

## Rancang Bangun Sistem Telemetri Nirkabel Untuk Pendeteksian Dini *Tsunami* Berdasarkan Penginderaan Laju Surut Air Laut

Tania Mayang Sari\*, Wildian

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas, Padang

Kampus Unand Limau Manis, Pauh Padang 25163

\*taniamayangsari57@gmail.com

### ABSTRAK

Sistem telemetri nirkabel peringatan dini *tsunami* berdasarkan penginderaan laju surut air laut telah dirancang-bangun. Sistem sensor yang digunakan terdiri dari dua detektor tingkat permukaan air laut. Masing-masing detektor terdiri dari sebuah LED dan sebuah fotodiode yang terpisah secara horizontal sejauh 15 mm. Kedua detektor terpisah secara vertikal sejauh 150 mm. Laju surut air laut ditentukan dengan membagi jarak kedua detektor dengan waktu yang diperlukan permukaan air laut dari posisi atas ke posisi bawahnya. Besaran ini dihitung secara otomatis oleh mikrokontroler pada modul Arduino Uno R3. Informasi kemudian dikirim ke stasiun penerima dengan menggunakan modul *transceiver* nRF24L01+. Data ditampilkan pada *personal computer* (PC) menggunakan perangkat lunak LabVIEW dan disimpan dalam Microsoft Excel. Peringatan dini *tsunami* akan diberikan ketika laju penurunan permukaan air mencapai laju 0,66667 mm/s (laju minimum penurunan permukaan air laut yang menyebabkan *tsunami* di Bali) menggunakan *buzzer*. Uji laboratorium menunjukkan bahwa sistem sensor ini mampu mengukur laju penurunan permukaan air dengan kesalahan relatif maksimum 2,02 %. Pengujian di lapangan memperlihatkan bahwa data dapat ditransmisikan sejauh 1000 m jika tanpa penghalang dan 400 m jika di lokasi terdapat penghalang. Hasil pengujian alat skala laboratorium menunjukkan bahwa alat pendeteksi dini *tsunami* sudah dapat bekerja karena bisa membedakan antara laju surut *tsunami* (laju  $\geq 0,6$  mm/s) dan laju surut normal (laju  $< 0,6$  mm/s).

Kata kunci: penginderaan laju surut, sistem peringatan dini *tsunami*, *transceiver* nRF24L01+.

### ABSTRACT

*Wireless system for tsunami early warning system (TWS) based on neap tide speed sensing has been designed. The sensor consists of two sea level detectors. Each detector consists of an LED and a photodiode separated horizontally at a distance of 15 mm. The two detectors separated vertically at a distance of 150 mm. The neap tide speed is determined by dividing the detectors distance and the time needed for sea level from its upper and lower position. This quantity is counted automatically by a microcontroller on Arduino Uno R3 module. The information is then sent to the base station by using transceiver nRF24L01+ module. The data displayed on personal computer (PC) using LabVIEW software and saved in Microsoft Excel. The tsunami early warning will be given when the sea level decreasing achieves the rate of 0.66667 mm/s (the minimum speed of sea level decreasing before tsunami in Bali) using a buzzer. The laboratory test showed that the sensor system is capable to measure the speed of water surface decreasing with the maximum relative error of 2.02%. The field test showed that the data can be transmitted in a distance of 1000 m if there is no obstacle in the location and 400 m in the location with obstacle. The result of laboratory scale test shows that the tsunami early warning system distinguish the tsunami neap rate (rate  $\geq 0.6$  mm/s) and the normal neap rate (rate  $< 0.6$  mm/s).*

*Keywords: neap tide speed sensing, tsunami early warning system, transceiver nRF24L01+.*

### I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang berpotensi bencana karena berada di zona pertumbukan tiga lempeng, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia dan lempeng Pasifik. Salah satu bencana yang sering terjadi adalah gempa bumi. Gempa yang besar berpusat di dasar laut dengan kedalaman relatif dangkal akan memicu terjadinya tsunami (Mustafa, 2010).

Berdasarkan katalog gempa (1629-2002), di Indonesia pernah terjadi tsunami sebanyak 109 kali, 1 kali akibat longsoran (landslide), 9 kali akibat gunung berapi, dan 98 kali akibat gempa tektonik. Sebelum tahun 2004, fenomena tsunami belum menjadi perhatian serius masyarakat. Hal itu berubah ketika terjadi gempa bumi berkekuatan 9,2 SR di lepas pantai barat provinsi Nanggroe Aceh Darussalam (NAD). Gempa ini menghasilkan pergeseran vertikal pada dasar laut (sea floor) dan menimbulkan fenomena tsunami yang menelan sekitar 250.000 korban jiwa (Mustafa, 2010). Daerah lain yang juga merupakan rawan gempa dan

tsunami adalah Sumatera Barat karena berada pada jalur patahan Semangko, tepat di antara pertemuan dua lempeng besar yaitu Eurasia dan Indo-Australia.

Jatuhnya korban jiwa yang demikian besar pada peristiwa tsunami mungkin dapat dihindari jika saja ada sistem peringatan dini tsunami yang ditempatkan di kawasan Samudera Hindia. Selain karena tidak adanya sistem peringatan dini tsunami, banyaknya korban jiwa juga disebabkan karena tidak adanya sistem komunikasi yang efektif di lokasi kejadian dan rendahnya pengetahuan masyarakat tentang bahaya tsunami (Nelson, 2006). Alat-alat yang digunakan untuk mendeteksi tsunami seperti Tide Gauge dan Dart Buoys harganya sangat mahal (mencapai miliaran) serta pengoperasiannya harus didukung oleh peralatan lain dengan sistem pengoperasian yang relatif lebih rumit sehingga masih sedikit digunakan (Yustinar, 2008).

Salah satu gejala awal terjadinya tsunami adalah surutnya air laut di kawasan pantai secara mendadak. Laju surut air laut ini sangat cepat dibandingkan dengan laju surut biasa, laju surut minimal air laut akibat tsunami adalah 0,66667 mm/s. Proses pasang surut biasa (gerhana bulan), laju surut maksimal air laut adalah 0,10305 mm/s (Syukri, 2009). Selang waktu terjadinya tsunami setelah surutnya air laut kurang lebih 30 menit (Nelson, 2006).

Laju surut rata-rata air dapat dideteksi dengan menggunakan sistem sensor yang terdiri dari sepasang LED dan fotodiode berbasis mikrokontroler (Syukri, 2009). Alat ini masih memiliki kelemahan karena tidak memperhitungkan pengaruh gelombang permukaan air laut, sehingga pembacaan sensor tidak efektif. Penelitian yang lain yaitu pengembangan rancang bangun sistem detektor gejala awal tsunami berbasis mikrokontroler dengan sensor fototransistor (Putra, 2011). Alat yang telah dirancang Putra menyempurnakan penelitian dari Syukri namun masih memiliki beberapa kelemahan. Kelemahan penelitian Putra adalah data tsunami tampil pada LCD dan tidak tersimpan sehingga tidak dapat digunakan sebagai acuan. Selain itu, sistem pemantauan laju surut air laut terkadang tidak bisa diamati secara terus menerus sehingga membutuhkan kabel yang sangat panjang sebagai media transmisi datanya. Sistem ini akan mengalami masalah jika terjadi kerusakan secara fisik pada kabel seperti akibat badai yang dapat memutuskan kabel transmisi. Pemasangan kabel yang panjang rentan terhadap noise yang akan melemahkan sinyal keluaran dari instrumen yang telah dipasang. Sistem telemetri nirkabel (wireless) untuk menggantikan kabel yang menghubungkan terminal komputer dengan jaringan menjadi lebih efisien dalam mentransmisikan data. Penyimpanan data logging dibutuhkan sehingga data yang diperoleh dari hasil penelitian dapat digunakan sebagai acuan.

Telemetri nirkabel yang digunakan adalah transceiver nRF24L01+ karena transceiver ini memiliki kelebihan dalam hal pengiriman data secara kontinu dibandingkan Xbee Pro. Transceiver ini memiliki round time trip (RTT) tercepat 0,003 s sedangkan Xbee Pro hanya 0,036 s. Jangkauan (range) nRF24L01+ juga lebih unggul karena dapat menjangkau jarak hingga 1 km (Docfoc, 2016), sementara Xbee Pro hanya sekitar 12 m (Yuliza, 2013).

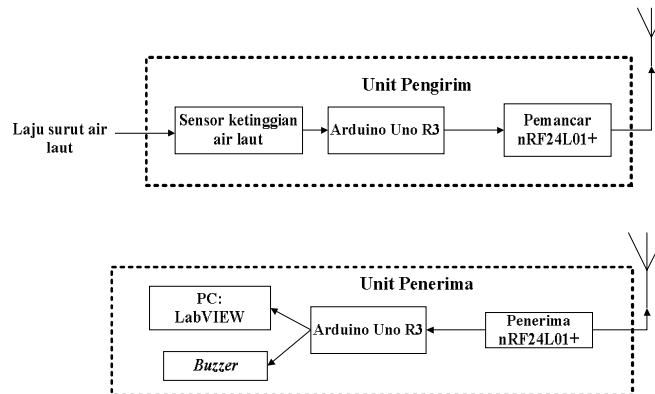
## II. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen rancang-bangun, meliputi perancangan diagram blok sistem, perancangan perangkat keras sistem, perancangan perangkat lunak sistem, serta pengujian seluruh sistem dan pengambilan data. Perancangan perangkat keras sistem terdiri dari perancangan dan karakterisasi sensor fotodiode, perancangan sistem alarm, dan perangkaian unit transceiver nRF24L01+. Perancangan perangkat lunak meliputi perancangan diagram alir program, penulisan program dalam bahasa C serta perangkat lunak LabVIEW, dan penanaman program di board Arduino Uno R3.

### 2.1 Perancangan Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem terdiri dari unit pengirim dan unit penerima. Unit pengirim terdiri dari sistem sensor level permukaan air, Arduino Uno R3 sebagai pengolah data dan pengontrol sistem, serta modul nRF24L01+ sebagai pengirim data secara nirkabel. Data yang dikirim nRF24L01+ akan di terima di unit penerima oleh modul nRF24L01+, kemudian akan diolah dan dikontrol oleh Arduino Uno R3, kemudian data akan tampil di PC dengan menggunakan

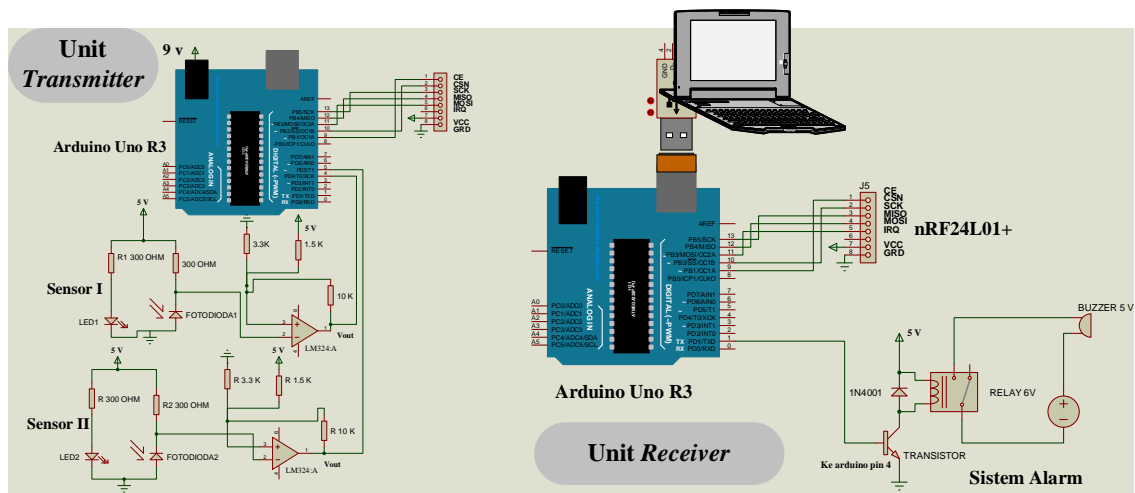
perangkat lunak LabVIEW serta tersimpan dalam bentuk Microsoft Excel, dengan bunyi buzzer sebagai penanda jika laju surut berindikasi tsunami. Gambar 1 menunjukkan diagram blok sistem penelitian secara keseluruhan.



Gambar 1 Diagram blok sistem pendeteksian dini tsunami

### 2.2 Skematik Rangkaian Lengkap Pendeteksian Dini Tsunami

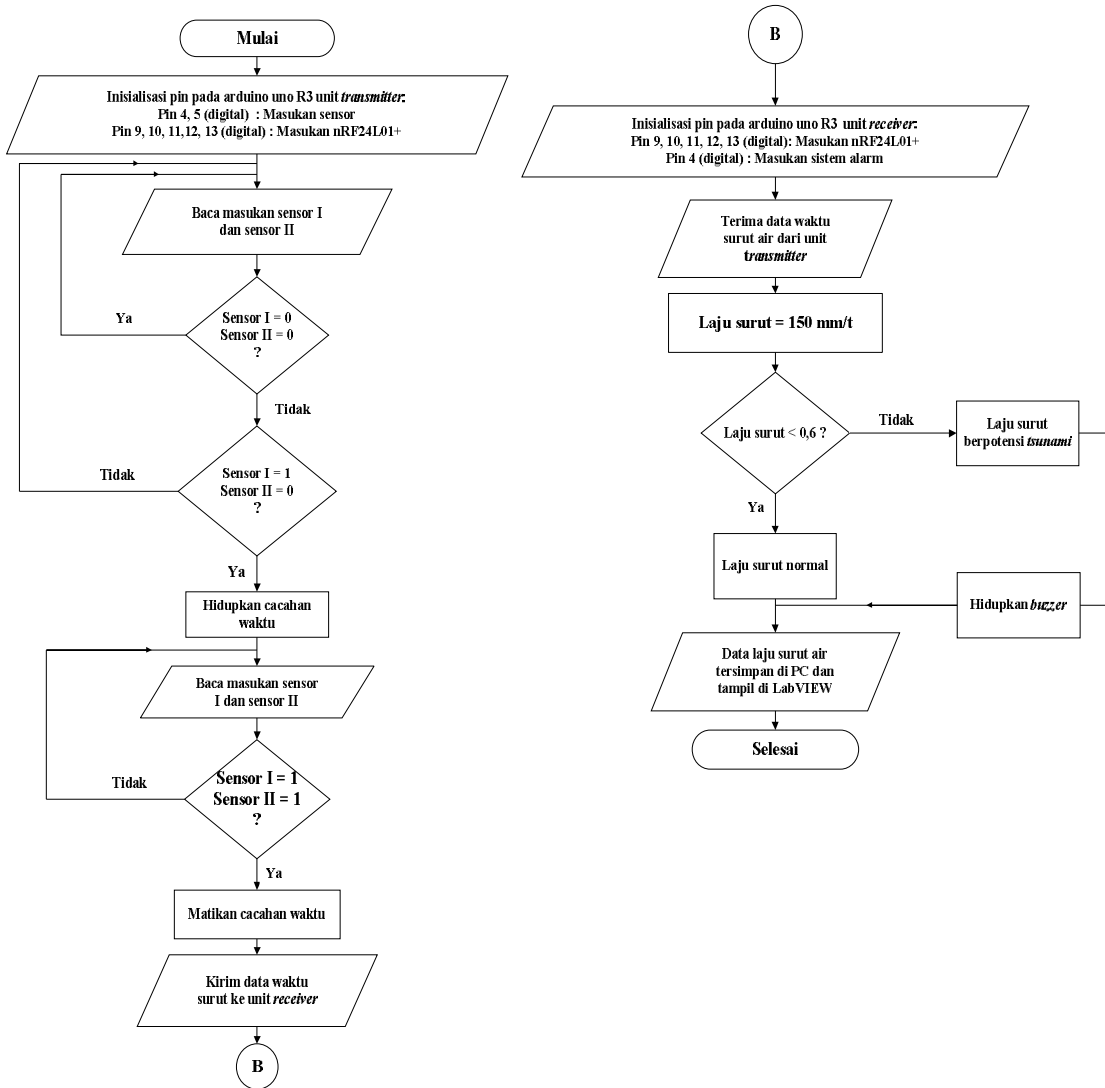
Rangkaian lengkap pendeteksian dini tsunami merupakan penggabungan dari rangkaian sistem sensor, rangkain komparator inverting, rangkaian sistem alarm, serta rangkaian transceiver nRF24L01+. Rangkaian secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Skematik rangkaian lengkap pendeteksian dini tsunami

### 2.3 Perancangan Perangkat Lunak Sistem

Diagram alir perangkat lunak sistem untuk pendeteksian dini tsunami berdasarkan penginderaan laju surut air laut dapat dilihat pada Gambar 3.

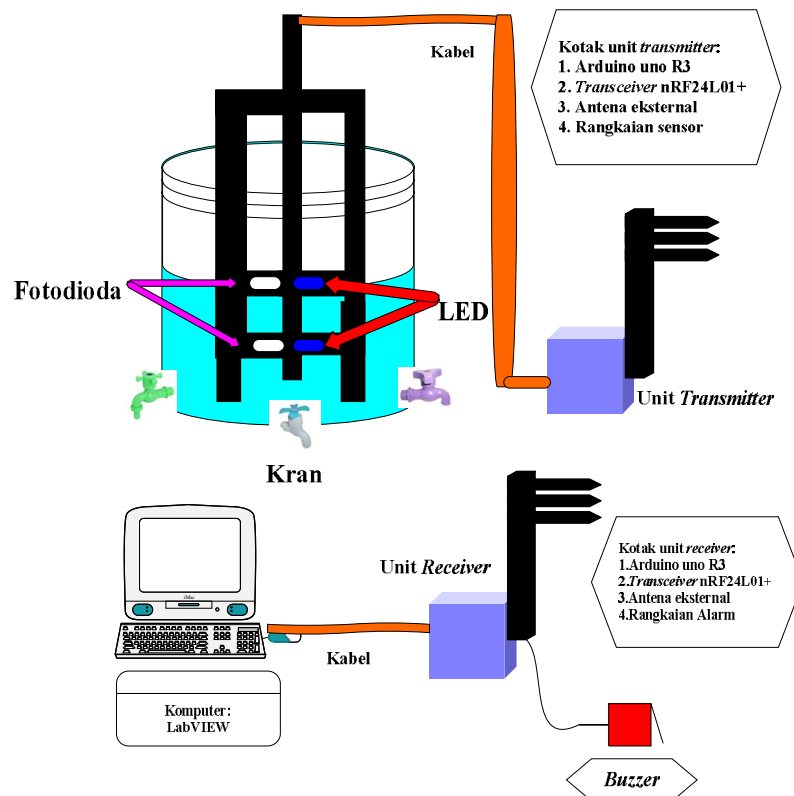


Gambar 3 Diagram alir perangkat lunak sistem pendeteksian dini tsunami

### 2.4 Perancangan Alat Secara Keseluruhan Skala Laboratorium

Dua buah sistem sensor dipasang secara vertikal dengan jarak 150 mm. Masing-masing sistem sensor terdiri dari LED dan Fotodiode, jarak horizontal antara LED dan fotodiode adalah 15 mm. Prinsip kerja sensor berdasarkan medium yang melewati sensor tersebut, yaitu udara dan air. Ketika medium pada sensor I adalah udara, maka timer pada Arduino akan aktif dan mulai mencacah waktu. Timer akan berhenti mencacah ketika medium pada sensor II udara sehingga didapatkan perubahan waktu ( $\Delta t$ ). Data waktu surut yang terdeteksi oleh sensor akan dikirim ke unit receiver. Jarak antara sensor I dan II ( $\Delta s$ ), lalu Arduino akan memproses laju surut rata-rata air laut. Arduino memperoleh laju surut dari jarak antara sistem sensor 150 mm yang dibagi dengan nilai waktu surut yang diperoleh sistem sensor.

Laju surut yang diperoleh akan diproses kembali untuk menentukan apakah laju surut normal atau terindikasi tsunami. Jika laju surut air laut besar dari 0,6 mm/s maka laju surut berpotensi tsunami, jika laju surut kecil sama dengan 0,6 mm/s maka laju surut normal. Data akan tampil dan tersimpan dalam personal computer menggunakan perangkat lunak LabVIEW. Buzzer akan aktif jika laju surut rata-rata air laut berindikasi tsunami. Laju surut air disimulasikan dengan 4 buah kran untuk variasi laju surut. Rancangan alat secara keseluruhan skala laboratorium dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Rancangan alat secara keseluruhan skala laboratorium

### III. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1 Hasil Pengujian Transceiver nRF24L01+ Tanpa Penghalang

Pengujian *transceiver* nRF24L01+ dilakukan dengan mengirim data dari unit *transmitter* menuju unit *receiver* dengan kode “212”. Pengujian dilakukan tanpa adanya penghalang dilakukan di Bandakali Simpang Haru Padang. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa *transceiver* nRF24L01+ dapat mengirim data dari unit *transmitter* ke unit *receiver* tanpa penghalang dengan jarak maksimal 1000 m terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengujian *transceiver* nRF24L01+ tanpa penghalang

Jarak Pengiriman (m)	Kode di Unit Transmitter	Kode di Unit Receiver	Status Pengiriman
100	212	212	Terkirim
200	212	212	Terkirim
300	212	212	Terkirim
400	212	212	Terkirim
500	212	212	Terkirim
600	212	212	Terkirim
700	212	212	Terkirim
800	212	212	Terkirim
900	212	212	Terkirim
1000	212	212	Terkirim
1100	-	-	Tidak Terkirim

#### 3.2 Hasil Pengujian Transceiver nRF24L01+ dengan Penghalang

Pengujian *transceiver* nRF24L01+ dilakukan dengan mengirim data dari unit *transmitter* menuju unit *receiver* dengan kode “123”. Pengujian dilakukan dengan adanya beberapa penghalang pohon dan tikungan jalan yang berlokasi di Universitas Andalas Padang dari bundaran Pusat Kegiatan Mahasiswa (PKM) sampai ke halte Lapangan Futsal. Data yang diperoleh terlihat pada Tabel 2.

**Tabel 2** Hasil pengujian *transceiver* nRF24L01+ dengan penghalang

Jarak Pengiriman (m)	Kode di Unit <i>Transmitter</i>	Kode di Unit <i>Receiver</i>	Status Pengiriman
100	212	212	Terkirim
200	212	212	Terkirim
300	212	212	Terkirim
400	212	212	Terkirim
500	-	-	Tidak Terkirim

Tabel 2 menunjukkan hasil pengiriman data dengan menggunakan penghalang memiliki jarak kirim maksimal adalah 400 m. Penghalang pengiriman data berupa Pohon, tikungan jalan, dan tembok dinding bangunan. Penghalang mempengaruhi pengiriman data *transceiver*, sehingga jarak kirimnya lebih kecil dibandingkan tanpa penghalang.

### 3.3 Hasil Pengujian Alat Secara Keseluruhan Skala Laboratorium

Pengujian dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi dengan menggambarkan kondisi surut air secara vertikal. Sebelum pengambilan data secara keseluruhan maka dilakukan pengujian pengukuran waktu yang dibutuhkan air untuk surut dari sensor I ke sensor II dengan menggunakan *stopwatch*. Untuk mengetahui % *error* alat secara keseluruhan dilakukan pengambilan data untuk menguji laju surut air dengan menggunakan sensor dan manual menggunakan perhitungan. Data yang diperoleh dapat dilihat seperti pada Tabel 3.

**Tabel 3** Hasil pengujian waktu surut sistem sensor

Waktu diukur dengan <i>Stopwatch</i> (s)	Waktu diukur dengan Sensor (s)	Laju Surut Manual (mm/s)	Laju Surut di Sensor (mm/s)	% Error
21,66	22,08	6,93	6,79	2,02
30,26	30,22	4,96	4,96	0,00
8,77	8,76	17,10	17,11	0,06
10,96	11,07	13,69	13,54	0,96
4,24	4,28	35,38	35,02	1,02

Data hasil pengujian % *error* sistem pendeteksian dini *tsunami* Tabel 3 menunjukkan nilai maksimal % *error* yang diperoleh adalah sebesar 2,02 %. Pengujian ini dilakukan untuk membuktikan bahwa alat yang dibuat sudah dapat digunakan.

Setelah pengujian laju surut, kemudian dilakukan pengujian alat secara keseluruhan skala laboratorium. Tabel 4 menunjukkan nilai hasil pengujian alat skala laboratorium. Data yang diperoleh adalah satu kondisi surut normal dan tiga kondisi surut berpotensi *tsunami*. Pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa alat pendeteksi dini *tsunami* sudah dapat bekerja karena bisa membedakan antara laju surut *tsunami* dan laju pasang surut normal.

**Tabel 4** Hasil pengujian keseluruhan skala laboratorium

Kran Terbuka	Laju Surut (mm/s)	Kondisi Surut	<i>Buzzer</i>
Kran 1	0,18	Normal	Tidak aktif
Kran 1 dan 2	1,43	Potensi <i>Tsunami</i>	Aktif
Kran 1, 2, dan 3	2,24	Potensi <i>Tsunami</i>	Aktif
Kran 1, 2, 3, dan 4	2,97	Potensi <i>Tsunami</i>	Aktif

### 3.4 Hasil Pengujian di Tepi Laut

Pengujian dilakukan di Pantai Gunung Padang, Sumatera Barat pada tanggal 19 Maret 2017 pada pukul 16.00 WIB. Data laju surut air laut diperoleh 0,080 mm/s dengan kondisi surut air normal. Pemasangan alat di Laut dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Pengambilan data di Pantai Gunung Padang

#### IV. KESIMPULAN

Sistem telemetri nirkabel untuk pendeteksian dini *tsunami* yang dirancang-bangun berdasarkan penginderaan laju surut air laut ini telah dapat bekerja, meskipun masih terdapat kendala dalam hal pemrograman untuk melakukan reset sistem sensor secara otomatis. Persentase penyimpangan dalam pengukuran laju surut air oleh sistem telemetri ini maksimum 2,02 %. Transmisi data secara nirkabel menggunakan *transceiver* nRF24L01+ dapat mencapai 1000 m jika tanpa penghalang, dan 400 m ketika ada penghalang. Pengujian alat skala laboratorium menunjukkan bahwa alat pendeteksi dini *tsunami* sudah dapat bekerja karena bisa membedakan antara laju surut *tsunami* (laju  $\geq 0,6$  mm/s) dan laju pasang surut normal (laju  $< 0,6$  mm/s).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Docfoc, 2016, 2,4G nRF24L01 Wireless Module w / PA and LNA, <http://www.docfoc.com/datasheet-wir020>, di akses Agustus 2016.
- Mustafa, B., 2010, *Analisis Gempa Nias dan Gempa Sumatera Barat dan Kesamaannya Yang Tidak Menimbulkan Tsunami*, Jurnal Ilmu Fisika (JIF), Vol.2, No.1, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang.
- Nelson, S. A., 2006, *Tsunami, Natural Disasters*, EENS 204, Jurnal, Tulane University.
- Putra, A. S., 2011, Pengembangan Rancang Bangun Sistem Detektor Gejala Awal Tsunami Berbasis Mikrokontroller AT89S51 Dengan Sensor Fototransistor, *Skripsi*, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas, Padang.
- Syukri, F., 2009, Rancang Bangun Pendeteksi Gejala Awal Tsunami Berdasarkan Laju Surut Air Laut, *Skripsi*, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas, Padang.
- Yuliza, 2013, Komunikasi Antar Robot Menggunakan RF Xbee dan Arduino Microcontroller, *Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, Vol 4. No 1, Universitas Mercu Buana, hal 53 - 68.
- Yustinar, 2008, Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Tsunami Berbasis Mikrokontroller AT89S51 Dengan Sensor Fotodioda, *Tesis*, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas, Padang.