

Kode/Rumpun Ilmu : 453/ Teknik Telekomunikasi

**LAPORAN
PENELITIAN HIBAH BERSAING**



**Penerapan Teknologi Telemetry
Jaringan Sensor Nirkabel Untuk Pengembangan
Sistem Monitoring Kondisi Jembatan**

Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun

Peneliti :

**Nuraeni Umar, S.T.,M.T. (NIDN 0012096206)
Airin Dewi Utami T.,ST.,MT. (NIDN 00024057804)**

**POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
November , 2015**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Penerapan Teknologi Telemetry Jaringan Sensor Nirkabel
Untuk Pengembangan Sistem Monitoring Kondisi
Jembatan

Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap : NURAENI UMAR S.T., M.T.
Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Ujung Pandang
NIDN : 0012096206
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi : Teknik Telekomunikasi
Nomor HP : 0852996791290
Alamat surel (e-mail) : aeni12345@yahoo.com

Anggota (1)
Nama Lengkap : AIRIN DEWI UTAMI THAMRIN ST.,MT.
NIDN : 0024057804
Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Ujung Pandang
Institusi Mitra (jika ada) : -
Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 55.000.000,00
Biaya Keseluruhan : Rp 125.000.000,00



Mengetahui,
Ditandatangani Direktur I
(Ibrahim Abduh, S.ST., MT.)
NIP/NIK 1968051 199303 1 001

Makassar, 22 - 9 - 2015
Ketua,

(NURAENI UMAR S.T., M.T.)
NIP/NIK 196209121988032004

DAFTAR ISI

Lembar Sampul	1
Lembar Pengesahan	2
Daftar Isi	3
Ringkasan	4
Bab I. Pendahuluan	5
1.1.Latar Belakang Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Jaringan Sensor Nirkabel	7
2.2. Sensor Accelerometer	8
2.3. Teknologi Jaringan Nirkabel Zigbee	9
2.4. Sistem Mikrokontroler	11
2.5.Konstruksi Jembatan	12
2.6. Parameter yang diukur	13
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	15
BAB IV. METODE PENELITIAN	16
4.1. Lokasi dan Waktu Penelitian	16
4.2. Perancangan Penelitian	16
4.3. Perancangan Perangkat Lunak	18
4.4. Uji Coba	18
BAB V. HASIL YANG DICAPAI	19
5.1. Hasil Uji Coba Sensor Accelerometer	19
5.2. Hasil Uji Coba Perangkat Komunikasi	20
BAB VI. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA	21
BAB VII. KESIMPULAN DAN SARAN	22
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN	24

LAMPIRAN 1 : Artikel ilmiah

LAMPIRAN 2 : Produk Penelitian

RINGKASAN

Peranan jembatan sangat penting dalam transportasi darat, utamanya di Indonesia karena negara kita terdiri dari berbagai kepulauan. Sehubungan dengan peranannya yang sangat penting maka pembuatan jembatan harus memenuhi berbagai macam standart yang ada. Salah satu syarat yang harus terpenuhi dalam pembuatan jembatan adalah ketahanan jembatan tersebut dalam menahan beban baik manusia maupun kendaraan yang melintas di jembatan tersebut serta kondisi regangan pada jembatan tersebut. Beberapa jembatan yang rusak dan rubuh ternyata karena akibat konstruksi bawah tanah (pondasi) dan kondisi tanah disekitar yang mengalami perubahan bentuk. Hal ini disebabkan kemungkinan karena faktor internal (kontruksi pondasi) atau bisa saja faktor eksternal (suhu, tekanan/strain, gempa).

Perubahan-perubahan yang terjadi dapat di deteksi dengan menggunakan perangkat sensor yang akan mendeteksi kondisi kesehatan jembatan. Sensor yang kami gunakan adalah sensor accelerometer. Akusisi data dari sensor tersebut kemudian dikirim baik secara berperiodik atau kontinu dan realtime. Adapun proses pengiriman data tersebut menggunakan konsep **Jaringan Sensor Nirkabel** (*Wireless Sensor Network/WSN*). Perangkat komunikasi pengiriman data menggunakan Zigbee 802.15 yang terintegrasi dengan perangkat sensor. Pengukuran yang dilakukan adalah menghitung kinerja dari WSN tersebut. Hasil yang diperoleh adalah data sensor accelerometer terkirim dalam posisi tiga dimensi dan jumlah sensor yang terpasang ada 3 buah. Sedangkan kinerja perangkat komunikasi dihitung dengan berbagai skenario yaitu menggunakan topologi star dengan variasi jarak 10 meter, 30 meter, 40 meter dan 60 meter.

Hasil penelitian yang diperoleh adalah data sensor terkirim secara akurat hanya sampai 40 meter. Adapun parameter yang diukur adalah throughput 254 bps, delay 13,68ms, dan packet loss 0, baik untuk 10 meter, 30 meter dan 40 meter hingga 50 meter. Sedangkan pada jarak 60 meter, data sensor sudah tidak diterima lagi.

BAB I. PENDAHULUAN

Berbagai upaya untuk meningkatkan kemampuan sumber daya manusia Indonesia dalam hal rekayasa keteknikan untuk mengejar ketertinggalan teknologi perlu dilaksanakan. Satu cara yang dapat dianggap sangat baik adalah dengan melakukan suatu rancang bangun prototipe yang dikerjakan dalam bentuk penelitian oleh tenaga pengajar perguruan tinggi teknik. Hasil penelitian ini sebagai usaha untuk menerapkan ide akademik melaksanakan penelitian dalam bentuk rancang bangun prototipe.

1.1. Latar Belakang Masalah

Jembatan merupakan salah satu sarana infra struktur transportasi yang sangat penting bagi manusia. Jembatan berfungsi sebagai penghubung antara satu daerah dengan daerah yang lainnya, dimana kedua daerah tersebut dilalui oleh aliran sungai ataupun aliran pengairan lainnya. Peranan jembatan sangat penting dalam transportasi darat, utamanya di Indonesia karena negara kita terdiri dari berbagai kepulauan. Sehubungan dengan peranannya yang sangat penting maka pembuatan jembatan harus memenuhi berbagai macam standart yang ada. Salah satu syarat yang harus terpenuhi dalam pembuatan jembatan adalah ketahanan jembatan tersebut dalam menahan beban baik manusia maupun kendaraan yang melintas di jembatan tersebut serta kondisi regangan pada jembatan tersebut. Bangunan konstruksi suatu jembatan tersusun atas dua bagian yaitu konstruksi atas (superstruktur) berupa bangunan diatas tanah dan konstruksi bawah tanah (substruktur) yang membentuk pondasi-pondasi di bawah tanah.

Ketahanan konstruksi suatu jembatan dipengaruhi beban primer dan sekunder. Beban primer tergantung pada beban utama dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan sedangkan beban sekunder berupa beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam setiap perencanaan jembatan misalnya pengaruh dari luar bangunan jembatan (suhu, angin, gempa bumi, tekanan dll). Sehubungan hal tersebut maka kemungkinan kondisi jembatan sangat dipengaruhi oleh lingkungan yang terjadi atau dialami oleh jembatan tersebut.

Kerusakan struktur jembatan umumnya berlangsung pada kecepatan yang tidak dapat dikendalikan walaupun infrastruktur tersebut didisain agar dapat beroperasi untuk jangka waktu yang lama. Penurunan kemampuan tersebut mempengaruhi perekonomian nasional. Berkurangnya kemampuan infrastruktur dalam jangka panjang akan membutuhkan biaya perbaikannya yang sangat besar. Untuk menghindarkan penurunan

kemampuan fisik yang tidak terhindarkan tersebut, diperlukan penilaian terhadap kondisi kesehatan suatu infrastruktur. Penilaian itu perlu dilakukan secara terus menerus tanpa henti agar dapat diambil tindakan yang rasional. Hal inilah yang merupakan tantangan bagi komunitas ahli Konstruksi⁵⁾.

Dengan semakin majunya teknologi dalam bidang instrumentasi didukung dengan kemajuan dibidang teknologi informasi dan komunikasi, maka monitoring kesehatan infrastruktur dalam hal ini jembatan dapat dibuat. Sudah ada perangkat atau sistem yang dapat memonitoring kondisi atau kesehatan jembatan, yaitu lazim disebut *Structural Health Monitoring Technology* (SHMS). SHMS merupakan bidang baru didalam mendeteksi kerusakan dengan metoda pengujian tak rusak dengan cara mengintegrasikannya dengan struktur untuk memonitor kesehatan suatu insfra struktur secara parsial. Teknologi ini dapat memperpanjang umur pelayanan jembatan karena penurunan kemampuan dan kerusakan dapat diidentifikasi lebih awal (peringatan dini) sebelum terjadinya kerusakan yang lebih parah yang membutuhkan biaya rehabilitasi yang sangat besar.

Monitoring SHMS hingga saat ini belum ada yang terintegrasi dengan sistem komunikasi, jadi monitoringnya dilakukan di lokasi sehingga data kondisi kesehatan jembatan dilakukan secara berperiodik. Sehubungan hal tersebut maka penelitian ini menghasilkan suatu metode SHMS yang terintegrasi dengan perangkat komunikasi sehingga proses pemantauan dapat dilakukan dari jarak relatif jauh dan proses pengambilan data kondisi kesehatan jembatan tersebut berlangsung secara kontinu dan realtime. Adapun parameter kesehatan yang diukur adalah struktur dari pondasi/dasar dari jembatan. Informasi data tersebut dapat disebar luaskan pada pengguna jalan yang akan melintas di lokasi jembatan tersebut.

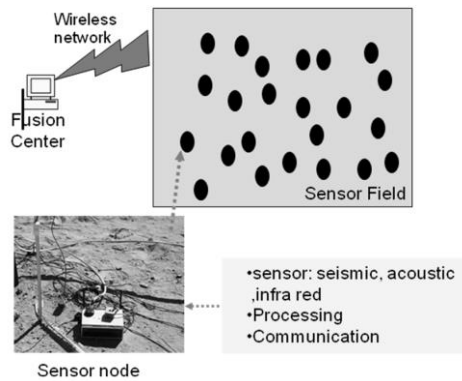
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa pengetahuan yang terkait dengan penyelesaian penelitian ini akan diuraikan di bawah ini, . Adapun topik pengetahuan yang menjadi dasar untuk merancang-bangun sistem monitoring kesehatan jembatan dengan teknologi telemetri Jaringan Sensor Nirkabel adalah : Jaringan Sensor Nirkabel, sistem sensor tekanan (strain), Fungsi komunikasi wireless, dan jaringan komputer serta kajian tentang Kontruksi Jembatan. Masing-masing topik dijelaskan lebih detail pada bagian berikut.

2.1. Jaringan Sensor Nirkabel

Pada saat ini jaringan sensor nirkabel berkembang sangat pesat, hal ini dikarenakan jaringan sensor nirkabel mempunyai aplikasinya yang sangat luas diberbagai bidang kehidupan, seperti bidang militer, kesehatan, perumahan, industri, transportasi dan lingkungan. Di bidang militer contohnya, penyebaran yang cepat dan dinamis serta *self-organization* dari jaringan sensor membuat sistem ini menjadi suatu sistem penginderaan yang sangat menjanjikan untuk keperluan militer diantaranya dalam memberi aba-aba, sistem kontrol, dan intelijen. Dibidang kesehatan, jaringan sensor dapat digunakan untuk memonitor kondisi pasien, dimana data psikologis pasien dapat diakses menggunakan remote oleh dokter. Jaringan sensor juga dapat digunakan untuk mendeteksi penyebaran polutan/bahan kimia asing pada udara dan air, dapat membantu mengidentifikasi jenis, kadar dan lokasi dari polutan.

Sebuah jaringan sensor nirkabel terdiri dari sejumlah sensor yang disebar pada suatu daerah tertentu yang disebut sebagai sensor field/medan sensor. Penyebaran sensor ini dapat dilakukan secara acak atau mengikuti suatu pola tertentu. Masing-masing sensor dilengkapi dengan beberapa komponen utama yaitu sensor, memori dan peralatan komunikasi.



Gambar 1. Jaringan Sensor Nirkabel¹⁾

Salah satu cara untuk mengatasi hal ini adalah dengan sistem deteksi terdistribusi dimana sensor melakukan pengolahan data untuk membuat keputusan sementara dan mengirimkan hasil keputusannya ke pusat pengolahan data atau fusion center. Keputusan dari sensor merupakan bilangan biner, '0' jika tidak ada target dan '1' jika ada target. Fusion center yang akan membuat keputusan final ada tidaknya target.

2.2. Sensor Accelerometer

Accelerometer adalah sebuah transduser yang berfungsi untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran, ataupun untuk mengukur percepatan akibat gravitasi bumi. *Accelerometer* juga dapat digunakan untuk mengukur getaran yang terjadi pada kendaraan, bangunan, mesin, dan juga bisa digunakan untuk mengukur getaran yang terjadi di dalam bumi, getaran mesin, jarak yang dinamis, dan kecepatan dengan ataupun tanpa pengaruh gravitasi bumi.

Prinsip kerja dari transduser ini berdasarkan hukum fisika bahwa apabila suatu konduktor digerakkan melalui suatu medan magnet, atau jika suatu medan magnet digerakkan melalui suatu konduktor, maka akan timbul suatu tegangan induksi pada konduktor tersebut. *Accelerometer* yang diletakan di permukaan bumi dapat mendeteksi percepatan 1g (ukuran gravitasi bumi) pada titik vertikalnya, untuk percepatan yang dikarenakan oleh pergerakan horizontal maka *accelerometer* akan mengukur percepatannya secara langsung ketika bergerak secara horizontal. Hal ini sesuai dengan tipe dan jenis sensor *accelerometer* yang digunakan karena setiap jenis sensor berbeda-beda sesuai dengan spesifikasi yang dikeluarkan oleh perusahaan pembuatnya. Saat ini hampir semua sensor/transduser *accelerometer* sudah dalam bentuk digital (bukan dengan

sistem mekanik) sehingga cara kerjanya hanya berdasarkan temperatur yang diolah secara digital dalam satu chip.

Jenis yang digunakan sensor *accelerometer* MMA7361L dengan tiga sumbu pengukuran, yaitu terhadap sumbu x, sumbu y dan sumbu z. Sensor accelerometer ini digunakan untuk mengukur percepatan benda dalam satuan gravitasi (g). Sensor ini dapat mengukur dua percepatan yaitu 1,5g dan 6g. Gambar dari sensor accelerometer MMA6371L ini dapat dilihat pada gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2.9 Sensor *Accelerometer* MMA7361L

Pada sensor *accelerometer* MMA7361L ini memiliki fasilitas g-select yang memungkinkan sensor bekerja pada tingkat sensitivitas yang berbeda-beda. Penguatan interval pada sensor akan berubah sesuai dengan tingkat sensitifitas yang dipilih, yaitu 1,5 g atau 6 g. Pemilihan tingkat sensitifitas ini dilakukan dengan memberikan input logika pada g-select.

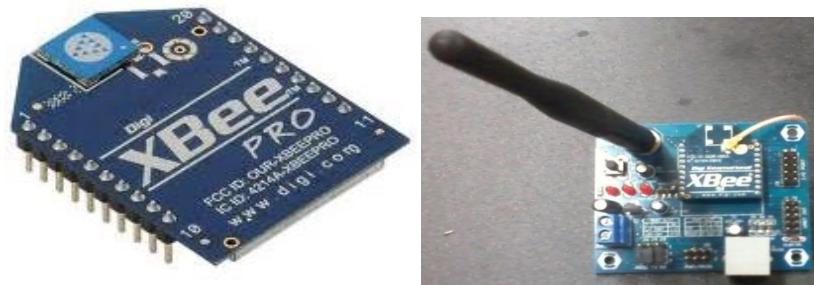
2.3. Teknologi Jaringan Nirkabel *Zigbee*

Teknologi Zigbee merupakan teknologi dengan data rate rendah (*low data rate*), biaya murah (*low cost*), protokol jaringan tanpa kabel yang ditujukan untuk otomasi dan aplikasi *remote control*. Zigbee terdiri dari kata Zig : gerakan *zigzag*, dan Bee: Lebah. Sehingga maknanya adalah penyampaian informasi berbentuk Zigzag dan caranya seperti lebah (membentuk sebuah jaringan).

ZigBee tergolong standar keluarga IEEE 802.15 bersama Bluetooth (802.15.1) dan UWB (802.15.3) dengan kode standar IEEE 802.15.4. Kecepatan komunikasi max 250 kbps, Jarak maksimal komunikasi pendek (10m-70m), dan menggunakan 3 band frekuensi yaitu Band frekuensi 915MHz (Amerika), 868MHz (Eropa), dan 2.4GHz (Jepang).

Zigbee dan Bluetooth sama-sama berada dalam keluarga WPAN (Wireless Personal Area Network). Perbedaan Zigbee dan Bluetooth cukup banyak, mulai dari perbedaan kecepatan (date rate), jarak (range), dan kualitas layanan (QoS).

ZigBee memanfaatkan penuh kelebihan dari *physical radio* yang amat berguna dari standar IEEE 802.15.4. ZigBee menambahkan jaringan logika, keamanan (*security*) dan perangkat aplikasinya (*Application Software*).



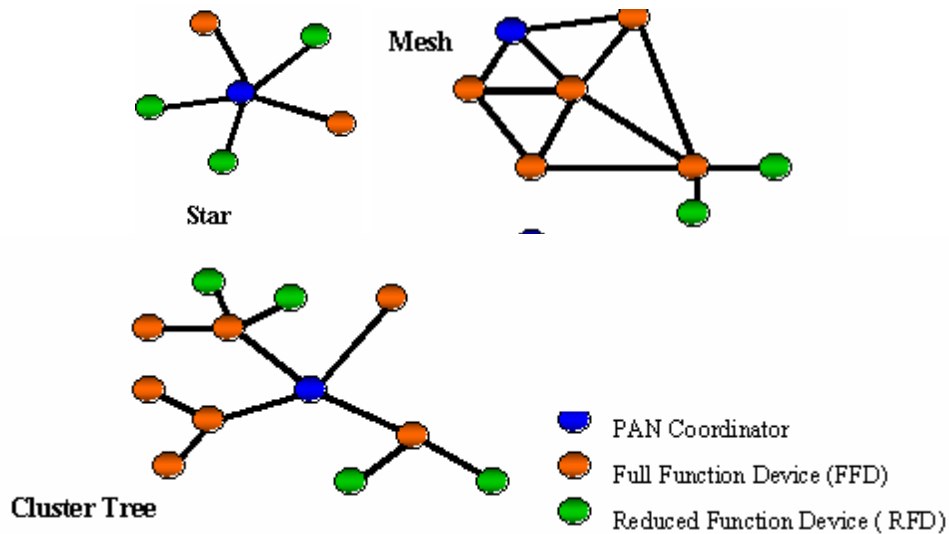
Gambar 2.2. Bentuk fisik salah satu Zigbee

<https://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/XBee-2.5-Datasheet.pdf>.

Kelebihan Zigbee (Ata E, 2010 & George A, 2009) :

- Support untuk beberapa topologi jaringan seperti *point-to-point*, *point-to-multipoint*, dan jaringan mesh.
- Lebih mudah, bentuk kecil, murah, dan baterai tahan lama.
- Memiliki protocol stack yang sangat sederhana.
- Maksimal 65000 node per jaringan, tanpa harus melakukan pengaturan apapun.
- Tidak perlu base station atau access point, komunikasi dapat secara acak (mesh network).
- Dapat mengirim data sepanjang 127 huruf (127 byte), mengurangi beban host CPU (hanya butuh komputer mikro 8 bit saja). Inisialisasi sistem 30ms, cocok untuk peralatan sensor yang membutuhkan operasi kecepatan waktu ON/OFF nya tinggi.
- Optimisasi untuk aplikasi yang kritis terhadap waktu, untuk koneksi ke jaringan 30 ms, waktu aktifasi dari slave 15 ms dan akses kanal slave aktif 15 ms.
- Mudah diaplikasikan dengan mikrokontroler berkapasitas rendah.

ZigBee memiliki 3 topologi model jaringan yaitu topologi star, Mesh (*Peer to Peer*) serta Cluster Tree, seperti Gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.3 Topologi Jaringan Zigbee (P. Tri R, 2005)

2.4. Sistem Mikrokontroller

Mikrokontroller adalah suatu chip yang mempunyai *central processing unit* dan berbagai komponen lainnya seperti: clock dan reset, memory (baik program maupun data) dan input/output (serial dan paralel) yang dibangun dalam satu perangkat IC (*Integrated Circuit*). Penggabungan beberapa komponen dalam satu chip ini menjadikan sistem mikroprocessor menjadi lebih kompak, praktis dan efisien.

Di pasaran elektronik banyak tersedia mikrokontroller dari berbagai produsen juga dengan berbagai fasilitas. Beberapa produsen mikrokontroller adalah Intel yang memproduksi seri 8051, Atmel yang memproduksi seri-seri 89C51, 89C52, MICROCHIP dengan seri-seri PIC, Motorola yang memproduksi seri 68XX, maupun ZILOG.

Mikrokontroller seri 8051 adalah mikrokontroller pertama yang diproduksi oleh Intel Corporation. Keluarga 8051 adalah kontroller 8 bit yang dapat mengakses 64K memori program dan memori data secara terpisah. Mikrokontroller ini memiliki beberapa komponen diantaranya *Random Access Memory* (RAM) internal, timer/counter, serial port, port input/output dan lima interupsi. Varian dari seri 8051 yaitu 8751 memiliki memori program yang dapat dihapus (*Erasable Programmable read Only Memeory/EPROM*). Perusahaan Atmel juga memproduksi seri 89C51 yang memiliki *Electrically Erasable Programmable read Only Memeory/EEPROM*) yang sangat bermanfaat dalam pembuatan prototype dimana program banyak mengalami perubahan.

2.5. Konstruksi Jembatan

Jembatan merupakan salah satu sarana transportasi yang sangat penting bagi manusia. Jembatan berfungsi sebagai penghubung antara satu daerah dengan daerah yang lainnya. Jembatan merupakan satu struktur yang dibuat untuk menyeberangi jurang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api ataupun jalan raya. Dalam perencanaan struktur jembatan beban dan gaya harus diperhatikan untuk perhitungan tegangan yang terjadi pada setiap bagian. Adapun beban pada konstruksi jembatan sebagai berikut :

- **Beban Primer ;** Beban primer merupakan beban utama dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. Yang termasuk beban primer adalah beban mati yaitu semua beban yang berasal dari berat sendiri jembatan termasuk segala unsur tambahan. Sedangkan beban hidup berupa beban terpusat ‘T’ untuk lantai kendaraan dan beban ‘D’ yang merupakan beban jalur untuk gelagar. Beban ini biasa juga disebut beban internal.
- **Beban Sekunder ;** Beban sekunder merupakan beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam setiap perencanaan jembatan. Yang termasuk beban sekunder adalah beban angin, beban gaya akibat suhu, beban akibat rangka dan susutnya bahan beton pondasi, gaya rem dan gempa bumi.

Lokasi implementasi perangkat SHMS ini di Jembatan Barombong Di Kota Makassar. Jembatan tersebut terletak di perbatasan antara Kota Makassar, Kabupaten Gowa dan Kabupaten Takalar. Bentuk jembatan tersebut seperti gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2.4. Lokasi Implementasi perangkat SHMS (Jembatan Barombong di Makassar)

2.6. Parameter yang diukur

1. Throughput

Throughput merupakan kinerja jaringan yang terukur. Throughput merupakan jumlah bit yang berhasil dikirim pada suatu jaringan (Ardiansyah, 2014). Sedangkan menurut E. Setio Dewo (2003) ditulis kembali oleh Prahareza Ardiansyah (2014), throughput adalah bandwidth aktual yang terukur pada suatu ukuran waktu tertentudalam suatu hari menggunakan rute jaringan yang spesifik ketika sedang men-download suatu file. Nilai throghput dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah bit yang di kirim}}{\text{Total waktu pengiriman}} \quad (\text{bps})$$

2. Delay

Delay adalah waktu yang diperlukan untuk transmisi paket data dari pengirim ke penerima.

Tabel 2.1 Standar Delay

Kategori Delay	Besar Delay
Excellent	< 150 ms
Good	150 s/d 300 ms
Poor	300 s/d 450 ms
Unnacceptable	> 450 ms

Gangguan yang sering terjadi pada proses transmisi data diantaranya adalah Attenuation / Attenuation Distortion dan Delay Distortion. Delay Distortion adalah pemotongan/pelemahan fasa, dimana fasa atau waktu yang diperlukan sinyal untuk melewati media transmisi dilemahkan, terjadi akibat kecepatan sinyal yang melalui medium berbeda-beda, sehingga sinyal yang dikirimkan transmitter ke reciver akan cenderung lebih lama. Nilai delay didapatkan dari persamaan berikut:

$$\text{Delay} = \text{Lamanya waktu pengiriman data} \quad (\text{detik})$$

3. Packet Loss

Definisi packet loss adalah banyaknya paket yang hilang selama proses transmisi dari sumber ke tujuan. Nilai packet loss selama proses transmisi dari sumber ke tujuan didapatkan dari persamaan berikut :

$$Packet Loss = \frac{\sum Paket\ dikirim - \sum Paket\ diterima}{\sum Paket\ di\ kirim} \times 100\% \quad (\%)$$

BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini untuk tahun pertama ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan rancang-bangun kerja sensor accelerometer
2. Melakukan rancang bangun integrasi deteksi data dari beberapa accelerometer dengan jaringan telekomunikasi yaitu Jaringan Sensor Nirkabel untuk aplikasi *Structural Health Monitoring Technology* (SHMS).

3.2. Manfaat Penelitian

Penelitian ini adalah pengembangan sistem monitoring kondisi ‘kesehatan’ suatu jembatan, dimana sistem monitoring ini dilakukan pada jarak yang relatif jauh dan proses informasi akusisi datanya kontinu dan realtime.

Seperti telah diuraikan di atas bahwa hasil penelitian ini adalah berupa sistem monitoring telemetri konsisi kesehatan jembatan, utamanya bentuk konstruksinya apakah terjadi kemiringan akibat terjadinya tekanan (strain). Dimana hasil pemantauan data di kirim ke pusat monitoring secara kontinyu dan real time. Adapun data-data yang dideteksi berupa tekanan (strain), dan suhu disekitar body jembatan.

Apabila penelitian ini di implementasikan maka dapat digunakan sebagai pusat informasi kondisi saran dan prasaran khususnya kesehatan jembatan. Adapun manfaat dapat diuraikan sebagai berikut :

- ✓ Menyediakan data untuk memperkirakan kerusakan struktur dan penurunan performa jembatan untuk menentukan jadwal inspeksi dan pemeliharaan
- ✓ Menyediakan data guna merubah tingkat keamanan lalu lintas yang disebabkan oleh gempa dan badai.
- ✓ Menyediakan data untuk memperkirakan keandalan struktur dan arus lalu lintas paska gempa dan badai.

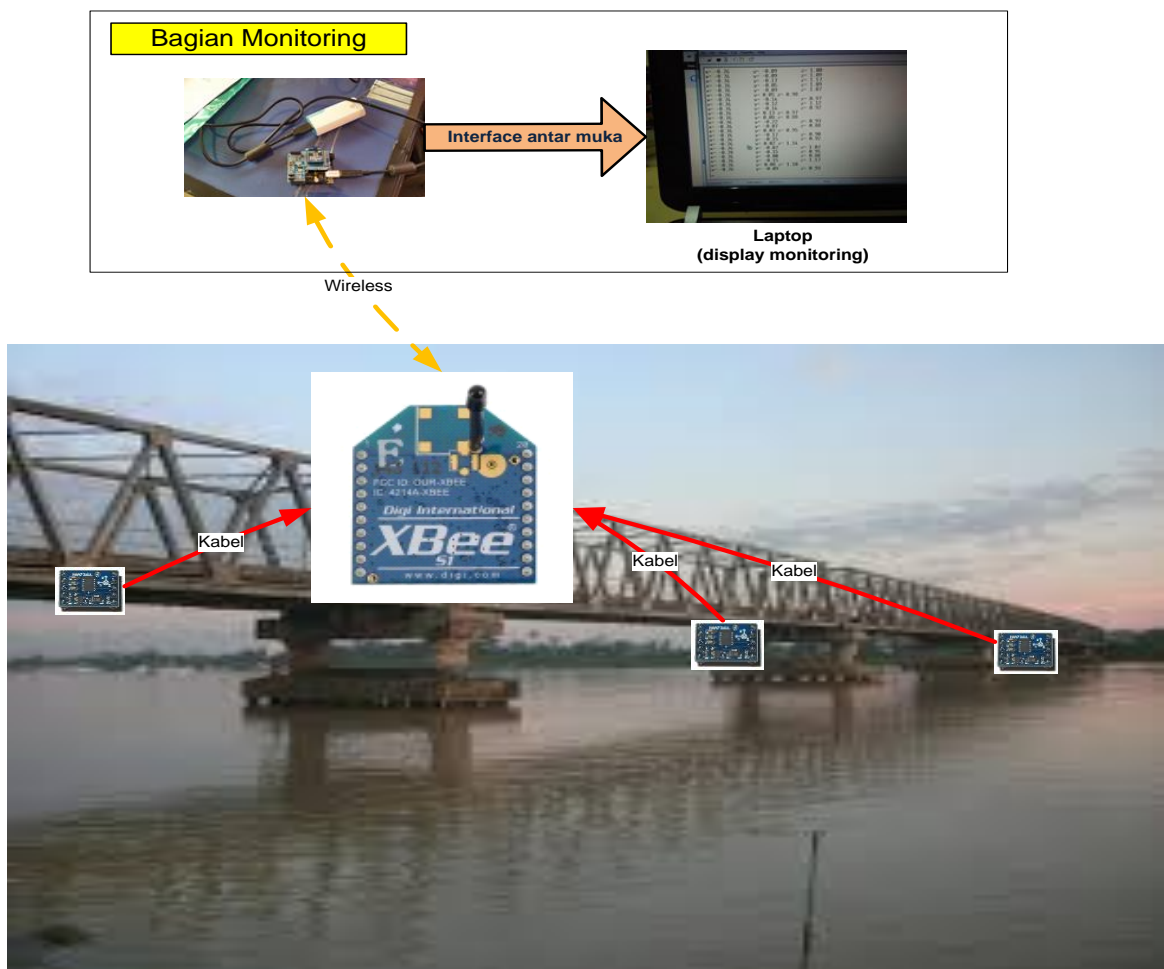
BAB IV. METODE PENELITIAN

4.1. Jadwal dan Tempat Penelitian

Kegiatan penelitian tahap pertama ini dimulai sejak bulan Mei 2015 hingga sekarang ini masih tetap berlangsung. Saat ini sementara melakukan proses pengujian perangkat sensor dan komunikasinya. Kegiatan untuk merancang dan ujicoba dilaksanakan di Laboratorium High Frekwensi Jurusan Teknik Elektro PNUP, sedangkan kegiatan analisa dan penulisan laporan dikerjakan di rumah atau di laboratorium tersebut.

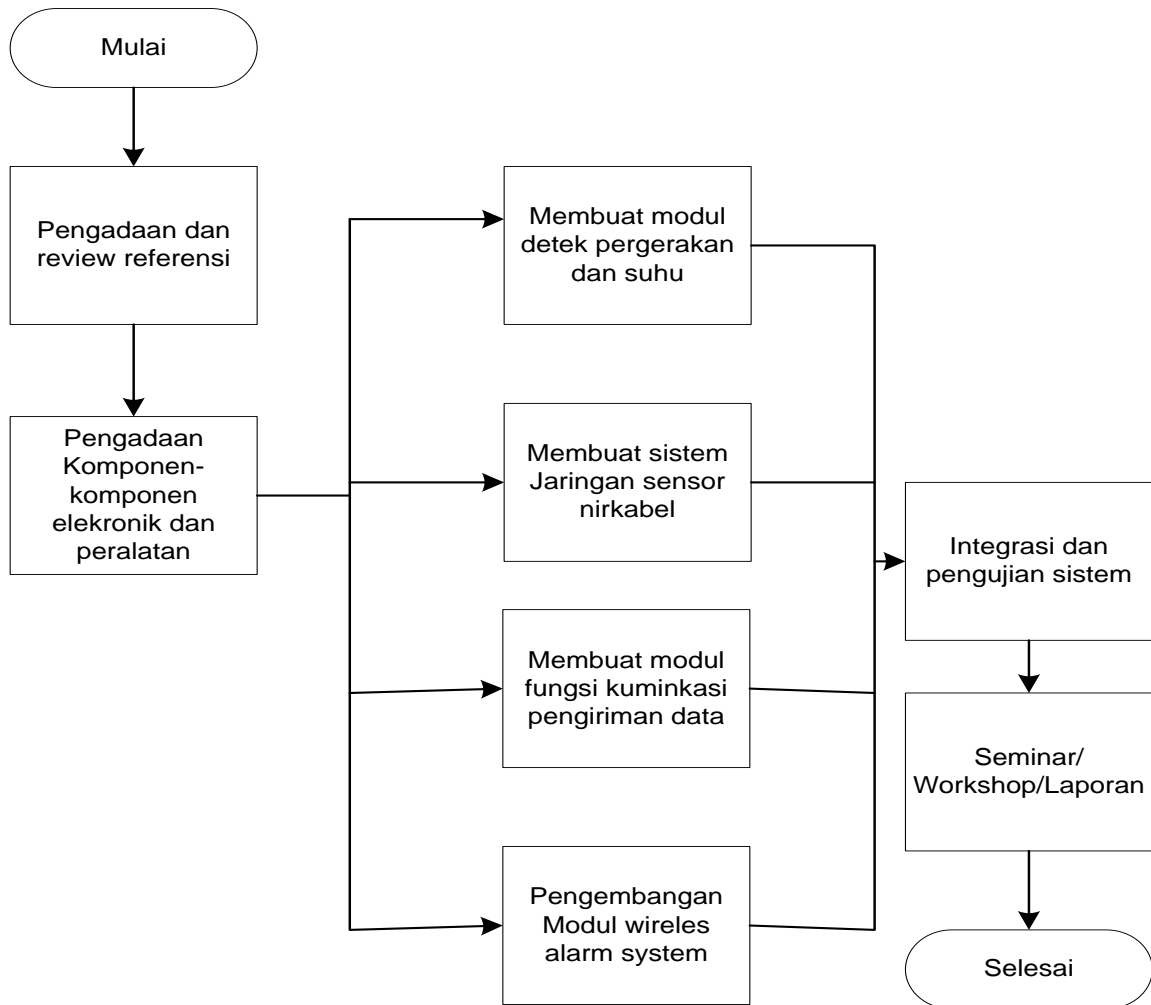
4.2. Perancangan Penelitian

Penelitian tahun pertama ini masih berskala laboratorium, dan fokus penelitiannya adalah rancang bangun perangkat sensor, rancang bangun perangkat telekomunikasi dan integrasi dari perangkat sensor dan telekomunikasi. Adapun skema dari penelitian ini sebagai berikut :



Gambar 4.1. Konsep Pengembangan Sistem Monitoring Kesehatan Jembatan

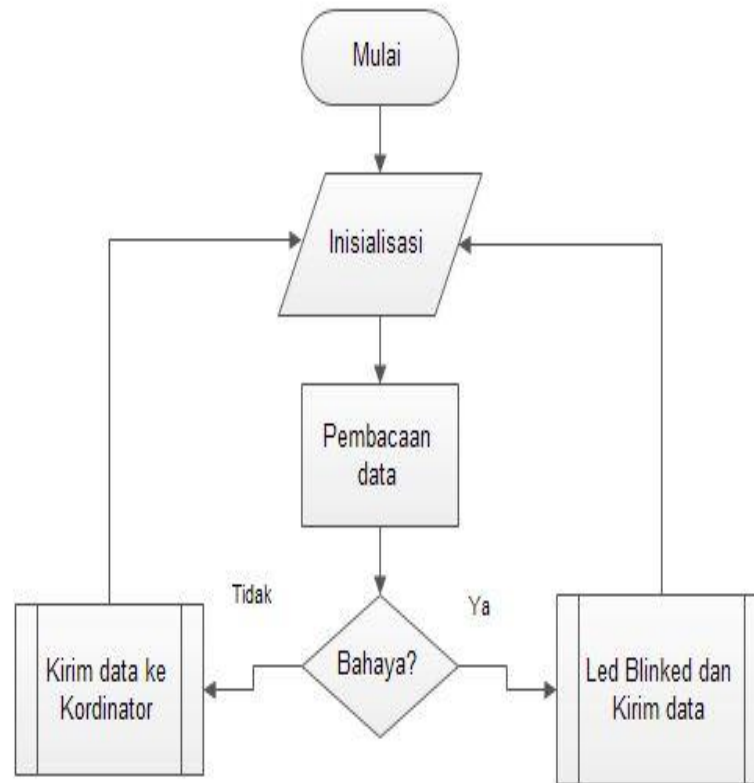
Jenis penelitian ini adalah rancang bangun yang diikuti oleh ujicoba. Rancang bangun modul ini terdiri atas beberapa tahapan, yang meliputi: rancangan lay out PCB, penyolderan komponen, dan pengujian modul. Adapun kegiatan penelitian untuk tahun pertama sebagai berikut :



Gambar 4.2. Diagram alir kegiatan tahun pertama

4.3. Perancangan Perangkat Lunak Sistem

Berikut ini adalah flowchart alir program sistem yang akan dibuat :

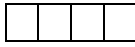


Gambar 4.3. Flowchart Node Sensor

4.4. Ujicoba

Adapun ujicoba yang kami lakukan pada tahun pertama pada skala laboratorium dalam bentuk prototipe, sistem deteksi pergerakan (perubahan posisi) serta integrasi dengan sistem telekomunikasi wireless.

Sedangkan monitoring data akusisi akan di pantau dengan menggunakan layar monitor dengan berlatar belakang gambar jembatan yang akan dipantau. Adapun parameter uji coba yaitu mengukur delay, *Packet Loss dan throughput*, serta akusisi data sensor. Untuk ujicoba perangkat komunikasi dibuat beberapa kondisi jarak yaitu 10, 30, 40 dan 60 meter (d disesuaikan beberapa panjang jembatan).

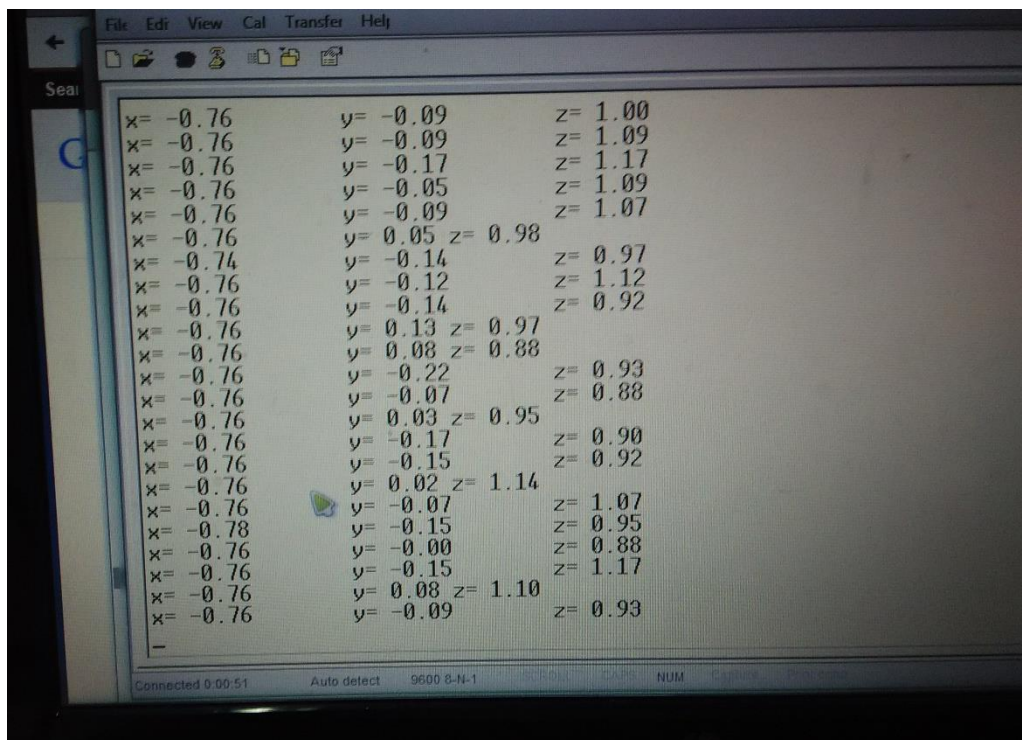


BAB V

HASIL YANG DICAPAI

Hasil yang dicapai hingga saat ini, yaitu berupa rancang bangun perangkat sensor Accelerometer dan suhu serta perhitungan kinerja perangkat komunikasi Zigbee 802.15. Ujicoba perangkat accelerometer masih berskala laboratorium atau berupa protipe, untuk ujicoba lapangan rencananya di tahun kedua. Sedangkan untuk ujicoba perangkat komunikasinya dilakukan di luar kampus untuk menghitung kemampuan jarak, delay dan throughputnya.

5.1. Hasil Uji Coba Sensor Accelerometer



Gambar 5.1. Hasil Uji Coba Sensor Accelerometer

5.2. Hasil Uji Coba Perangkat Komunikasi

Perangkat Komunikasi yang di hasilkan seperti pada gambar 5.2 di bawah ini. Perangkat ini dilengkapi Led sebagai indikator kondisi ‘bahaya’. Sedangkan sensor accelerometer diletakkan di beberapa tempat pada prototipe jembatan (ada 3 sensor).



Gambar 5.3 : Perangkat Komunikasi



Gambar 5.4 : Protipe Jembatan

Ujicoba perangkat komunikasi dilakukan di ruang terbuka dengan berbagai variasi jarak, topologi (letak sensor) terhadap perangkat komunikasi point to point dengan model Star. Untuk validasi hasil pengukuran maka dilakukan 10 kali setiap satu kondisi (atau jarak) dan kemudian di rata-ratakan. Parameter pengukuran berupa Throughput (bps), Delay (ms) dan Packet Loss (%). Sedang data yang di kirim berupa posisi dari sensor tersebut (seperti terlihat pada gambar 5.1). Adapun hasil validasi dari pengukuran perangkat komunikasi di tampilkan dalam bentuk tabel 5.1 di bawah ini.

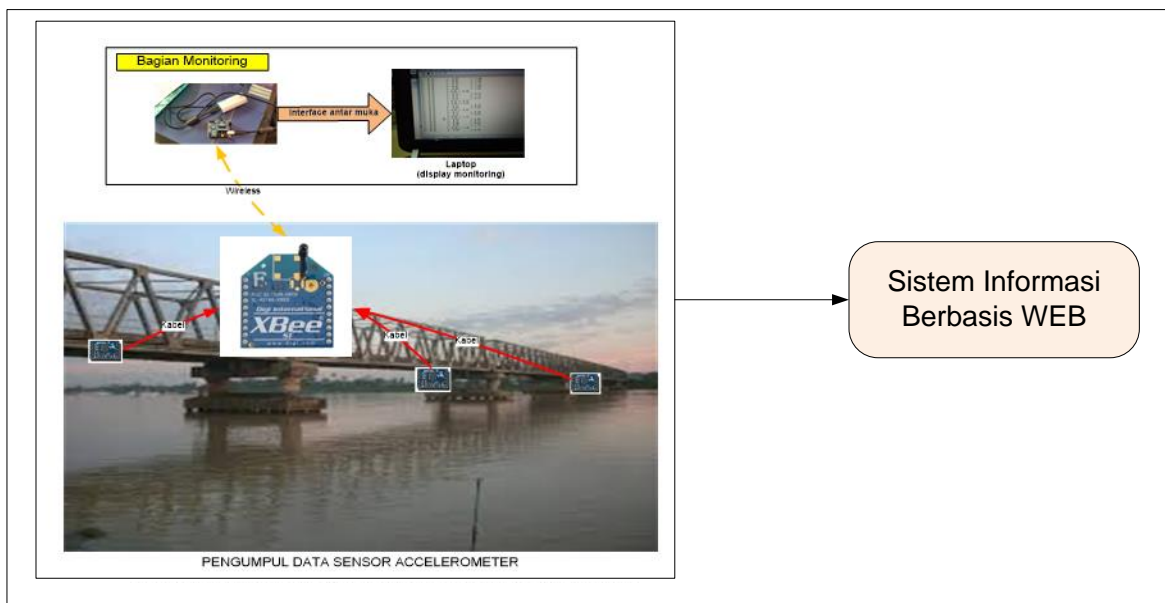
Tabel 5.1 : Hasil Pengukuran Perangkat Komunikasi (zigbee 802.15)

Topologi	Jarak (Meter)	Throughput (bps)	Delay (ms)	Packet Loss (%)	Keterangan
S T A R	10	254	4,62	0	Diterima sangat baik
	20	254	8,91	0	Diterima sangat baik
	30	254	10,76	0	Diterima sangat baik
	40	254	13,52	0	Diterima sangat baik
	50	221	17,98	12,99	Diterima baik
	60	0	?	100	Gagal Pengiriman

Hasil pengukuran menyatakan bahwa sistem SHMS yang di buat ini, dapat di implementasikan atau di terapkan di jembatan yang ukuran panjangnya maksimal 50 meter.

BAB VI. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA

Penelitian ini akan di lanjutkan pada tahapan berikutnya, yaitu di tahun ke 2. Dimana rencana pada tahapan berikutnya adalah menambah skenario yaitu bentuk topologi Flat-Type dan juga menambah jumlah sensornya. Selain itu database hasil pengukuran di olah secara Local Area Network, bahkan di sambungkan ke web. Sehingga Sistem Informasi Kesehatan Jembatan (dalam hal ini Jembatan Barombong di Makassar) dapat di akses langsung oleh masyarakat. Uji coba juga akan di implementasikan di lapangan yaitu di jembatan barombong di Makassar.



Gambar 6.1. Konsep Penelitian Tahun Kedua

BAB VII. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan penelitian ini, maka beberapa hal dapat di simpulkan yaitu :

1. Kinerja sensor *accelerometer* dapat digunakan untuk mendeteksi pergerakan/ perubahan posisi suatu objek dalam hal ini sktruktur bangunan Jembatan.
2. Penerapan perangkat komunikasi Zigbee 802.15 yang terintegrasi dengan sensor yang selanjutnya disebut Wireless Sensor Network (WSN) sangat baik atau cocok digunakan untuk proses pengiriman data, dimana hasil yang pengukuran sampai jarak maksimum 50 meter.
3. Nilai rata-rata Kinerja sistem komunikasi data yaitu Throughput 254 bps, delay 13,87 ms dan packet loss 0. Hasil tersebut dapat di andalkan untuk diterapkan pada SHMS.
4. Sehubungan (1) dan (2) tersebut maka di simpulkan bahwa sistem ini dapat di implementasikan di Jembatan sebagai sistem SHMS (*Structural Health Monitoring Technology*).

DAFTAR PUSTAKA

1. Abdul Haris Junus Ontowirjo dan Wirawan, JARINGAN SENSOR NIRKABEL ARSITEKTUR TITIK TUNGGAL SEBAGAI WAHANA PENERAPAN SISTEM KENDALI TERSEBAR. Teknik Elektro Institut Teknologi Surabaya, Diakses Maret 2011.
2. Ardi Winoto, Mikrokontroler AVR ATmega8/32/16/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR, Informatika, 2010.
3. Eni Dwi Wardihani, Wirawan, ANALISA KINERJA SISTEM DETEKSI TERDISTRIBUSI PADA JARINGAN SENSOR NIRKABEL. Teknik Elektro Institut Teknologi Surabaya, Diakses Maret 2011.
4. Ning Xu, Sumit Rangwala, Krishna Kant Chintalapudi, Deepak Ganesan A Wireless Sensor Network For Structural Monitoring, IEEE jurnal
5. *Poltak H.A. Nababan, Structural Health Monitoring System Alat Bantu Mempertahankan Usia Teknis Jembatan. 2008.* Diakses 5 Maret 2012
6. Widodo Budiharto, Kendali Cerdas Berbasis SMS/Web/TCP-IP, Elexmedia Komputindo,2009
7. Yong Xu^{1, 2}, Zhixiang Zhou², Benniu Zhang², Electrical and Mechanical Character of Smart Film for Crack Monitoring of Concrete Bridges, 1. Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031,China; 2. Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074. China. 2010.
8. Yu-Ting Liu¹, Jian-Hua Tong², Yiching Lin¹, Tsung-Han Lee³ and Chia-Feng⁴ Chang, Real time Bridge Scouring Safety Monitoring System by using mobile wireless technology, National Chung Hsing University¹, Hong Kuang Technology University², National Taichung University³, Taiwan Construction Research Institute⁴. 2010.
9. <http://id.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>. Diakses 31 Januari 2012
10. <http://bukitcemaracitraindah.blogspot.com/2011/11/prinsip-kerja-sensor-strain-gauge.html>. Diakses 5 Maret 2012

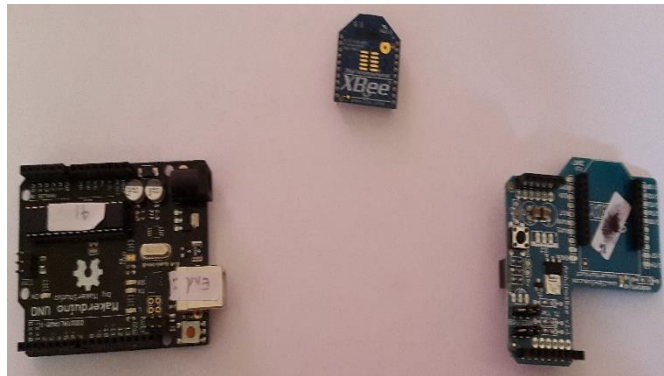
11. <http://id.wikipedia.org/wiki/Jembatan> [update 23 Januari 2012]. Diakses 5 Maret 2012

LAMPIRAN - LAMPIRAN

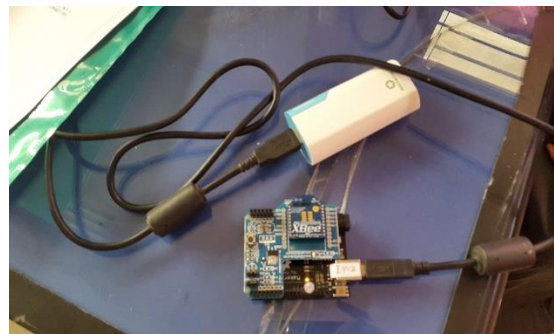
LAMPIRAN 1 : Artikel Ilmiah

**Untuk tahun pertama ini rencana akan daftar sebagai pemakalah pada seminar
Nasional Fortei 2016**

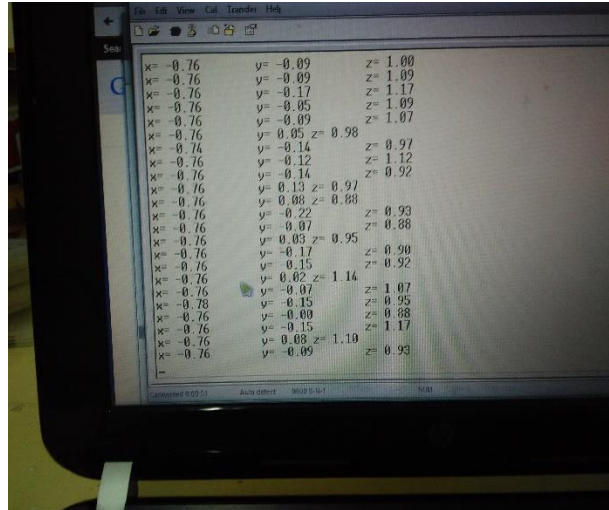
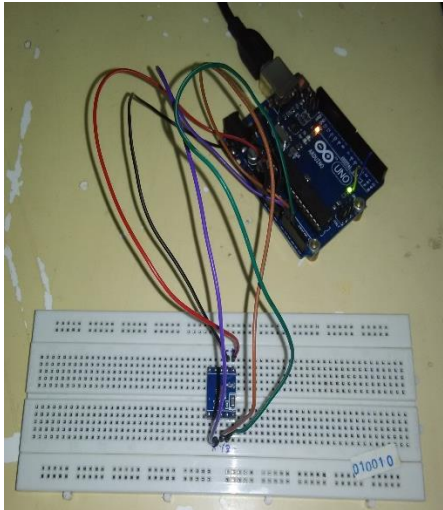
LAMPIRAN 2 :
PRODUK PENELITIAN



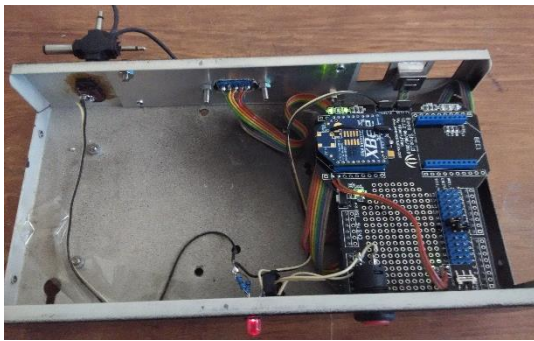
Gambar : Perangkat Komunikasi sebelum di rakit



Gambar : Perangkat Komunikasi setelah di rakit



Gambar : Uji coba sensor accelerometer (tampilan di layar laptop)



Gambar : Perangkat Komunikasi