

**RANCANGAN DETEKTOR GEMPA BERPOTENSI TSUNAMI
BERBASIS *WIRELESS SENSOR NETWORK*
DENGAN SISTEM *MAGNETIC ALTITUDE*
(*Kajian Teori*)**

Putu Artawan¹⁾ dan I Ketut Purnamawan²⁾

Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNDIKSHA, Singaraja¹⁾

Jurusan Manajemen Informatika FTP UNDIKSHA, Singaraja²⁾

Email: Scientya@Yahoo.Com

ABSTRAK

Gempa bumi yang dahsyat bisa memicu atau berpotensi terjadinya Tsunami. Tsunami merupakan gelombang laut yang besar yang terjadi akibat gempa bumi tektonik di dasar laut. Antisipasi lebih dini sangat diperlukan sebagai upaya meminimalisir kerugian akibat bencana Tsunami baik korban jiwa maupun material. Penelitian ini bertujuan merancang Detektor Gempa Bumi Berpotensi Tsunami Berbasis *Wireless Sensor Network* dengan Sistem *Magnetic Altitude*, menganalisis data yang diperoleh dari Detektor yang dirancang serta menentukan efektivitasnya. Metode dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Penelitian ini menghasilkan *prototype* berupa rancangan Detektor Gempa Bumi Berpotensi Tsunami Berbasis *Wireless Sensor Network* dengan Sistem *Magnetic Altitude*. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai desain penelitian kedepan dengan bekerjasama dengan pihak terkait utamanya dalam bidang teknologi informasi, badan meteorologi dan geofisika.

Kata Kunci : Tsunami, Detektor, *Wireless Sensor Network*, *Magnetic Altitude*.

1. Pendahuluan

Gempa bumi yang dahsyat bisa memicu terjadinya Tsunami. Tsunami merupakan gelombang laut yang besar yang terjadi akibat gempa bumi tektonik di dasar laut. Gempa bumi merupakan suatu fenomena alam yang salah satunya terjadi akibat pergeseran lempeng pada permukaan bumi, gempa bumi tersebut bersifat destruktif. Magnitudo Tsunami yang terjadi di Indonesia berkisar antara 1,5 sampai 4,5 skala Imamura, dengan tinggi gelombang Tsunami maksimum yang mencapai pantai berkisar antara 4–24 meter dan jangkauan gelombang ke daratan berkisar antara 50 sampai 200 meter dari garis pantai. Tsunami biasanya terjadi dalam rentang 3-60 menit setelah terjadinya gempa. (Amr S. Elnashai, Luigi Di Sarno. 2008). Tanda-tanda terjadinya Tsunami adalah biasanya ditandai dengan surutnya air laut dan terbangnya burung-burung laut kearah daratan. Selain itu tanda lain adalah dibarengi dengan terciumnya bau garam, yang menyengat. Terjadinya Tsunami lebih banyak disebabkan oleh terjadinya gempa tektonik di dasar laut. Kekuatan dan kedalaman pusat gempa pada gempa tektonik yang terjadi sebagai penyebab utama terjadinya Tsunami.

Pada teknologi deteksi gempa bumi yang masih konvensional, sering ditemui kendala dalam pengumpulan data dari gempa bumi, serta adanya ketergantungan pada tenaga manusia dalam mengoperasikan alat konvensional tersebut. Hal ini menjadi penting untuk dikembangkan, mengingat bencana alam gempa bumi merupakan bencana alam yang cukup sering terjadi, dan terjadi pada kurun waktu yang begitu cepat, sehingga kesiagaan dalam sistem deteksi gempa bumi sangatlah penting nilainya. Dengan adanya sistem jaringan sensor nirkabel ini dapat mempermudah dalam pengukuran data lapangan, serta memberikan suatu sistem deteksi gempa bumi yang lebih efektif, karena dapat dilakukan pada jarak yang jauh, serta tanpa perantara kabel. Alasan lain dalam penggunaan teknologi jaringan sensor nirkabel ini antara lain fleksibilitas dalam komunikasi jarak jauh dari titik letak sensor dan peningkatan

akurasi secara menyeluruh secara terus-menerus (*real-time*).

Dalam sistem pemantauan gempa bumi diperlukan suatu sistem sensor yang memiliki persebaran tinggi, dan memiliki kemudahan dalam proses instalasi. Jaringan sensor nirkabel memiliki semua elemen keunggulan tersebut sebagai indikator detektor yang bagus, sehingga proses instalasi sensor dalam jaringan sensor network sangatlah mudah, dan dapat diaplikasikan pada skala besar, pada suatu daerah yang rawan terjadinya gempa bumi. Dengan adanya detektor Tsunami, kita menjadi lebih awal mengetahui sebagai antisipasi terutama untuk keselamatan jiwa manusia dan kerugian lainnya. Detektor gempa bumi yang kompatibel memang sangat diperlukan terlebih gempa yang terjadi berpotensi besar akan terjadinya Tsunami. Detektor gempa yang kompatibel, yang memiliki akurasi tinggi sangat membantu masyarakat dalam mengantisipasi kerugian dan korban jiwa yang terjadi akibat Tsunami karena lebih awal sebelum terjadinya Tsunami sudah bisa dideteksi apakah gempa yang terjadi berpotensi akan terjadinya Tsunami.

1.1 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan diatas, maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang Detektor Gempa Bumi Berpotensi Tsunami Berbasis *Wireless Sensor Network* dengan Sistem *Magnetic Altitude*?
2. Bagaimana menganalisis data yang diperoleh dari Detektor Gempa Bumi Berpotensi Tsunami Berbasis *Wireless Sensor Network* dengan Sistem *Magnetic Altitude*?
3. Bagaimana efektifitas dari Detektor Gempa Bumi Berpotensi Tsunami Berbasis *Wireless Sensor Network* dengan Sistem *Magnetic Altitude*?

1.2 Batasan Masalah

Dari permasalahan yang dirumuskan diatas, maka penelitian ini dibatasi pada bagaimana merancang Detektor Gempa Bumi Berpotensi Tsunami Berbasis *Wireless Sensor Network*

Dengan Sistem *Magnetic Altitude* serta analisisnya.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Merancang Detektor Gempa Bumi Berpotensi Tsunami Berbasis *Wireless Sensor Network* dengan Sistem *Magnetic Altitude*.
2. Menganalisis data yang diperoleh dari Detektor Gempa Bumi Berpotensi Tsunami Berbasis *Wireless Sensor Network* dengan Sistem *Magnetic Altitude*.
3. Menentukan efektifitas dari Detektor Gempa Bumi Berpotensi Tsunami Berbasis *Wireless Sensor Network* dengan Sistem *Magnetic Altitude* yang dirancang.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui bagaimana merancang Detektor Gempa Bumi Berpotensi Tsunami Berbasis *Wireless Sensor Network* dengan Sistem *Magnetic Altitude*.
2. Mampu menganalisis data yang diperoleh dari Detektor Gempa Bumi Berpotensi Tsunami Berbasis *Wireless Sensor Network* Dengan Sistem *Magnetic Altitude*.
3. Mengetahui efektifitas dari Detektor Gempa Bumi Berpotensi Tsunami Berbasis *Wireless Sensor Network* dengan Sistem *Magnetic Altitude* yang dirancang.

1.5 Luaran Penelitian

Rancangan Detektor Gempa Bumi Berpotensi Tsunami Berbasis *Wireless Sensor Network* dengan Sistem *Magnetic Altitude*.

2. Kajian Pustaka

2.1 Karakteristik Gempa Bumi

Gempa bumi yang terjadi mengakibatkan kerugian baik jiwa maupun material. Dampak dari gempa bumi antara lain, bangunan yang roboh, tsunami, tanah longsor, dan lain-lain. Dampak tersebut yang memakan korban jiwa paling

banyak tiap tahunnya. Gempa bumi yang terjadi dapat disebabkan oleh berbagai sebab, dalam hal ini yang sering terjadi di Indonesia adalah gempa bumi tektonik, yaitu gempa bumi yang terjadi akibat bergesernya lempeng tektonik pada permukaan bumi, dalam hal ini terjadi pergeseran lempeng pada lapisan *Lithosphere*, yaitu lapisan yang berada pada kedalaman 25-60 km di bawah permukaan bumi.

Pada saat terjadinya gempa bumi terdapat 2 jenis gelombang, yaitu gelombang P, dan gelombang S. Pada gelombang P, gelombang dari pusat episentrum datang dengan bentuk gelombang transversal, dan memiliki kecepatan hingga 8km/detik, sehingga gelombang ini datang pada permukaan bumi terlebih dahulu daripada gelombang S, sedangkan gelombang S, datang dengan bentuk gelombang longitudinal, serta memiliki kecepatan yang lebih lambat daripada gelombang P. Akan tetapi gelombang S memiliki daya destruktif lebih besar daripada gelombang P.

2.2. Tsunami

Kata Tsunami berasal dari bahasa Jepang, *tsu* yang berarti pelabuhan, dan *nami* berarti gelombang. Tsunami dapat terjadi jika terjadi gangguan yang menyebabkan perpindahan sejumlah besar air, seperti letusan gunung api, gempa bumi, longsor maupun meteor yang jatuh ke bumi. Namun, 90% Tsunami diakibatkan oleh adanya gempa bumi bawah laut. Gerakan vertikal pada kerak bumi, dapat mengakibatkan dasar laut naik atau turun secara tiba-tiba, yang mengakibatkan gangguan keseimbangan air yang berada di atasnya. Hal ini mengakibatkan terjadinya aliran energi air laut, yang ketika sampai di pantai menjadi gelombang besar yang mengakibatkan terjadinya Tsunami. Kecepatan gelombang Tsunami tergantung pada kedalaman laut dimana gelombang terjadi. Kecepatan gelombang tersebut bisa mencapai ratusan kilometer per jam. Bila Tsunami mencapai pantai, kecepatannya akan menjadi kurang lebih 50 km/jam dan energinya sangat merusak daerah pantai yang dilaluinya. Di tengah laut tinggi gelombang Tsunami hanya beberapa cm

hingga beberapa meter, namun saat mencapai pantai tinggi gelombangnya bisa mencapai puluhan meter karena terjadi penumpukan masa air. Saat mencapai pantai Tsunami akan merayap masuk daratan jauh dari garis pantai dengan jangkauan mencapai beberapa ratus meter bahkan bisa beberapa kilometer. Gerakan vertikal ini dapat terjadi pada patahan bumi atau sesar. Gempa bumi juga banyak terjadi di daerah subduksi, dimana lempeng samudera menelusup ke bawah lempeng benua. Tanah longsor yang terjadi di dasar laut serta runtuh gunung api juga dapat mengakibatkan gangguan air laut yang dapat menghasilkan Tsunami. Gempa yang menyebabkan gerakan tegak lurus lapisan bumi mengakibatkan, dasar laut naik-turun secara tiba-tiba sehingga keseimbangan air laut yang berada di atasnya terganggu. Demikian pula halnya dengan benda kosmis atau meteor yang jatuh dari atas. Jika ukuran meteor atau longsor ini cukup besar, dapat terjadi megatsunami yang tingginya mencapai ratusan meter. Gempa yang menyebabkan terjadinya Tsunami diantaranya: Gempa bumi yang berpusat di tengah laut dan dangkal (0 – 30 km), Gempa bumi dengan kekuatan sekurang-kurangnya 6,5 Skala Richter, dan Gempa bumi dengan pola sesar naik atau sesar turun.

2.3. Detektor Gempa Bumi

Detektor identik dengan sistem sensor. Secara definisi sensor adalah sesuatu yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia. Variabel keluaran dari sensor yang diubah menjadi besaran listrik disebut Transduser. Pada saat ini, sensor tersebut telah dibuat dengan ukuran sangat kecil dengan orde nanometer. Ukuran yang sangat kecil ini sangat memudahkan pemakaian dan menghemat energi. Dewasa ini sudah banyak berkembang sistem sensor ataupun detektor, hanya saja perlu disempurnakan lagi untuk menghasilkan tingkat akurasi yang lebih tinggi.

2.4. Wireless Sensor Network

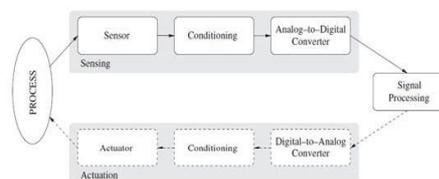
Wireless Sensor Network disebut juga sebagai Jaringan Sensor Nirkabel.

Jaringan Sensor Nirkabel ini melibatkan sistem kerja Sensor dan Transduser.

2.4.1. Sensing, Sensor dan Transducer

Sensing adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengumpulkan informasi tentang obyek fisik atau proses termasuk peristiwa yang muncul (contohnya seperti perubahan temperatur atau tekanan). Benda yang melakukan pendeteksian tersebut disebut dengan sensor. Contohnya *remote sensor*, mendeteksi objek tanpa menyentuhnya. Dari persepsi teknik, sensor adalah alat yang digunakan mengubah besaran fisik menjadi sinyal untuk diukur dan dianalisa. *Transduser* sering digunakan untuk menggambarkan alat yang mengkonversi dari bentuk energi yang satu ke bentuk energi yang lain. Sehingga, suatu sensor adalah suatu *transduser* yang menkonversi energi fisik ke sinyal elektrik yang nantinya diproses oleh sistem atau kontroler.

Proses kerja sistem menggunakan sensor hingga dihasilkannya signal sebagai data.



Gambar 1. Data Akuisisi dan aktualisasi

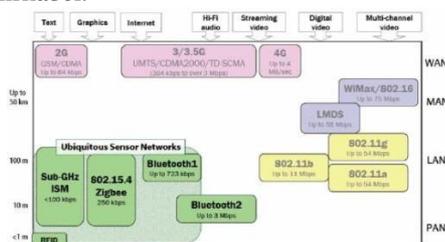
Pada Gambar 1, sering kali hasil dari output yang diperoleh dari sensor tidak bisa langsung diolah, sehingga perlu dilakukan pengolahan melalui rangkaian pengkondisi sinyal. Sinyal yang melalui rangkaian pengkondisi sinyal akan dihilangkan *noisenya* dengan cara melakukan pemfilteran untuk frekuensi 50 Hz atau 60 Hz dengan filter highpass, selain itu dalam rangkaian pengkondisi sinyal bisa dilakukan penguatan sinyal sehingga proses berikutnya dapat menerimanya. Setelah itu output akan masuk ke rangkaian *analog to digital converter* (ADC). Sekarang sinyal telah berupa sinyal digital dan bisa diproses, disimpan ataupun ditampilkan.

Wireless sensor network (jaringan *sensor* nirkabel) adalah suatu jaringan nirkabel yang terdiri dari kumpulan *node sensor* yang tersebar di suatu area tertentu (*sensor field*). Tiap *node sensor* memiliki

kemampuan untuk mengumpulkan data dan berkomunikasi dengan *node sensor* lainnya. Beberapa karakteristik dari jaringan nirkabel ini diantaranya: Dapat digunakan pada daya yang terbatas, dapat ditempatkan pada kondisi lingkungan yang keras, dapat digunakan untuk kondisi dan pemrosesan data secara mobile, mempunyai topologi jaringan yang dinamis, dengan sistem node yang heterogen, dan dapat dikembangkan untuk skala besar. Dalam perkembangannya jaringan sensor nirkabel telah dengan beberapa topologi jaringan antara lain: Topologi jaringan *point to point*, Topologi jaringan *multihop*, Topologi jaringan *web model*. (Makoto Suzuki. 2007)

2.5 Perbandingan Grafis pada Jaringan Sensor Nirkabel.

Jaringan sensor nirkabel (*Wireless Sensor Network*) merupakan suatu sensor pintar (*smart sensor*) yangmana pada masing-masing titik sensornya memiliki kemampuan untuk merasakan keadaan sekitarnya (*sensing*), serta memproses data yang diperoleh dan berkomunikasi. Jaringan sensor nirkabel (*Wireless Sensor Network*) dapat melakukan suatu fungsi pengawasan (*monitoring*) secara terus menerus (*real time*) terhadap suatu lingkungan yang akan disensing oleh jaringan sensor nirkabel tersebut secara kolektif. Jaringan sensor nirkabel merupakan generasi baru dari sistem sensor (*sensory system*). Jaringan sensor nirkabel (*Wireless Sensor Network*) juga memiliki keterbatasan yaitu masih terbatas pada kemampuan proses data dan terbatasnya pula bandwidth untuk melakukan komunikasi. Berikut gambar perbandingan grafis protokol generik yang digunakan untuk mendeskripsikan jalur komunikasi didalam jaringan sensor nirkabel.



Gambar 2. Perbandingan Grafis Protokol Generik

2.6. Sistem Operasi Serta Bahasa Pemrograman.

Pada jaringan sensor nirkabel, setiap sensor membutuhkan suatu sistem operasi untuk menjalankan serta mengatur *hardware* agar dapat berinteraksi dengan *software* aplikasinya. Pada setiap sistem operasi menggunakan bahasa pemrograman yang beragam pula. Dari sistem operasi ini akan memberikan data yang bisa dianalisis untuk mendapatkan informasi yang akurat terkait data deteksi yang diperoleh dari alat yang dirancang. Data yang diperoleh inilah yang memberikan suatu bahasa yang mudah dipahami terkait informasi indikator gempa yang diperoleh utamanya yang berpotensi terhadap terjadinya Tsunami.

2.7. Sistem Magnetic Altitude

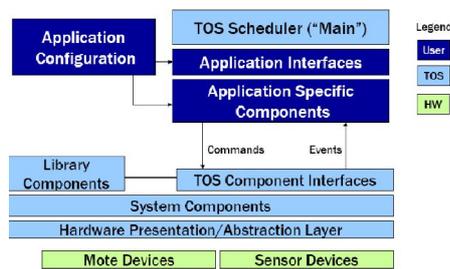
Altitude, dalam geografi berarti ketinggian vertikal (dalam meter atau kaki/feet) dari titik di atas permukaan laut. Medan magnet adalah salah satu besaran fisis yang sangat penting dan digunakan dalam banyak bidang, misalnya: geofisika, geologi, kedokteran, oseanografi, ekspedisi luar angkasa dan banyak kegunaan lainnya. Peta medan magnet diperlukan dalam mendisain akselerator partikel, *spectrometer* (massa, *nuclear magnetic resonance*, *electron spin resonance*), dan sistem pencitraan resonansi magnetik. Peta medan magnet dibuat dengan mengukur pola medan magnet di sekitar permukaan bumi menggunakan sensor magnetik medan lemah. Ada beberapa metoda yang dapat dilakukan untuk mengukur kuat medan magnet. Pemilihan metode ini bergantung pada beberapa faktor, antara lain: resolusi, kuat medan, homogenitas, variasi dalam waktu, sensitivitas dan keakuratan. (Kraus, John, D. 1984).

3. Metoda Penelitian

Hasil pembacaan gempabumi dari detektordengan sistemsensor yang dirancang, menggunakan jaringan sensor network yang disimulasikan oleh *shaking table*, dengan hasil pencatatannya menggunakan skala shindo. Skala shindo adalah skala yang digunakan untuk mengukur PGA (*Peak Groud Acceleration*) dari gempa bumi

yang terjadi pada suatu tempat. Skala shindo memiliki skala pengukuran dengan level skala sampai dengan 10 level. Selanjutnya hasil pembacaan sensor pada sistem jaringan sensor network akan dibandingkan dengan hasil pengukuran yang terdapat pada *shaking table*. Teknik pengukuran pada penelitian ini menggunakan *Intensity Scale*. *Intensity Scale* adalah suatu teknik pengukuran yang dilakukan dengan cara *qualitative*. Data yang dihasilkan dengan *Intensity Scale* ini dapat dijadikan sebagai indikator untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan dari gempa yang terjadi utamanya dapat mengetahui apakah gempa yang terjadi berpotensi untuk terjadinya Tsunami.

Untuk mendukung data yang terdeteksi diperlukan sistem operasi yang mampu menterjemahkan data hasil deteksi kedalam suatu bahasa yang mudah dianalisa sehingga data yang diperoleh mudah untuk dipahami. Pada penelitian ini digunakan sistem operasi *TinyOS* dengan bahasa pemrograman *NesC*. *TinyOS* merupakan suatu *open source* OS yang didesain khusus untuk jaringan sensor nirkabel. *TinyOS* memiliki arsitektur berbasis komponen yang mendukung adanya inovasi dan implementasi jaringan sensor nirkabel, dengan cara meminimalisir ukuran kode yang dibutuhkan, karena komponen sensor memiliki memori yang sangat terbatas. (Crossbow Technology. 2015).



Gambar 3. Lapisan *TinyOS*

3.1 Perencanaan Topologi Sistem

Pada penelitian ini topologi yang digunakan dalam mendeteksi kejadian gempa bumi ialah topologi *star*. Topologi *star* yang digunakan membatasi transmisi menjadi hubungan tunggal, antara sensor dengan pengaturnya (*controller*). Dengan

demikian pada masing-masing sensor akan secara langsung telah terhubung dan akan mengirimkan informasi yang telah dikumpulkan menuju *gateway*.

Dengan sistem ini diperoleh hasil kerja yang lebih baik, tahan terhadap kondisi *traffic* yang sibuk, serta memiliki tingkat keamanan data yang cukup tinggi. Sistem ini menggunakan *Shaking* pengukuran dengan menggunakan *WSN* dengan tingkatan yang sejajar, yaitu melibatkan komponen dengan tingkat yang paling kecil, yang berada dalam ujung topologi yaitu *node*. Masing-masing *node* ini dikonfigurasi untuk langsung mengirim data hasil pembacaan menuju *gateway*. Terdapat 3 buah *node*, sebuah *sink*, dan sebuah *server* pada sistem ini. Pada *node* 0 adalah sebagai *sink*, sedangkan *node* 1,2, dan 3 adalah sebagai *endpoint* dari jaringan. Akan tetapi perlu diketahui lagi, bahwa fungsi *sensing* juga ditanamkan pada semua *node* kecuali *node* 0. Artinya yang berperan sebagai sensor dalam jaringan ini adalah *node* 1,2, dan 3. Dan yang berperan sebagai *gateway* atau penghubung antara jaringan sensor dengan *user* adalah *node* 0. (Crossbow Technology. 2015).

3.2 Pengukuran

Pengukuran pada penelitian ini dibagi menjadi dua tahap, yaitu yang pertama adalah pengukuran simulasi gempa bumi dengan menggunakan *seismograf* pada *shaking table*, dan yang kedua adalah pengukuran dengan menggunakan sistem jaringan sensor nirkabel yang dirancang. Kemudian dari hasil pengukuran yang dilakukan data dianalisa dan dibandingkan dari masing-masing hasil pengukuran tersebut.

3.3 Hardware

Gateway yang digunakan untuk menghubungkan paket data dari jaringan sensor menuju server adalah tipe MIB 600 dengan koneksi ekspansi 51- pin dengan interface *EPRB (Ethernet Programming Board)*. Bentuk fisik dari *gateway* yang digunakan dapat dilihat pada gambar.



Gambar 4. Gateway (MIB 600) dan Mote Micaz

Sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor dengan platform Micaz yang diproduksi oleh Crossbow Technology. Sensor bekerja pada frekuensi 2.4 GHz dengan sumber energi dua buah baterai ukuran AA dengan kapasitas 1.5 Volt. Daya maksimal yang dihasilkan adalah 0 dBm atau 1 mWatt. Sensorboard yang digunakan adalah MTS420, yang memiliki sensor accelerometer dengan sumbu biaxial, yaitu membaca pergerakan dua arah (X dan Y), untuk mendeteksi getaran yang terjadi.

3.4 Tahap Implementasi.

Pada penelitian ini sistem deteksi gempa bumi berbasis jaringan sensor nirkabel dibangun dengan cara menyebar ke tiga node yang telah diinject dengan program ke dalam bak shaking table. Sebelum dilakukan persebaran node dalam bak shaking table, perlu dilakukan kalibrasi alat pada sensor yang akan digunakan. Hasil pembacaan dari ketiga node yang dilakukan kalibrasi tersebut akan dapat dilihat angka penunjukannya

Peletakkan ke tiga node yang telah disebar dilakukan ketika node dalam keadaan "on", kemudian node akan didiamkan selama 15 detik, kemudian setelah memasuki detik ke 15, shaking table dinyalakan sehingga akan terjadi permodelan gempa bumi yang dilakukan oleh shaking table.

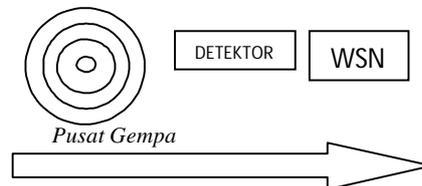
3.5. Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian yaitu: 1) Analisis Prinsip Kerja Detektor, 2) Desain rancangan Detektor, 3) Perhitungan dan uji coba, 4) Pengukuran dan 5) Analisis Data Hasil Pengukuran.

4. Hasil

4.1. Rancangan Detektor

Berikut disajikan diagram alir sistem detektor yang dirancang:



Gambar 5. Diagram Alir Sistem Detektor

4.2. Pembahasan Hasil

Pada pembahasan ini disampaikan diagram alir sistem detektor bekerja hingga menghasilkan signal sebagai indikator yang memberikan indikasi terhadap getaran yang terdeteksi yang berpotensi akan terjadinya Tsunami. Rancangan detektor secara spesifik masih dalam tahap perancangan.

4.3 Simpulan

Dengan rancangan detektor yang dihasilkan nantinya, dapat membantu kita dalam menganalisis signal dalam hal ini getaran yang terjadi yang bisa memberikan indikasi terhadap terjadinya gempa yang berpotensi Tsunami

4.4 Ucapan Terimakasih

Terimakasih disampaikan kepada Dr. Yono Hadi Pramono, M.Eng (dosen/calon promotor bidang Fisika Optoelektronika FMIPA ITS Surabaya) atas ide dan inspirasinya sebagai rencana risert kedepan.

4.5 Daftar Pustaka

- Amr S. Elnashai, Luigi Di Sarno, 2008. "Fundamentals of Earthquake Engineering",
- Artawan. (2011), *Fabrikasi dan Karakterisasi Antena Mikrostrip Tapered Patch Untuk Aplikasi Antena Panel Pada Frekuensi 2,4 GHz*. Tesis Magister, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.
- Artawan, Hadi Pramono, Yono. (2010a), *Perancangan Antena Panel Mikrostrip Horn Array 2x2 Untuk Komunikasi Wi-fi Pada Frekuensi 2,4 GHz*. Prosiding Simposium Fisika Nasional (SFN), ITS, Surabaya.

- Artawan, Hadi Pramono, Yono. (2010b), *Perancangann Antena Panel Mikrostrip Horn Array 2x2 Untuk Komunikasi Wi-fi Pada Frekuensi 2,4 GHz*. Prosiding Seminar Nasional MIPA, Universitas Negeri Malang, Malang.
- Artawan, Hadi Pramono, Yono. (2010c), *Perancangan Antena Mikrostrip Horn Untuk Aplikasi Antena Panel Pada Frekuensi 2,4 GHz*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi (SNTI), Universitas Tarumanegara, Jakarta.
- Aswoyo, Budi. (2000), *Perancangan Optimasi dan Implementasi Antena Mikrostrip Horn Sektorial Bidang E pada Frekuensi Band X*, Tugas Akhir, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, ITS, Surabaya.
- Balanis, C.A. (1997), *Antena Theory Analysis and Design*, Second Edition, John Wiley and Sons, New York.
Crossbow Technology, "Tiny OS Overview", http://www.ce.rit.edu/~fxheec/cisco_urp/cd_seminar?Presentations/Day1-All/03_TinyOS_overview.pdf. 2015
- Edward, Terry. (1991), *Foundation For Microstrip Circuit Design*. Knaresborough England.
- Hadi Pramono, Yono. (2002a), *Analisa Respon Frekuensi Antena Mikrostrip*. Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya. ITS, Surabaya.
- Hadi Pramono, Yono. (2002b), *Analisa Karakteristik Antena CPW Slot dan Patch dengan FDTD*. Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya. ITS, Surabaya.
- Hadi Pramono, Yono. (2005), *Karakterisasi Antena Mikrostrip Patch 3 GHz Secara Simulasi FDTD (Finite Difference Time Domain) Dan Eksperimen*. Jurnal Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Hadi Pramono, Yono. (2009), *Prototipe Antenna Bi-Mikrostrip tapered patch Dengan Dua Arah Pola Radiasi Dan Satu Feeding Monopole Beroperasi Pada Freq. 2,4 GHz*. Prosiding T.Informatika, UPN. Yogyakarta.
- Hidayah, Ifa. (2009), *Desain dan Fabrikasi Antena Bi-Mikrostrip tapered patch Dengan Dua Arah Radiasi dan Satu Feeding Monopole Untuk Komunikasi Wi-fi*. Tesis Magister. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Hund, E. (1989), *Microwave Communications, Component and Circuit*, McGraw Hill, New York.
- IEEE 802.15.4 Specification, 2003MaD-WiSeManual, July 2006
- Kraus, John, D. (1984), *Electromagnetics*, Third Edition, McGraw-Hill, New York.
- Makoto Suzuki, 2007. "Demo Abstract: A High-Density Earthquake Monitoring System Using Wireless Sensor Network".
- Ohri, V, Amin, O, Gebremariam, H Dubois, B. (2003), *Microwave Mikrostrip Horn Antena Design and Test System*, San Jose State University.
- Shafai. (2001), *Microstrip Antena Design Handbook*, Profesor University Of Manitoba, Wimmipeg, Canada.
- Suherman, Nanang. (2008), *Analisis dan Fabrikasi Antena Mikrostrip Horn dilengkapi Reflektor Parabola dengan Metode FDTD*, Tugas Akhir, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, ITS, Surabaya.
- Wikipedia. (2010), *The free encyclopedia WIFI (AM)*. IEEE 802.11.