r = -1$ menyatakan adanya hubungan linier sempurna tak langsung antara X dan Y. Ini berarti bahwa titik-titik yang ditentukan (X_i, Y_i) seluruhnya terletak pada garis regresi linier dan harga X yang besar menyebabkan atau berpasangan dengan Y yang kecil sedangkan harga X yang kecil berpasangan dengan Y yang besar. Harga $R = +1$ menyatakan adanya hubungan linier sempurna langsung antara X dan Y. Khusus untuk $R = 0$, maka ini ditafsirkan bahwa tidak terdapat hubungan linier antara variabel X dan Y.

d. Secara keseluruhan data yang dihasilkan dari ketiga pengamatan mempunyai nilai regresi linier dan korelasi yang baik yaitu :

- 1) Palem terhadap *prototype*
 $Y = 0,967X - 48,45$ dan nilai $R^2 = 0,9972$
- 2) *Tide Master* terhadap *prototype*
 $Y = 0,8901x - 149,8$ dan nilai $R^2 = 0,998$

Dengan kesimpulan bahwa nilai R^2 mendekati 1 yang berarti hubungan linier mendekati kesempurnaan.

e. Data yang disimpan di micro sd dan data download dari web (*Thingspeak*) terdapat perbedaan data waktu. Data waktu di web mengalami keterlambatan 1 sampai dengan 2 menit.

f. Sistem solar panel diuji selama 15 hari dengan kondisi baterai stabil.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil peningkatan *prototype*, pengambilan data dan pengolahan data diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

a. Data pengamatan pasang surut yang dilakukan dengan menggunakan *prototype* memiliki ketelitian yang baik karena memiliki nilai RMSE = 16 mm terhadap palem dan RMSE 34 mm terhadap Tide master.

b. Komponen harmonik pasang surut yang dihasilkan oleh data pengamatan *prototype* memiliki ketelitian yang baik jika dibandingkan

1) Data palem dengan data *prototype*

Selisih tertinggi pada amplitudo sebesar 1,4 cm dan $8,6^\circ$ pada fase.

2) Data Tide Master dengan data *prototype*

Selisih tertinggi amplitudo sebesar 3,7 cm dan $5,3^\circ$ pada fase.

Dari ketiga jenis pengambilan data menghasilkan tipe pasang surut yang sama yaitu tipe pasut harian tunggal.

c. Selisih nilai referensi vertikal yang dihasilkan dari komponen harmonik pasang surut adalah sebagai berikut :

1) Palem dengan *prototype*

MSL 0,8 cm , HHWL 0,5 cm dan LLWL 2,2 cm.

2) Tide Master dengan *prototype*

Msl 1,7 cm , HHWL 4,8 cm dan LLWL 8,3 cm.

Saran

Dari hasil uji coba dan pengambilan data di lapangan dapat disarankan :

a. Perlu diadakan penelitian lanjutan guna meminimalisir keterlambatan pengiriman data ke server dengan menambahkan data waktu yang dikirim bersamaan dengan data tinggi air.

b. Diperlukan suatu server pribadi untuk pengamanan data dan aplikasi android untuk mempermudah publikasi.

c. Melakukan pengamatan yang lebih panjang guna mendapatkan data ketahanan alat dan pemecahan masalah yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvino, B. (1994, edisi ketiga). *Prinsip-prinsip elektronika*. Jakarta: Erlangga code 537.1 MALp.
- Depari, G. (1985). *Teori & Keterampilan Elektronika*. Bandung: Armico.
- Duadi, F. (1985). *Pengenalan Arduino*. Jakarta: Tokobuku.
- Gunawan, H. (1999). *Prinsip-prinsip Elektronik*. Jakarta: Erlangga.
- Kadir, A. (2016). *Pemrograman Arduino dan Processing*. Jakarta: PT. Gramedia.
- Nontji, A. (1987). *Laut Nusantara*. Jakarta: Djambatan.
- Pariworo, J. (1989). *Gaya Penggerak Pasang Surut*.
- Sapii, N. (1972). *Pengukuran Alat-alat Ukur Listrik*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sujana. (1972). *Metoda Statistika*. Bandung: Transito.
- Sunardi. (2016). *Tugas Akhir Prototype Alat Ukur Pasut Menggunakan Microcontroller Arduino Dengan Sensor ultra sonic*. Jakarta: STTAL.
- Wibisono. (2005). *Pengantar Ilmu Kelautan*. Jakarta: Gamedia Widiasarana.
- Wyrki, K. (1961). *The Physical Oceanography at South East Asiaan Waters*. La Jolla California: Naga Report.
- <https://www.indotrading.com>.(diakses tanggal 2 Agustus 2017).
- <https://www.maxbotic.com>.(diakses tanggal 30 Juli 2017).
- <https://www.referensiarduino.wordpress.com>.(diakses tanggal 24 Juli 2017).