

Sistem Deteksi Gempa Bumi Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel

Bagus Seto Wahyono – 2204100132

Jurusan Teknik Elektro – FTI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Kampus ITS, Surabaya – 60111

Abstrak- Jaringan Sensor Nirkabel (*Wireless Sensor Network*) merupakan suatu jaringan yang terdiri dari perangkat sensor yang mendeteksi gejala dari keadaan sekitar dan diteruskan menuju *gateway*. Teknologi ini sangat cocok untuk sistem pemantauan bencana alam (*environment monitoring*), seperti gempa bumi (*earthquake*).

Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan perancangan dan pengimplementasian suatu system yang dapat memantau gempa bumi yang berbasis jaringan sensor nirkabel, dengan menggunakan sensor *accelerometer*. Kemudian hasil pembacaan sensor dari alat akan dibandingkan dengan pembacaan dari seismograph.

Dari hasil pengukuran dan analisa data menunjukkan bahwa jaringan sensor nirkabel yang telah dibangun dapat membaca aktifitas gempa bumi mendekati dengan hasil yang didapat oleh hasil yang telah dicatat oleh alat pada *shaking table*. Dalam hal ini *PGA (Peak Ground Acceleration)* gempa yang terjadi pada zona 1, zona 2, dan zona 3 berdasarkan skala *shindo*.

Kata Kunci: Sensor, Wireless Sensor Network, Accelerometer, Shindo Scale

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang dilalui oleh 3 lempeng, yaitu lempeng Australia, Philipina, dan Eurasia. Oleh karena itu Indonesia termasuk negara yang sering terjadi gempa bumi. Gempa bumi merupakan suatu fenomena alam yang salah satunya terjadi akibat pergeseran lempeng pada permukaan bumi, gempa bumi bersifat destruktif, sehingga pada setiap kejadiannya hampir selalu member kerugian materiil maupun imateriil. Pada kejadian gempa bumi tidak jarang berjatuh korban jiwa. Pada tugas akhir ini akan dirancang sistem pemantauan gempa bumi yang berbasis jaringan sensor nirkabel.

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 kesiapan 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 diatas, sehingga proses instalasi sensor dalam jaringan sensor network sangatlah mudah, dan dapat diaplikasikan pada skala besar, pada suatu daerah rawan terjadi gempa bumi.

II. TEORI PENUNJANG

2.1 Karakteristik Umum Gempa Bumi.

Gempa bumi yang terjadi di dunia ini telah mengakibatkan korban jiwa yang tidak sedikit. 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 25-60km di bawah permukaan bumi[1].

Sedangkan pada gempa bumi sendiri terdapat 2 jenis gelombang, yaitu gelombang P, dan gelombang S. Pada gelombang P, gelombang dari pusat epicentrum 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.

Pada tugas akhir kali ini, akan dilakukan pencatatan hasil pembacaan gempa bumi buatan oleh sensor yang telah dirancang menggunakan jaringan sensor network yang di simulasikan oleh *shaking table*, dengan hasil pencatatan menggunakan skala *shindo*. Skala *shindo* sendiri ialah skala yang digunakan untuk mengukur *PGA (Peak Groud Acceleration)* dari gempa bumi yang terjadi pada suatu tempat. Dengan level skala pengukuran sampai dengan 10 level, maka hasil pembacaan sensor pada sistem jaringan sensor network akan dibandingkan dengan hasil pengukuran yang terdapat pada *shaking table*. Teknik pengukuran pada tugas akhir ini

menggunakan Intensity scale, yaitu teknik pengukuran yang dilakukan dengan cara qualitative data yang dihasilkan pada pengukuran gempa bumi dapat digunakan untuk mengetahui dampak kerusakan daripada gempa bumi yang terjadi.

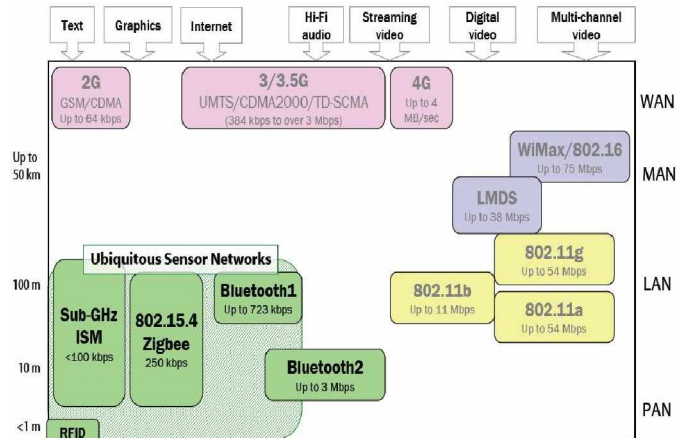
Penelitian yang pernah dilakukan di Jepang dengan menggunakan JMA-Kobe NS shaking table seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 dibawah ini.[2]



Gambar 1. Shaking table JMA-Kobe NS

2.2. Jaringan Sensor Nirkabel.

Jaringan sensor nirkabel (*Wireless Sensor Network*) merupakan suatu sensor pintar (*smart sensor*) yang dimana pada masing-masing titik sensornya memiliki kemampuan untuk merasakan keadaan sekitarnya (*sensing*), serta memproses data yang diperoleh dan berkomunikasi, akan tetapi dikembangkan dalam skala yang besar serta dapat dihubungkan satu sama lain. Sehingga dapat melakukan suatu fungsi pengawasan (*monitoring*) secara terus menerus (*real time*) terhadap suatu lingkungan yang akan di sensing oleh jaringan sensor nirkabel tersebut secara kolektif. Jaringan sensor nirkabel merupakan generasi baru dari sistem sensor (*sensory system*), walaupun masih terbatas pada kemampuan proses data dan terbatasnya pula bandwidth untuk melakukan komunikasi. Para peneliti telah mencoba mengembangkan beberapa protokol baru yang khusus didesain untuk jaringan sensor nirkabel, yang bersifat *energy awareness*. Fokus penelitian lebih kepada protokol routing, karena adanya perbedaan yang mendasar antara jaringan biasa dibandingkan dengan jaringan sensor (baik arsitektur jaringan maupun aplikasi). Gambar 2 berikut menunjukkan perbandingan grafis daripada protokol generik yang digunakan untuk mendeskripsikan jalur komunikasi didalam jaringan sensor nirkabel



Gambar 2. Perbandingan Grafis dari Protokol-Protokol Nirkabel.

Tabel 1. Komparasi beberapa Teknologi *Wireless*

Spesifikasi	GPRS/GSM	IEEE	IEEE	IEEE
	1xRTT/CDMA	802.11 b/g	802.15	802.15.4
Nama komersil	2.5 G/3G	Wi-Fi	Bluetooth	Zigbee
Jenis Jaringan	WAN/MAN	WLAN	PAN	WSN
Aplikasi	Suara dan data pada area luas	Apliasi Enterprise	Pengganti kabel	Monitoring dan Pengaturan
Bandwidth	0.064 – 0.128	11 - 54	0.7	0.02 – 0.25
Jarak Transmisi	3000 kaki	1-300 kaki	1-30 kaki	1-300 kaki
Faktor Desain	Kualitas Transmisi	Pendukung	Pemakaian Sederhana	Reliabilitas dan Power

Ada beberapa versi komersial daripada teknologi wireless, seperti yang di tunjukkan pada tabel 1 diatas. Dan kebanyakan daripada sistem tersebut menggunakan spesifikasi standart dari IEEE 802.15.4 dan Zigbee[3].

2.3 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. Dan pada setiap sistem operasi menggunakan bahasa pemrograman yang beragam pula. Pada tugas akhir 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. TinyOS sendiri memiliki model pemrograman yang berbasis komponen, yaitu NesC. TinyOS mengorganisir

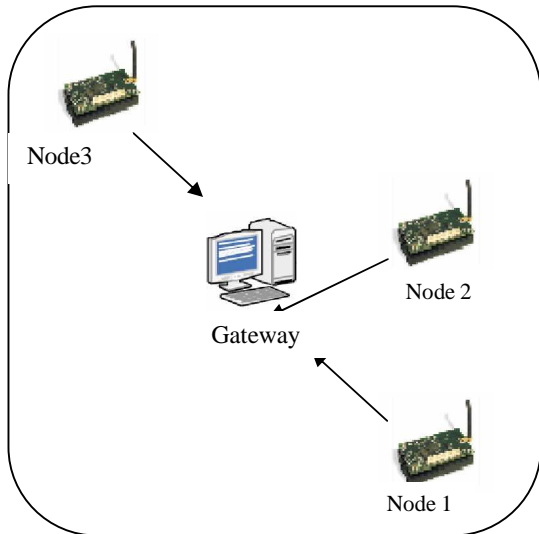
komponen *software*nya ke dalam beberapa lapisan. Lapisan yang paling bawah berkaitan dengan *hardware*, dan lapisan yang paling atas adalah aplikasi yang digunakan. Lapisan TinyOS dapat dilihat pada gambar 4 disamping ini[4].

III. PERENCANAAN DAN IMPLEMENTASI.

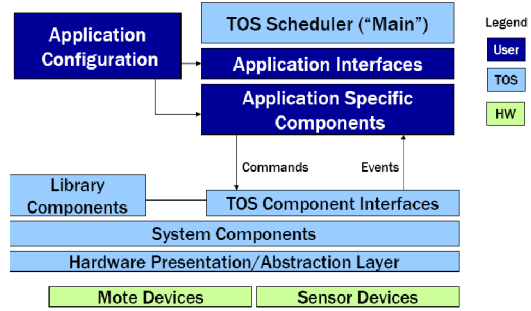
3.1 Perencanaan Topologi Sistem

Pada tugas akhir ini topologi yang digunakan dalam mendeteksi kejadian gempa bumi ialah topologi *star*. Artinya topologi yang digunakan dalam tugas akhir ini membatasi transmisi menjadi hubungan tunggal, antara sensor dengan pengaturnya (*controller*), jadi pada masing-masing sensor yang secara langsung telah terhubung dan akan mengirimkan informasi yang telah dikumpulkan menuju *gateway*. Pada topologi *star* ini, memiliki beberapa kelebihan dibanding dengan topologi lainnya, kelebihanannya antara lain: unjuk kerja yang lebih baik, tahan terhadap kondisi *traffic* yang sibuk, serta memiliki tingkat keamanan data yang cukup tinggi. Penempatan pada masing-masing komponen dilakukan dengan tingkatan yang sejajar, artinya komponen dengan tingkat yang paling kecil, dalam hal ini komponen yang berada dalam ujung topologi yaitu *node*, dan masing-masing node dikonfigurasi untuk langsung mengirim data hasil pembacaan menuju *gateway*.

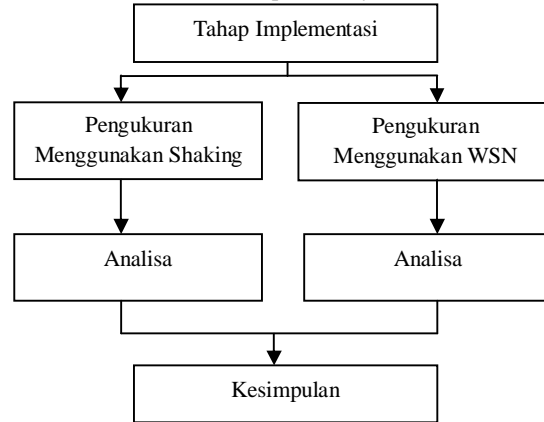
Gambar 3 adalah ilustrasi daripada topologi jaringan yang akan digunakan dalam penelitian ini. Terdapat 3 buah *node*, sebuah *sink*, dan sebuah *server*.. Pada *node* 0 adalah sebagai *sink*, sedangkan *node* 1,2, dan 3 adalah sebagai *endpoint* daripada jaringan. Akan tetapi perlu diketahui lagi, bahwa 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.



Gambar 4. Topologi Jaringan Sensor Nirkabel.



Gambar 4. Lapisan TinyOS



Gambar 5. Metodologi Penelitian

3.2 Metodologi Penelitian.

Pada flowchart metodologi penelitian di atas, tugas akhir dibagi menjadi dua tahap, yaitu yang pertama ialah pengukuran simulasi gempa bumi dengan menggunakan seismograf pada shaking table, dan yang kedua ialah pengukuran dengan menggunakan sistem jaringan sensor nirkabel yang telah kita rancang. Kemudian dari dua pengukuran tersebut dapat kita analisa dari tiap-tiap pengukuran, yang kemudian akan ditarik sebuah kesimpulan.

3.3 Hardware.

Pada tugas akhir ini *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 6. Sensor yang digunakan dalam tugas akhir ini ialah sensor dengan platform Micaz yang diproduksi oleh Crossbow Technology. Sensor bekerja pada frekuensi 2.4 Ghz dengan sumber energy dua buah batrai 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 ayng terjadi. Sensorboard dipasang pada mote Micaz



Gambar 6. Gateway(MIB 600) dan Mote Micaz

3.4 Tahap Implementasi.

Pada tugas akhir kali 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. Persebaran node dalam shaking table, dapat dilihat pada gambar 7. Sebelum dilakukan persebaran node dalam bak shaking table, perlu dilakukan kalibrasi alat pada sensor yang akan kita gunakan. Kalibrasi alat dilakukan dengan cara mendiamkan node yang kita gunakan, dan menyalakannya dalam ruang tertutup selama kurung waktu tertentu. Node tersebut dalam keadaan steady., 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 di diamkan selama 15 detik, kemudian setelah memasuki detik ke 15, shaking table dinyalakan sehingga akan terjadi permodelan gempa bumi yang dilakukan oleh shaking table. Lama waktu gempa bumi telah di atur sedemikian rupa selama 15 detik, setelah itu shaking table akan dimatikan kembali, pada saat sesudah permodelan gempa bumi yang dilakukan oleh shaking table node akan di diamkan selama 30 detik, sehingga waktu dari node dihidupkan hingga selesai pengambilan data ialah selama 1 menit. Pada pengambilan data gempa bumi akan dilakukan permodelan gempa bumi pada 3 zona yang berbeda sesuai dengan SNI-1726 tahun 2002 [4], dimana pada tiap-tiap zona yang akan di ujikan memiliki PGA yang berbeda satu sama lain.

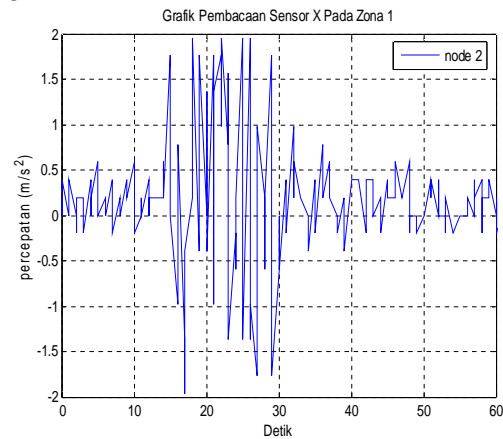


Gambar 7. Persebaran Node Pada Shaking Table.

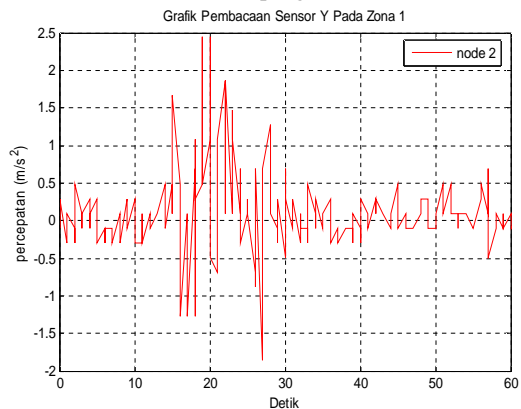
IV. ANALISA DATA

4.1 Analisa Data Pengukuran.

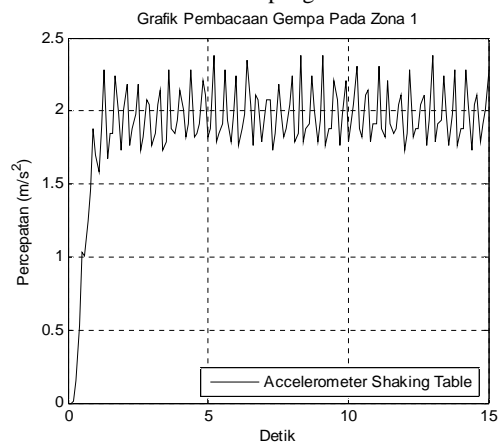
Pada pengukuran kali ini pengambilan data selama kurang lebih 6 jam, dari pukul 9:00 am hingga 3:00 pm. Selama kurun waktu 6 jam tersebut dilakukan pengujian gempa bumi pada Zona[5] yang berbeda. Data getaran hasil pembacaan salah satu node pada zona 1, 2, dan zona 3 serta perbandingan hasil pembacaan dari seismograf shaking table dapat dilihat pada gambar 8- berikut ini.



Gambar 8. Grafik pengukuran sensor X node 2



Gambar 9. Grafik pengukuran sensor Y node

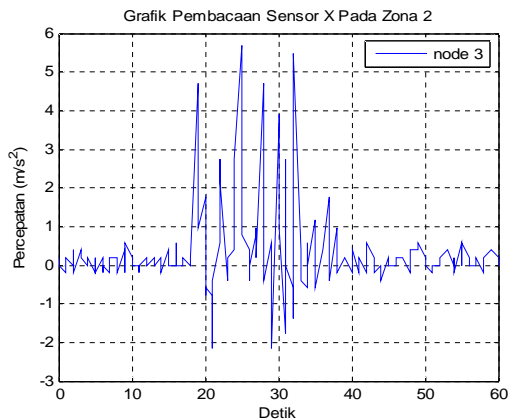


Gambar 10. Grafik pembacaan Seismograf

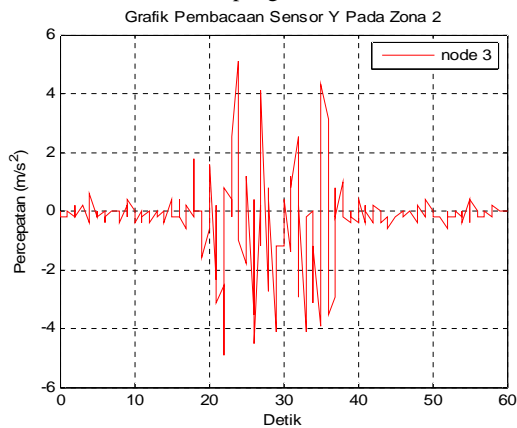
Tabel 2. Pembacaan Permodelan Gempa Bumi

	Sensor X	Sensor Y	Shaking Table
Node 1	3,13 m/s ²	2,94 m/s ²	2,38 m/s ²
Node 2	1,96 m/s ²	2,45 m/s ²	
Node 3	3,58 m/s ²	1,86 m/s ²	

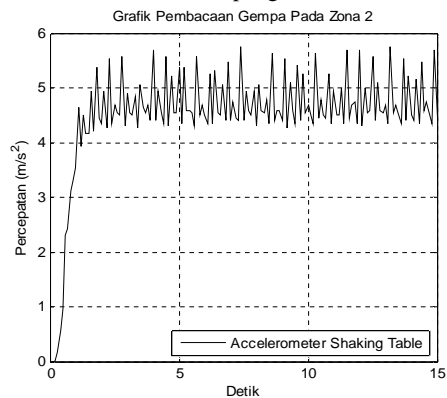
Pada grafik pembacaan Zona 1 di atas dapat dilihat bahwa pembacaan getaran yang paling mendekati seismograf terdapat pada node 2 dengan angka 2,45 m/s², mendekati hasil pembacaan daripada seismograf yang mencapai 2,38 m/s². berikut adalah grafik pembacaan dari zona 2



Gambar 8 Grafik pengukuran sensor X node 3



Gambar 9 Grafik pengukuran sensor Y node 3

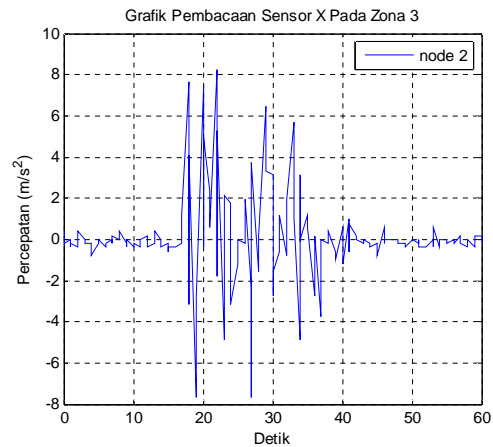


Gambar 10. Grafik pembacaan Seismograf

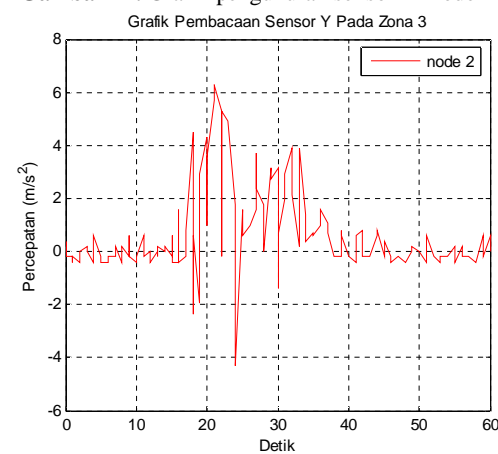
Tabel 3. Pembacaan Permodelan Gempa Bumi

	Sensor X	Sensor Y	Shaking Table
Node 1	3,92 m/s ²	4,8 m/s ²	5,75 m/s ²
Node 2	4,5 m/s ²	4,9 m/s ²	
Node 3	5,68 m/s ²	5,09 m/s ²	

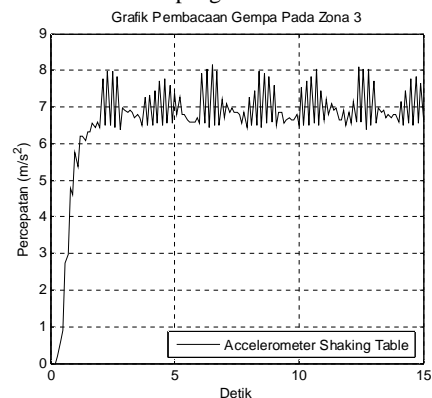
Pada grafik pembacaan Zona 2 di atas dapat dilihat bahwa pembacaan getaran tertinggi terdapat pada node 3 dengan angka 5,68 m/s², mendekati hasil pembacaan daripada seismograf yang mencapai 5,75 m/s². berikut adalah grafik pembacaan dari zona 3.



Gambar 11. Grafik pengukuran sensor X node 2



Gambar 12. Grafik pengukuran sensor Y node 2



Gambar 13. Grafik pembacaan Seismograf

Tabel 4. Pembacaan Permodelan Gempa Bumi

	Sensor X	Sensor Y	Shaking Table
Node 1	7,84 m/s ²	5,88 m/s ²	8,17m/s ²
Node 2	8,23 m/s ²	6,27 m/s ²	
Node 3	7,44 m/s ²	6,66 m/s ²	

Pada grafik pembacaan Zona 3 di atas dapat dilihat bahwa pembacaan getaran tertinggi terdapat pada node 2 dengan angka 58,23 m/s², mendekati hasil pembacaan daripada seismograf yang mencapai 8,17m/s².

4.2 Perbandingan hasil pengukuran Seismograf dengan WSN.

Setelah melakukan pengambilan data pada tugas akhir ini, yaitu permodelan gempa bumi dengan menggunakan shaking table akan di bandingkan hasil pembacaan maksimal atau PGA (*Peak Ground Acceleration*) dari Sistem yang telah kita rancang dengan hasil pembacaan maksimal yang tercatat pada alat shaking table. Berikut adalah tabel perbandingan hasil pengukuran oleh kedua alat tersebut.

Tabel 5 Hasil Perbandingan pembacaan Gempa Bumi

	Sistem yang telah dirancang (m/s ²)	Shaking Table (m/s ²)	Fault Tolerance (%)
Zona 1	3.13	2.38	31
Zona 2	5.68	5.75	1.21
Zona 3	8.23	8.17	0.7

Pada Pembacaan hasil permodelan gempa bumi tampak bahwa pada zona 1 memiliki skala shindo sebesar 6 skala shindo. Dan pada zona 2, dan zona 3 termasuk zona dengan skala 7 shindo

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan.

Dari hasil analisa yang dilakukan , beberapa hal yang dapat disimpulkan adalah:

1. Jaringan sensor nirkabel sesuai apabila digunakan sebagai sistem pemantauan bencana alam dalam hal ini gempa bumi.
2. Dalam pembacaan gempa bumi, jaringan sensor nirkabel dirancang agar dapat membaca PGA (*Peak Ground Acceleration*) pada permukaan tanah yang lunak maupun permukaan tanah yang solid.
3. Pembacaan hasil simulasi gempa bumi juga cukup akurat, dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi, yaitu dengan *Fault Tolerance* hingga 0,7 %

5.2 Saran.

Sistem jaringan sensor nirkabel yang telah dibangun dalam penelitian kali ini, diharapkan dapat digunakan untuk memantau pembacaan gempa bumi yang sebenarnya. Karena apabila ditinjau dari hasil penelitian dari masing masing pembacaan sensor, memiliki tingkat

akurasi yang cukup tinggi, dan dengan kemampuan komunikasi secara luas serta real time. Sehingga untuk kedepannya penelitian ini tidak hanya dilakukan pada skala kecil saja, tetapi dengan skala yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA.

- [1] Amr S. Elnashai, Luigi Di Sarno, "Fundamentals of Earthquake Engineering", 2008
- [2] Makoto Suzuki, "Demo Abstract: A High-Density Earthquake Monitoring System Using Wireless Sensor Network". November 2007
- [3] IEEE 802.15.4 Spesification, 2003MaD-WiSe Manual, July 2006
- [4] Crossbow Technology, "Tiny OS Overview", http://www.ce.rit.edu/~fxheec/cisco_urp/cd_seminar?Presentations/Day1-All/03_TinyOS_overview.pdf
- [5] SNI -1726 - 2002:Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung..

BIODATA PENULIS.



Penulis, Bagus Seto Wahyono, lahir di Surabaya pada tanggal 8 Mei 1986. Menyelesaikan Sekolah Dasar di SD GIKI Gubeng I Surabaya pada tahun 1998. Kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama SLTPN 1 Surabaya dan selesai pada tahun 2001. Lulus dari SMUN 2 Surabaya pada tahun 2004. Penulis melanjutkan studi di PTN Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan mengambil Jurusan Teknik Elektro melalui jalur SPMB. Penulis mengambil Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia dan aktif sebagai staff Laboratorium Multimedia B.304 juga sebagai pembimbing Praktikum Pengolahan Sinyal Komunikasi.