

Simulasi Sistem Monitoring Pasang Surut Air Laut Dan Peringatan Dini Tsunami Menggunakan Sensor Hc-Sr04

Andi Restu¹, Djul Fikry Budiman¹, Budi Darmawan¹

¹Jurusan Teknik Elektro –Universitas Mataram, 83127 –Lombok, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received June 27, 2023

Revised June 27, 2023

Accepted June 27, 2023

Keywords :

Tidal monitoring;
Tsunami detector;
Arduino uno;

ABSTRACT

The waters in the port of ships often experience slack and there is no adequate tsunami detector. In this thesis, a simulation tool for a tidal monitoring system and an Arduino Uno based tsunami early warning system is designed to measure water levels and send a tsunami early warning automatically via SMS to the user's phonecell. Based on the test results, the average value of the error percentage obtained is 4.49%, this indicates that the system is able to detect the water level quite well. Then in the speed of low tide, the system can detect the difference in the speed of receding water to the number of valves that are open, where when one faucet is opened the average receding speed is 0.077 cm/s, the receding speed when two faucets are opened is 0.1222 cm/s. and the receding speed of the water when the three taps are opened is 0.199 cm/s. Water level data, low tide speed and tsunami status conditions can be saved to a micro SD card in Txt format. And the system is able to send a tsunami early warning via SMS when the system detects the speed of low tide ≥ 0.18 cm/s.

Corresponding Author:

Djul Fikry, Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram, Jalan Majapahit 63 Kota Mataram, 83127 -Lombok, IndonesiaEmail

Email: djulfikry@unram.ac.id

1. PENDAHULUAN

Negara Indonesia merupakan negara maritim yang memiliki pulau lebih dari 17.499 pulau dan memiliki luas perairan mencapai 5.877.879 km². Dengan wilayah perairan yang sangat luas tersebut, kegiatan transportasi laut dan proses berlabuhnya kapal ke dermaga menjadi sangat penting dalam menunjang perekonomian. Namun beberapa perairan pelabuhan kapal laut di Indonesia mengalami pendangkalan akibat penumpukan pasokan sedimen yang berasal dari pantai yang mengakibatkan kapal menjadi kesulitan untuk berlabuh maupun bertolak dari pelabuhan. Adapun dampaknya bagi kapal penumpang maupun kapal pengangkut batubara yang bermuatan berat menjadi kandas karena pendangkalan. Sedangkan dalam melakukan pengerukan dasar laut diperlukan biaya yang besar dan perlunya data-data tinggi pasang surut air laut.

Pasang surut air laut merupakan fenomena naik atau turunnya permukaan air laut pada periode tertentu. Adapun aktivitas lain yang bergantung pada pasang surut air laut yaitu sebagai dasar perencanaan pembangunan di pinggir laut, untuk proses pembuatan garam, energi alternatif pembangkit listrik dan penunjang kegiatan watersport. Dari hal tersebut maka diperlukan sebuah alat yang dapat memantau dan menyimpan data ketinggian air laut secara berkala. Selain itu, dengan data-data ketinggian air yang tersimpan dapat digunakan sebagai bahan analisa terhadap peningkatan tinggi permukaan air laut yang diakibatkan oleh fenomena pemanasan global. Pemanasan global merupakan suatu fenomena peningkatan suhu rata-rata pada permukaan bumi. Salah satu dari akibat pemanasan global adalah mencairnya lapisan es di kutub Utara dan Selatan. Peristiwa tersebut mengakibatkan naiknya permukaan air laut secara global setiap tahun. Dan jika dibiarkan terus-menerus, hal ini dapat mengakibatkan sejumlah pulau-pulau kecil tenggelam, tambak dipinggir pantai tenggelam,serta berakibat kerusakan fasilitas sosial dan ekonomi masyarakat.

Selain pasang surut air laut hal yang harus diperhatikan juga adalah fenomena surut air laut secara tiba-tiba dengan kecepatan surut yang melebihi batas normal yang merupakan suatu gejala pertanda tsunami. Tsunami adalah perpindahan gelombang air yang tinggi yang disebabkan oleh bagian dasar laut bergeser secara vertikal naik ataupun turun secara tiba-tiba. Salah satu penyebab tsunami yaitu diakibatkan oleh gempa bumi yang berpusat di dasar laut. Gejala awal terjadinya tsunami yaitu surutnya air laut secara mendadak dengan kecepatan surut air laut yang sangat cepat dibandingkan dengan kecepatan surut biasa. Kecepatan surut air laut ini sangat cepat dibandingkan dengan laju surut pada biasanya, kecepatan surut minimal air laut akibat tsunami adalah 0,66667 mm/s. Sedangkan proses pasang surut biasa (gaya tarik bulan dan matahari), laju surut maksimal air laut adalah 0,10305 mm/s (Syukri, 2009). Kemudian untuk selang waktu terjadinya tsunami setelah surutnya air laut kurang lebih sekitar 30 menit (Sari, 2017). Tsunami ini sangat berbahaya karena dapat merusak bangun-bangunan dipesisir pantai dan dapat menyebabkan banyaknya timbul korban jiwa.

Pemerintah Indonesia sebelumnya memiliki alat sistem Peringatan Dini Tsunami Indonesia (Indonesian Tsunami Early Warning System - InaTEWS) menggunakan alat Dart Buoy yang sebagai pendeteksi tsunaminya. Prinsip kerjanya mendeteksi perubahan tekanan dasar laut yang merupakan suatu pertanda tsunami kemudian mengirimkan peringatan dini tsunami ke satelit dan diteruskan ke BMKG. Namun proses pengiriman peringatan dini tsunami memerlukan waktu yang cukup lama umumnya sekitar 10 menit, kemudian BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) mengumumkan peringatan dini tsunami ke masyarakat. Namun alat tersebut nyatanya membutuhkan biaya yang sangat mahal dan kini banyak yang telah rusak dan hilang.

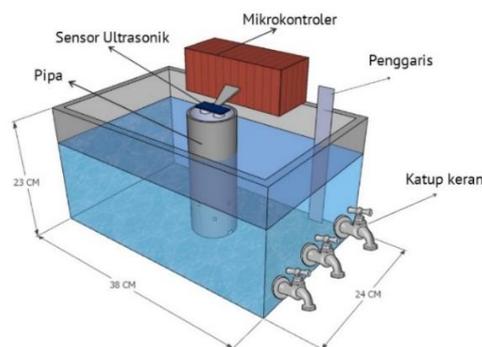
Dari permasalahan tersebut, penulis bermaksud melakukan perancangan alat simulasi yang murah dan mampu mengukur dan menyimpan data tinggi air secara berkala. Kemudian dapat juga mendeteksi gejala tsunami dan mengirimkan peringatan dini tsunami dengan waktu yang singkat melalui SMS.

2. METODE

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu : Perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, blok diagram, pengujian alat, pengambilan data dan membuat kesimpulan.

2.1 Perancangan Model Perangkat Keras (*Hardware*)

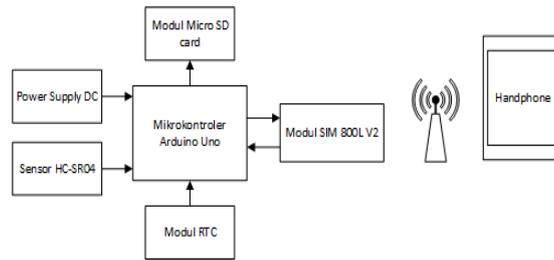
Tahapan perancangan yang dilakukan dimulai dari merancang wadah air dengan menambahkan tiga buah katup keran pada dasar wadah. Kemudian memasang sistem mikrokontroler diatas wadah beserta sensor ultrasonik yang mengarah ke permukaan air. Dibawah sensor ultrasonik ditambahkan sebuah pipa berdiri secara vertikal yang fungsinya sebagai penghalang pengaruh gelombang air dari luar pipa. Pada bagian dinding bawah pipa telah dibuat berlubang agar air tetap dapat masuk ke dalam pipa. Kemudian didalam pipa terdapat sebuah pelampung dengan bentuk piringan. Pelampung gabus yang didalam pipa berfungsi sebagai media agar gelombang ultrasonik dari sensor ultrasonik dapat memantul kembali ke sensor ultrasonik.



Gambar 1. Perancangan Model Perangkat Keras (*Hardware*)

2.2 Blok Diagram

Gambar 2 merupakan gambar blok diagram perancangan perangkat keras secara umum. Pada gambar tersebut terdapat *power supply* sebagai sumber listrik ke Arduino uno. Kemudian terdapat mikrokontroler arduino uno sebagai pengendali dan pengolah data.

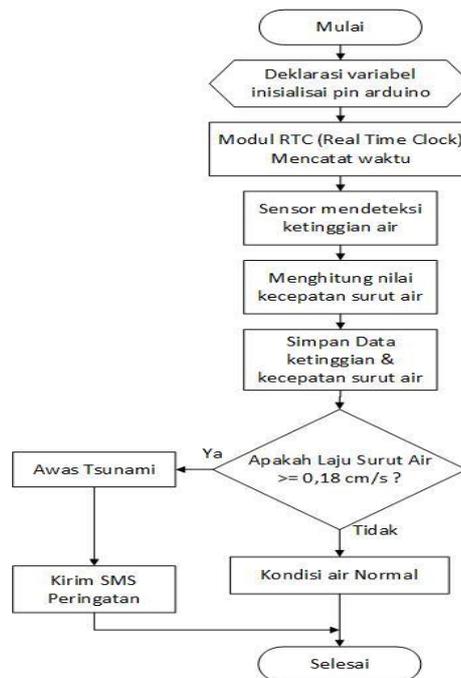


Gambar 2. Blok Diagram Perancangan Sistem

Dalam mengukur kedalaman air maka sistem akan menghitung dengan cara nilai tinggi wadah dikurangi dengan jarak antara sensor ultrasonik dengan permukaan air. Adapun prinsip kerja alat ini adalah mengukur ketinggian air dan kecepatan surut air menggunakan sensor HC-SR04. Kemudian data hasil pengukuran diolah oleh Arduino uno dan disimpan dalam *memory SD card* beserta dengan data waktu secara *realtime*. Jika sensor HC-SR04 mendeteksi kecepatan air surut yang melebihi nilai yang ditetapkan, maka modul SIM800L V2 akan mengirimkan pesan peringatan dini tsunami melalui SMS ke *handphone*.

2.3 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Diagram alir program pembaca tinggi air dan kecepatan surut air digambarkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Perangkat Lunak

Diagram alir program Arduino untuk membaca tinggi air dan kecepatan surut air digambarkan pada Gambar 3. Data hasil pengukuran disimpan pada *micro SD card*. Sistem akan mengirimkan peringatan dini tsunami jika terjadi kecepatan surut air ≥ 0.18 cm/s. Pertama, program akan menginisialisasi pin-pin Arduino dan memanggil *library* Arduino. Kemudian modul RTC (*Real Time Clock*) akan mencatat waktu secara *realtime*. Sensor akan membaca nilai ketinggian air dan akan menghitung nilai kecepatan surut air kemudian menyimpan data tinggi air dan kecepatan surut air setiap 5 detik kedalam *micro SD card*. Apabila sensor membaca laju surut air $\geq 0,18$ cm/s maka sistem akan membaca kondisi tersebut sebagai pertanda tsunami dan akan mengirimkan peringatan tsunami berupa SMS ke *handphone*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Pengukuran Tinggi Air

Kalibrasi sensor Ultrasonik HC-SR04 dapat dilihat pada Tabel 1. hasil pengukuran tersebut didapatkan dengan menempatkan sensor pada ketinggian 22 cm dari dasar wadah air. Permukaan air yang diukur oleh sensor adalah di dalam pipa yang telah dipasang pelampung gabus berbentuk piringan. Ketika permukaan air mendekati sensor, maka didapatkan nilai ketinggian yang semakin tinggi. Begitu juga sebaliknya ketika permukaan air menjauhi sensor maka hasil pengukuran semakin rendah. Pengujian sensor dimaksudkan untuk mengetahui sensor bekerja dengan baik dengan menentukan nilai persentase *error*. Persentase *error* didapatkan dari hasil perbandingan antara pengukuran mistar dengan pengukuran dari sensor.

Tabel 1. Pengujian Pengukuran Ketinggian Air Dengan Sensor Ultrasonik

No	Hasil Pengukuran Mistar (cm)	Hasil Pengukuran Sensor (cm)	% Error
1	20	19,58	2,1
2	19	18,09	4,78
3	18	17,54	2,55
4	17	16,91	0,52
5	16	15,72	1,75
6	15	14,15	5,66
7	14	13,21	5,64
8	13	12,95	0,38
9	12	11,55	3,75
10	11	11,61	5,54
11	10	10,49	4,9
12	9	8,98	0,22
13	8	7,61	4,87
14	7	6,57	6,14
15	6	6,19	3,16
Rata – rata Persentasi <i>Error</i>			4,49

Berdasarkan data hasil pengujian sensor Ultrasonik dalam mengukur ketinggian air pada Tabel 1. didapatkan hasil perhitungan nilai *error* terendah sebesar 0,22% dan *error* tertinggi sebesar 11%, kemudian didapatkan nilai *error* rata-rata sebesar 4,49%. Dari nilai persentasi *error* yang didapatkan, perbedaan yang terjadi tidak terlalu signifikan sehingga dapat dikatakan pengujian sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian air berfungsi cukup baik. Perbedaan jarak hasil pengukuran dengan jarak sesungguhnya dapat disebabkan oleh sensitifitas sensor dan kondisi riak air.

3.2 Pengujian Kecepatan Surut Air

Kecepatan surut air diukur dengan menggunakan sensor Ultrasonik HC-SR04. Hasil pengukuran kecepatan surut dipengaruhi oleh jumlah air yang keluar melalui ketiga keran yang ada di dalam wadah air. Semakin banyak keran dibuka maka didapatkan hasil pengukuran kecepatan surut semakin cepat. Begitu juga sebaliknya, semakin sedikit keran dibuka maka kecepatan surut akan semakin rendah. Berdasarkan pengujian kecepatan surut air pada tabel 2. dengan kondisi 1 katup keran terbuka maka didapatkan nilai kecepatan surut rata-rata 0,077 cm/s dan nilai standar deviasi sebesar 0,023 cm/s.

Tabel 2. Pengujian Pengukuran Kecepatan Surut dengan membuka 1 katup keran

No	Kondisi Keran Terbuka	Kecepatan Surut Air (cm/s)
1		0,09
2		0,02
3		0,05
4		0,06
5		0,08
6		0,09
7		0,10
8	1 Keran	0,11
9		0,07
10		0,11
11		0,08
12		0,07
13		0,06
14		0,07
15		0,05
	Rata-rata	0,077
	Deviasi	0,023

Tabel 3. Pengujian Pengukuran Kecepatan Surut dengan membuka 2 katup keran

No	Kondisi Keran Terbuka	Kecepatan Surut Air (cm/s)
1		0,14
2		0,13
3		0,09
4		0,11
5		0,10
6		0,13
7		0,15
8	2 Keran	0,07
9		0,06
10		0,15
11		0,16
12		0,16
13		0,10
14		0,11
15		0,11
	Rata-rata	0,122
	Deviasi	0,029

Berdasarkan pengujian kecepatan surut air pada tabel 3. dengan kondisi 2 katup keran terbuka maka didapatkan nilai kecepatan surut rata-rata 0,122 cm/s dan nilai standar deviasi sebesar 0,029 cm/s.

Tabel 4. Pengujian Pengukuran Kecepatan Surut dengan membuka 3 katup keran

No	Kondisi Keran Terbuka	Kecepatan Surut Air (cm/s)
1	3 Keran	0,18
2		0,18
3		0,21
4		0,27
5		0,18
6		0,21
7		0,23
8		0,21
9		0,19
10		0,22
11		0,19
12		0,16
13		0,23
14		0,11
15		0,16
Rata-rata		0,199
Deviasi		0,034

Berdasarkan pengujian kecepatan surut air pada tabel 4. dengan kondisi 3 katup keran terbuka maka didapatkan nilai kecepatan surut rata-rata 0,199 cm/s dan nilai standar deviasi sebesar 0,034 cm/s.

Dari hasil pengujian diatas, semakin banyak jumlah katup keran yang terbuka, maka debit air yang keluar semakin besar dan sistem alat mendeteksi nilai kecepatan surut air semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa sensor Ultrasonik sebagai pengukur kecepatan surut air berfungsi dengan baik karena dapat mendeteksi perbedaan kecepatan surut dari masing-masing pengondisian keran yang terbuka.

3.3 Pengujian Kondisi Potensi Tsunami

Penentuan kondisi kecepatan surut ditentukan untuk mengetahui kondisi kecepatan surut normal atau kecepatan surut berpotensi Tsunami. Penentuan nilai kecepatan surut status tsunami menyesuaikan dengan perancangan yang dibuat.

Tabel 5. Penentuan Status Tsunami Berdasarkan Kecepatan Surut Air.

Kondisi Kecepatan Air	
Normal (cm/s)	Potensi Tsunami (cm/s)
Kecepatan Surut < 0,18	Kecepatan Surut \geq 0,18

Pada penentuan kondisi kecepatan surut disesuaikan dengan kondisi kecepatan surut air pada saat keran dibuka. Terdapat tiga keran yang digunakan untuk menentukan kondisi kecepatan surut. Kondisi normal apabila kecepatan surut air kurang dari 0,18 cm/s, sedangkan kondisi potensi Tsunami apabila kecepatan surut 0,18 cm/s atau melebihi kecepatan surut normal.

Tabel 6. Pengujian Kondisi Potensi Tsunami

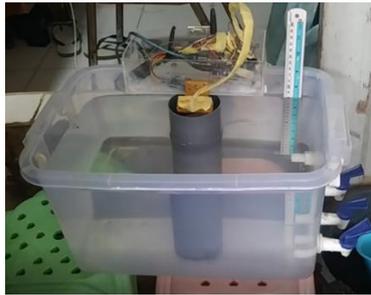
No	Kecepatan Surut Air (cm/s)	Kondisi Tsunami
1	0,14	Tidak
2	0,13	Tidak
3	0,09	Tidak
4	0,11	Tidak
5	0,10	Tidak
6	0,13	Tidak
7	0,15	Tidak
8	0,07	Tidak
9	0,06	Tidak
10	0,15	Tidak
11	0,18	Ya
12	0,18	Ya
13	0,21	Ya
14	0,27	Ya
15	0,18	Ya
16	0,21	Ya
17	0,23	Ya
18	0,21	Ya
19	0,19	Ya
20	0,22	Ya

Berdasarkan hasil pengujian kondisi potensi tsunami pada tabel 6, kondisi tidak terjadi tsunami memiliki nilai kecepatan surut air $< 0,18$ cm/s. Sedangkan kondisi yang berpotensi tsunami memiliki nilai kecepatan surut air $\geq 0,18$ cm/s. Dari hal tersebut maka dapat dikatakan pengujian kondisi potensi tsunami dapat berfungsi dengan baik.

Peringatan pertanda tsunami berupa pesan singkat yang terkirim ke nomor *handphone* tujuan yang mengindikasikan akan terjadinya tsunami. Tampilan isi SMS berupa kalimat “Tsunami terdeteksi” di sertai dengan waktu bulan, tanggal, tahun, jam, menit, dan detik sesuai dengan waktu saat alat mendeteksi pertanda tsunami. Sedangkan durasi kecepatan waktu SMS masuk diukur sejak alat awal alat mendeteksi pertanda tsunami hingga SMS telah masuk ke nomor *handphone* tujuan. Durasi kecepatan SMS yang masuk bernilai fluktuatif bergantung pada jarak perangkat terhadap menara BTS (*Base Transceiver Station*) dan kondisi bangunan-bangunan di wilayah setempat.

3.4 Pengujian Hasil Perancangan

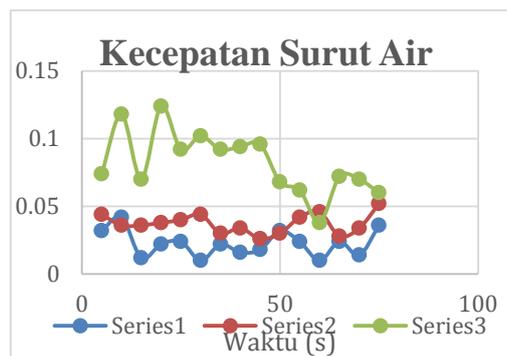
Pengujian hasil perancangan dilakukan pada sebuah *box* yang berisi air. *Box* tersebut dilengkapi tiga buah keran yang berfungsi untuk mensimulasikan surutnya air serta terdapat satu buah mistar untuk melakukan pengukuran secara manual. Pengujian difokuskan pada sistem monitoring dengan Arduino uno yang dapat mengukur ketinggian air, kecepatan surut air, kondisi status potensi tsunami, serta mengetahui apakah SMS peringatan tsunami berhasil dikirim ke *handphone* atau tidak. Hasil perancangan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Perancangan Hardware

Dalam pengujian hasil perancangan pertama-tama yang harus dilakukan adalah mengisi air pada *box* hingga ketinggian 20 cm dari dasar air. Kemudian membuka keran bertahap dari buka 1 keran, buka 2 keran dan membuka 3 keran. Pada serial monitor akan menampilkan nilai tinggi air dan kecepatan surut air sekaligus menyimpan data tinggi air dan kecepatan surut air sesuai dengan waktu secara *realtime* ke dalam micro SD card dalam format file *txt*.

Ketika hanya membuka satu keran atau membuka hanya membuka dua keran saja, maka sistem akan mendeteksi nilai kecepatan surut < 18 cm/s dan menganggap status dalam kondisi normal atau tidak berpotensi tsunami. Namun ketika membuka tiga keran secara sekaligus maka sistem akan mendeteksi nilai kecepatan surut ≥ 18 cm/s dan menganggap status rawan atau berpotensi tsunami. Setelah itu sistem akan segera melakukan pengiriman pesan peringatan dini tsunami ke pengguna melalui SMS. Pesan yang di terima pengguna berupa pesan tsunami terdeteksi beserta dengan keterangan waktu saat sistem mendeteksi tsunami.



Gambar 8. Grafik Kecepatan Surut Air

Gambar 8. merupakan grafik hasil pengujian kecepatan surut dari pengondisian keran yang berbeda. Terlihat bahwa nilai kecepatan surut air yang terendah adalah ketika membuka satu keran dengan nilai rata-rata 0,077 cm/s. Kemudian nilai kecepatan surut air saat membuka dua keran adalah bernilai rata-rata 0,122 cm/s. Dan nilai kecepatan surut air yang tertinggi adalah ketika membuka tiga keran dengan kecepatan rata-rata 0,199 cm/s.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengujian yang sudah dilakukan pada perancangan simulasi sistem monitoring tinggi pasang surut dan peringatan dini Tsunami berbasis Arduino uno ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam mengukur ketinggian, nilai *error* rata-rata yang didapatkan sebesar 4,49%. Kemudian dalam pengukuran kecepatan surut air, sistem mampu mendeteksi perbedaan kecepatan surut air terhadap jumlah katup keran yang terbuka, dimana saat satu keran dibuka kecepatan rata-rata sebesar 0,077 cm/s, kecepatan surut saat dua keran dibuka sebesar 0,122 cm/s dan kecepatan surut saat tiga keran dibuka sebesar 0,199 cm/s. Hal ini menunjukkan sistem yang telah dirancang mampu mendeteksi ketinggian air dan kecepatan surut air dengan baik.
2. *Format file* yang tersimpan dalam sistem perancangan adalah format *txt*. Data tersebut memberikan informasi data tinggi air dan kecepatan surut air dalam selang waktu setiap 5

detik. Hal ini menunjukkan sistem mampu menyimpan data ketinggian air dan mendeteksi kondisi status tsunami ke *micro SD card* secara *realtime*.

3. Sistem mampu melakukan pengiriman peringatan dini tsunami secara otomatis melalui SMS sesuai dengan nomor *handphone* tujuan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hasibuan, R. H. 2018. "Rancang Bangun Alat Ukur Ketinggian Air Pada Wadah Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04". Jurusan Fisika. FMIPA. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- [2] Mustafa, B. 2010. " Analisis Gempa Nias dan Gempa Sumatera Barat dan Kesamaannya yang Tidak Menimbulkan Tsunami". Jurnal Ilmu Fisika Vol 2 No.1.
- [3] Muttaqin, M.Z. 2008. "Sistem Informasi Peringatan Dini Tsunami Berbasis WEB (Simulasi Tsunami Bengkulu)". Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Depok.
- [4] Sari, T.M. 2017. "Rancang Bangun Sistem Telemetri Nirkabel Untuk Pendeteksian Dini Tsunami Berdasarkan Penginderaan Laju Surut Air Laut". Jurusan Fisika FMIPA. Universitas Andalas. Padang.
- [5] Saswanti, M. 2008. "Rancang Bangun Interface Informasi Data Pada Alat Pendeteksi Tsunami Menggunakan Mikrokontroler AT89S52". Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia. Depok.
- [6] Sugandi, N.A. 2016. "Prototipe Early Warning System dan Pemantau Ketinggian Air Laut". Jurusan Teknik Elektronika. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- [7] Syukri, F. 2009. "Rancang Bangun Pendeteksi Gejala Awal Tsunami Berdasarkan Laju Surut Air Laut". Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas. Padang.
- [8] Yustinar, 2008. "Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Tsunami Berbasis Mikrokontroler AT89S51 Dengan Sensor Fotodioda, Tesis". Jurusan Fisika FMIPA. Universitas Andalas. Padang.