

---

# **Jurnal** ***Rekayasa Elektrika***

---

**VOLUME 11 NOMOR 5**

**DESEMBER 2015**

---

**Penggunaan Accelerometer MMA7361 sebagai Alternatif Pengukuran Lendutan pada Jembatan Secara Nirkabel Berbasis ATmega32** 183-188

*Mohd. Syaryadhi, Purwandi Hasibuan, dan Suhardi*

---

JRE	Vol. 11	No. 5	Hal 157-188	Banda Aceh, Desember 2015	ISSN. 1412-4785 e-ISSN. 2252-620x
-----	---------	-------	-------------	------------------------------	--------------------------------------

# Penggunaan Accelerometer MMA7361 sebagai Alternatif Pengukuran Lendutan pada Jembatan Secara Nirkabel Berbasis ATmega32

Mohd. Syaryadhi<sup>1</sup>, Purwandy Hasibuan<sup>2</sup>, dan Suhardi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf, No. 7, Banda Aceh 23111

e-mail: purwandy.hsb@unsyiah.ac.id

**Abstrak**—Jembatan dirancang dan dibangun dengan kemampuan tertentu terhadap beban yang akan dilaluinya. Ketika jembatan dilalui oleh sejumlah kendaraan, maka jembatan akan mengalami getaran dan lendutan vertikal. Apabila lendutan ini terjadi secara terus menerus dalam nilai yang besar maka jembatan akan mengalami kerusakan lebih cepat dari yang direncanakan. Dalam penelitian ini dirancang suatu *prototype* sistem pengukuran lendutan vertikal pada jembatan secara nirkabel dengan menggunakan sensor *accelerometer* MMA7361 dengan pusat kendali mikrokontroler ATmega32. Pengujian dilakukan dengan memberi beban pada jembatan trial dengan panjang 1 (satu) m sehingga menghasilkan lendutan vertikal ke bawah dengan simpangan maksimal 15 cm. Data pembacaan sensor dikirimkan secara nirkabel menggunakan modul ZigBee secara *real time* ke komputer untuk ditampilkan dalam bentuk grafis sehingga mempermudah proses analisa tingkat lendutan pada jembatan. Dengan penelitian ini diharapkan dapat memberikan suatu metode alternatif pengukuran lendutan vertikal pada jembatan yang dapat dimanfaatkan oleh pihak terkait dalam pengambilan kebijakan.

**Kata kunci:** *lendutan vertikal, jembatan, accelerometer, dan nirkabel*

**Abstract**—A bridge is planned and built with a certain capability against vehicles through it. The vehicles movement causes vibration and vertical deflection on certain parts of the bridge. If the vibration occurs continuously in a great value, then the bridge will be damaged sooner than had been planned. This research reports a design of a vertical deflection measuring system prototype on bridge, employing an accelerometer MMA7361 sensor which is controlled by ATmega32. The system was tested by manually loading the trial bridge with 1 m of length. The loading deflects down the bridge to maximum 15 cm from the reference point. Sensor readout data was sent wirelessly using ZigBee real time to computer in a graphical display for easy analysis. The research give an alternative method in vertical deflection measuring on the bridge that can be utilized by stakeholder in policy decision.

**Keywords:** *vertical deflection, bridge, accelerometer, and wireless*

## I. PENDAHULUAN

Jembatan adalah konstruksi bangunan pelengkap sarana transportasi jalan yang menghubungkan suatu tempat ke tempat yang lain yang dapat dilintasi oleh sesuatu benda bergerak yang berperan dalam mendukung sektor ekonomi, sosial, dan budaya sesuai dengan UU Republik Indonesia nomor 38 tahun 2014. Dalam desain pembangunannya, umur jembatan umumnya direncanakan 100 tahun untuk jembatan besar dan 50 tahun sebagai batas minimumnya. Untuk mencapai kekuatan dan kemampuan layanan pada umur rencana tersebut, kegiatan pemeliharaan jembatan secara berkala adalah suatu keharusan yang dilakukan [1].

Identifikasi kerusakan atau penurunan kapasitas jembatan sebagai akibat beban berlebih (*overload*) dan degradasi mutu material dari umur jembatan merupakan acuan dalam penetapan kebijakan dalam pemeliharaan jembatan. Salah satu metode yang dapat dilakukan adalah dengan pengukuran perubahan kekakuan jembatan yang

dapat ditunjukkan besarnya perubahan lendutan jembatan dari umur awal ke umur masa penggunaan.

*Accelerometer* sebagai sensor pengukuran lendutan merupakan pilihan alternatif yang banyak digunakan pada saat ini. Metode pelaksanaan yang cukup sederhana, peralatan pendukung yang minimalis, serta waktu kerja yang singkat menjadi pilihan utama dibandingkan dengan menggunakan *Linear Variable Differential Transformer* (LVDT) dengan berbasiskan data logger. Perangkat dengan metode LVDT yang dapat dilihat pada Gambar 1, selain memerlukan peralatan perancah dan beban buatan seperti truk, fungsional lalu lintas jembatan juga harus dikondisikan selama pengujian sehingga menimbulkan biaya yang cukup besar. Hal ini bertolak belakang jika pengukuran dengan menggunakan *accelerometer*. Data dasar sensor yang berupa perubahan percepatan akibat beban kerja, selain dapat mengestimasi besarnya *displacement* lendutan, frekuensi alami struktur sebagai response dan perilaku struktur juga dapat diperoleh dengan



(a)



(b)

Gambar 1. Pengukuran lendutan pada jembatan menggunakan sensor LVDT; (a) Kontruksi pengukuran, (b) data logger [2]

menggunakan alat ini.

Beberapa penelitian terhadap *displacement* dan perilaku struktur dengan menggunakan *accelerometer* telah dilakukan beberapa tahun belakangan ini. Salah satu penelitiannya adalah prediksi gaya internal dari perilaku batang tekan profil siku tunggal pada kombinasi tumpuan sendi dan jepit. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai prediksi gaya tekan dari data perilaku frekuensi struktur menunjukkan kedekatan yang baik dengan kesalahan relative dibawah 10% [3].

Hal lain juga dilakukan dengan menganalisis perilaku mode *shape* yang diberikan oleh *accelerometer* dengan metode vibrasi untuk mengestimasi gaya aksial dan kekakuan tumpuan struktur [4]. Identifikasi lokasi kerusakan dari struktur atas jembatan juga dapat di ketahui dengan mengetahui perilaku frekuensi alami sebelum dan sesudah perbaikan [5]. Meskipun pelaksanaan penelitian ini masih menggunakan alat vibrasi beban eksitasi.

Berdasarkan beberapa referensi penelitian sebelumnya dengan menggunakan *accelerometer* yang telah dijelaskan di atas, maka hasil penelitian penggunaan *accelerometer* sebagai alternatif pengukuran lendutan jembatan akan dijelaskan pada tulisan ini. Sensor yang digunakan adalah *accelerometer* MMA7361 yang di tempatkan ditengah model jembatan yang terbuat dari plat strip dengan panjang 1 m dengan perletakan sederhana (*simple supported*). Sebagai data pembading, lendutan pada bentang tengah model jembatan diukur dengan alat LVDT. Pembebanan diberikan secara berkala dengan sistem kontrol lendutan (*displacement control*) dengan interval 2 cm. Data rekaman dari acceloreometer berupa time recorded, percepatan dan perubahan tegangan dilakukan dengan wireless ZigBee

dan modul X-Bee pada peangkat Personal Computer (PC). Proses rekaman, display hasil pengukuran serta akurasi hasil disajikan pada tulisan ini.

## II. STUDI PUSTAKA

### A. Sensor Accelerometer

Acceleration atau percepatan dapat didefinisikan sebagai perubahan kecepatan terhadap perubahan waktu. Di samping itu, percepatan dapat dihubungkan juga dengan perubahan jarak atau perubahan posisi seperti persamaan berikut [6]:

$$a = \frac{\partial V}{\partial t} = \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} \quad (1)$$

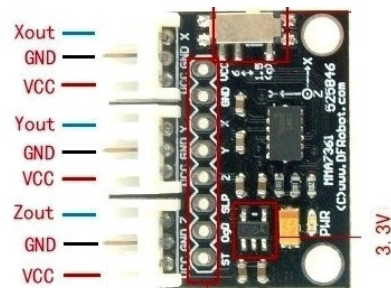
dimana  $a$  adalah percepatan ( $m/s^2$ ),  $V$  adalah kecepatan ( $m/s$ ),  $t$  merupakan waktu (s), dan  $x$  adalah jarak atau posisi. Satuan dari acceleration juga menggunakan g. Satuan g ini sebanding dengan grafitasi bumi di atas permukaan laut yaitu  $32,2 \text{ ft/s}^2$  atau  $9,81 \text{ m/s}^2$ . Accelerasi atau percepatan merupakan salah satu besaran fisis yang dapat dideteksi oleh sensor.

Sensor adalah suatu piranti yang dapat mengubah suatu besaran fisis, misalkan: cahaya, panas, jarak, magnet, getaran, listrik, dan lain sebagainya, ke bentuk besaran fisis lainnya [7]. Salah satu contoh dari sensor adalah *accelerometer* yang dapat digunakan untuk mendeteksi percepatan, kecepatan, dan jarak atau posisi.

Modul MMA7361 adalah merupakan salah satu modul elektronika yang dilengkapi dengan sensor *accelerometer* yang merupakan produksi dari Freescale Semiconductor seperti ditunjukkan Gambar 2. Secara umum, aplikasinya dapat dimanfaatkan untuk mengukur getaran dan percepatan. Prinsip kerja sensor didasarkan pada hukum Fisika bahwa apabila suatu konduktor digerakkan melalui dalam suatu medan magnet, 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. Sedangkan untuk percepatan yang arah pergerakan secara horizontal, sensor *accelerometer* akan mengukur percepatannya secara langsung ketika bergerak secara horizontal.

Beberapa spesifikasi MMA7361 diantaranya[5]:

- ukuran: 3mm x 5mm x 1.0mm LGA-14 Paket
- konsumsi arus: 400  $\mu$ A



Gambar 2. Sensor accelerometer MMA7361 [8].

Tabel 1. Deskripsi sensitivitas accelerometer MMA741 [8]

g-Select	g-Range	Sensitivity
0	1.5g	800 mV/g
1	6g	206 mV/g

- sleep mode: 3  $\mu$ A
- operasi tegangan rendah: 2,2 V - 3,6 V
- waktu respon 0.5 ms
- *self test* untuk *freefall* mendeteksi diagnosis
- *0g-detect* untuk *freefall* perlindungan
- *Signal conditioning* dengan *Low Pass Filter*
- Desain kuat dan biaya rendah

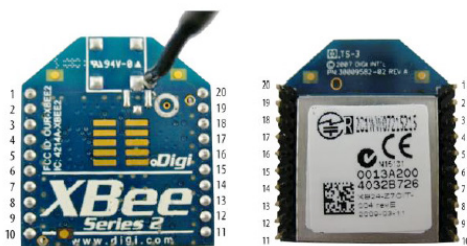
Pada modul sensor ini terdapat *switch* yang disebut *g-select*. Fitur ini berfungsi mengatur tingkat sensitivitas sensor berdasarkan logika input yang diberikan. Sensor dapat bekerja dengan sensitivitas 1,5 g atau 6 g seperti ditunjukkan Tabel 1. Keluaran sensor ada tiga sumbu yaitu *x*, *y*, dan *z*.

Sensor *accelerometer* telah diaplikasikan di beberapa bidang. Sensor digunakan pada sistem identifikasi suatu objek bergerak dengan kamera [9]. Untuk monitoring vibrasi pada struktur jembatan juga, *accelerometer* sudah dilakukan. Jembatan yang dijadikan objek yang akan dimonitor adalah jembatan untuk pejalan kaki dengan sistem diintegrasikan dengan MEMS yaitu *Micro Electro-Mechanical System* [10] dengan proses pengambilan data secara nirkabel menggunakan 2.4 GHz *Industrial Scientific and Medical* (ISM) antena *wireless* untuk *Radio Frequency* (RF). Pada sistem dirancang, pengukuran lendutan menggunakan modul *accelerometer* MMA7361 dengan kendali mikrokontroler serta pembacaan sensor dikirimkan melalui jaringan nirkabel ZigBee.

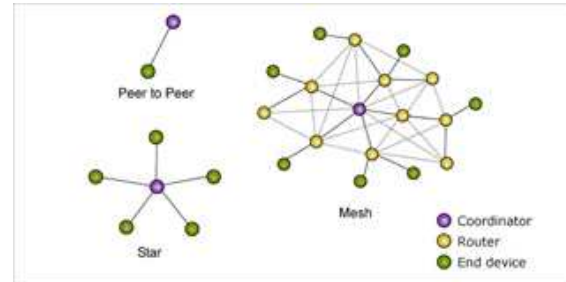
### B. ZigBee

ZigBee adalah piranti dengan spesifikasi untuk protokol komunikasi tingkat tinggi mengacu pada standar IEEE 802.15.4 terkait dengan *Wireless Personal Area Networks* (WPANs). ZigBee diimplementasikan pada perangkat pribadi maupun perangkat bisnis, yang merupakan standar dari IEEE 802.15.4. ZigBee bekerja pada frekuensi 2,4 GHz, 868 MHz dan 915 MHz, dimana ketiga rentang frekuensi ini merupakan rentang frekuensi yang gratis. Setiap lebar frekuensi tersebut dibagi menjadi 16 channel.

Bentuk fisik dari *Wireless ZigBee* adalah modul X-Bee pabrikan Maxstream/Digi. Pada modul tersebut terdapat 20 pin, namun yang sementara ini digunakan



Gambar 3. Modul Xbee Pro [11]



Gambar 4. Topologi Xbee [11]

adalah 6 pin, yaitu *VCC* dan *GND* untuk tegangan suplay, *DOUT* merupakan pin *Transmit (TX)*, *DIN* merupakan pin *Receiver (RX)*, *RESET* merupakan pin reset modul X-Bee dan yang terakhir adalah *PWMO/RSSI* merupakan indikator bahwa ada penerimaan data. Pada Gambar 3 ditunjukkan bentuk fisik dari Xbee [11].

ZigBee dapat berkomunikasi secara bersama-sama dalam beberapa susunan berbeda atau topologi untuk memberikan struktur jaringan. Topologi jaringan menunjukkan bagaimana radio ZigBee dapat koneksi satu sama lain. Beberapa topologinya adalah pair, star, dan mesh seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

Berbagai terkait pemanfaatan ZigBee sebagai modul transmisi data sudah dilakukan untuk memonitor jembatan pada *airport boarding* [12]. Di samping itu, aplikasi ZigBee juga sudah diterapkan pada *smart home system* [13]. Dalam penelitian ini, sistem pengiriman data oleh ZigBee dikendalikan oleh mikrokontroler.

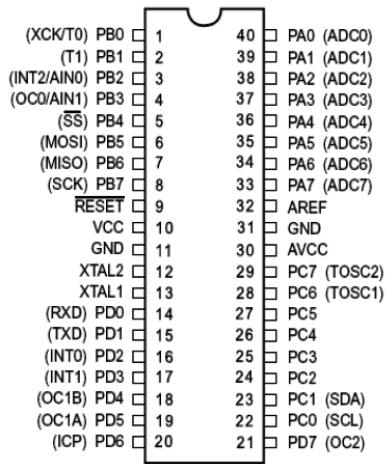
### C. Mikrokontroler AVR ATmega32

AVR (*Alf and Vegard's Risc Processor*) adalah seri mikrokontroler CMOS 8-bit yang diproduksi Atmel, berbasis arsitektur *Reduced Instruction Set Computer* (RISC). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*, berbeda dengan instruksi MCS51 yang membutuhkan 12 siklus *clock*. AVR mempunyai 32 register serbaguna, Timer/Counter fleksibel dengan mode compare, *interrupt* internal dan eksternal, *serial UART*, *programmable Watchdog Timer*, dan mode *power saving*. Beberapa di antaranya mempunyai ADC dan PWM internal. Di samping itu juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang menggunakan SPI. Pin-pin ATmega32 ditunjukkan pada Gambar 5 [14].

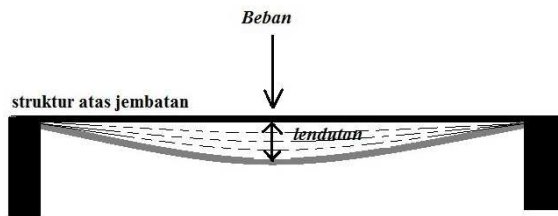
## III. METODE

### A. Diagram blok sistem

Suatu jembatan dilalui kendaraan, maka kendaraan akan mengalami resonansi akibat bertambah besarnya beban di atasnya. Akibatnya jembatan mengalami lendutan secara vertikal ke bawah yang proporsional dengan besarnya beban yang ada seperti diilustrasikan pada Gambar 6. Besarnya jarak (lendutan) ini kemudian dideteksi oleh modul sensor *accelerometer* yaitu



Gambar 5. Konfigurasi pin-pin pada mikrokontroler ATmega32 [14]



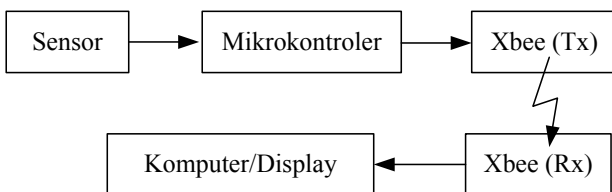
Gambar 6. Ilustrasi jembatan

MMA7361 dengan hanya memfungsikan sumbu-z saja karena hanya difokuskan pergerakan secara vertikal ke bawah. Untuk protipe ini hanya menggunakan 1 sensor *accelerometer*.

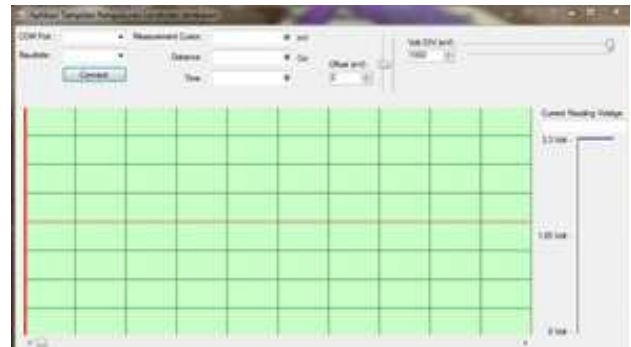
Data pembacaan sensor adalah perubahan tegangan dikirim ke mikrokontroler ATmega32 untuk keperluan pengkondisian sinyal. Selanjut data tersebut dikirim ke komputer melalui suatu piranti pengiriman data secara nirkabel Xbee. Gambar 7 menunjukkan diagram blok sistem pengukuran lendutan yang dirancang. Data yang diterima oleh komputer kemudian ditampilkan melalui monitor dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Visual Basic*.

**B. Tampilan Pengukuran**

Tampilan (*display*) pengukuran lendutan adalah berupa grafik yang menginformasikan lendutan pada jembatan berdasarkan perubahan waktu. Gambar 8 menunjukkan tampilan komputer baru. Perubahan lendutan dalam satuan cm sedangkan perubahan waktu satuan dalam detik. Di samping itu juga dilengkapi dengan fitur pengaturan port modul *receiver* ZigBee.



Gambar 7. Diagram blok sistem pengukuran lendutan



Gambar 8. Diagram blok sistem pengukuran lendutan

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Pengujian Sensor Accelerometer**

Tahap awal pengujian sistem adalah melakukan karakterisasi sensor *accelerometer* dengan menghubungkan modul tersebut dengan mikrokontroler Arduino Uno. Hasil pengujian beberapa titik pengujian sensor tersebut tampak pada Tabel 2. Sensor tersebut diuji ketika dalam keadaan diam dan juga ketika bergerak. Keluaran sensor dalam bentuk tegangan dengan satuan mV dan percepatan grafitasi *g* dengan satuan  $m/s^2$ . Sensor tersebut diatur dengan sensitivitas  $6g$ .

Keluaran sensor *accelerometer* dalam bentuk tegangan saja yang digunakan dalam sistem yang dirancang. Setiap kenaikan  $1g$  pada sensor *accelerometer* akan mengalami perubahan sekitar 200 mV yang sesuai dengan datasheet sensor yang digunakan yaitu 206 mV/1g.

**B. Pembahasan**

Untuk pengujian sistem menggunakan jembatan trial dengan material plat besi dengan panjang 1 meter yang diberi kaki pada kedua ujungnya sebagai gelagar seperti tampak pada Gambar 9. Gerakan vertikal yang dilakukan hanya gerakan lendutan ke bawah, dikarenakan jembatan akan mengalami lendutan ke bawah dan kembali pada batas keseimbangannya tanpa melewati batas tersebut.

Tabel 2. Pengujian sensor accelerometer untuk sumbu-z dengan sensitivitas  $6g$

Kondisi sensor	Percepatan (g)	Tegangan (mV)
diam	1	1885
	1,65	1998
	2,05	2101
	2,25	2080
	3,47	2378
bergerak	4,63	2620
	4,50	2603
	5,16	2736
	5,71	2848
	6,38	2974



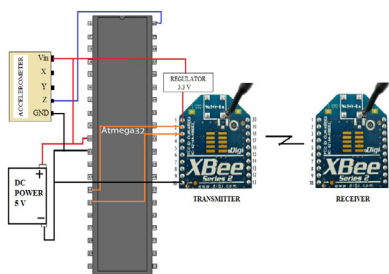
Gambar 9. Jembatan trial untuk pengujian.

Modul MMA7361 ditempatkan di atas jembatan trial sebagai media pengujian. Ketika jembatan mengalami resonansi, maka modul tersebut juga ikut bergerak. Data pembacaan dalam satuan mV kemudian dikirimkan menggunakan modul ZigBee yang diintegrasikan dengan mikrokontroler ATmega32 seperti tampak pada Gambar 10. Topologi yang digunakan pada ZigBee adalah point to point, dengan data yang dikirim satu arah dengan menggunakan satu *coordinator* dan satu *end device* yang terhubung dengan komputer.

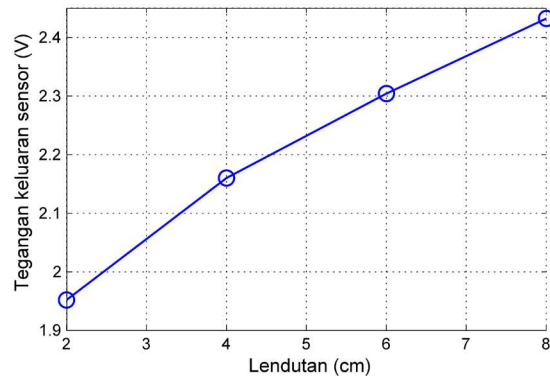
Pengujian dilakukan untuk beberapa jarak simpangan yaitu 2 cm, 4 cm, 6 cm, dan 8 cm. Pengujian ini hanya difokuskan pada keluaran berupa tegangan. Hubungan antara perubahan jarak terhadap keluaran sensor tampak pada Gambar 11. Keluaran sensor merupakan nilai rata-rata dari pengukuran yang dilakukan sebanyak 4 (empat) kali untuk setiap jarak. Perubahan tegangan keluaran sensor adalah proporsional terhadap besarnya lendutan.

Data sensor tersebut kemudian diproses dalam komputer untuk ditampilkan (*display*). Gambar 12 adalah bentuk tampilan pada komputer. Modul penerima ZigBee terhubung komputer menggunakan komunikasi serial.

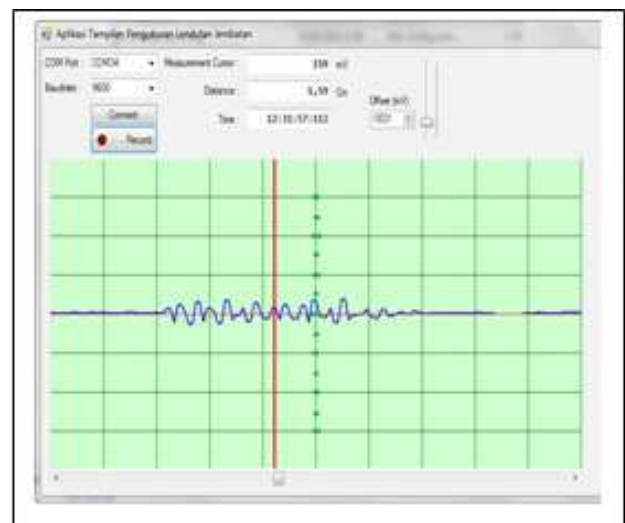
Pada tampilan tersebut terdapat beberap fitur penting. Salah satu fitur tersebut adalah adanya pilihan untuk menyimpan data tersebut. Data tersebut akan disimpan dalam komputer dengan format *Microsoft Excel*. Tabel 3 menunjukkan data pengukuran lendutan yang disimpan. Data yang disimpan berupa tanggal, waktu, tegangan keluaran sensor, dan jarak atau besar lendutan. Nilai tegangan yang disimpan adalah perubahan nilai keluaran sensor yang diakibatkan adanya gerakan secara vertikal yang terjadi terhadap posisi sensor. Perubahan nilai tegangan sensor akan menjadi acuan untuk menghitung jarak atau lendutan dalam pengukuran. Berdasarkan tabel



Gambar 10. Konfigurasi dari mikrokontroler ATmega32 dengan modul ZigBee.



Gambar 11. Perubahan lendutan jembatan (jarak) terhadap tegangan keluaran sensor accelerometer.



Gambar 12. Hasil pembacaan sensor accelerometer pada tampilan komputer.

tersebut tampak bahwa perubahan nilai tegangan sensor setiap 1 cm adalah 0,1 V.

Waktu tunda yang digunakan adalah 200 ms dengan jumlah data yang disampling adalah 10 data per detik. Semakin kecil nilai waktu tunda yang digunakan maka pembacaan akan semakin akurat. Akan tetapi, jika nilai

Tabel 3. Data sensor accelerometer yang telah disimpan.

Tanggal	Waktu	Tegangan (V)	Jarak (cm)
31/08/2015	12:31:54:668	1,87	0,39
31/08/2015	12:31:54:765	1,86	0,29
31/08/2015	12:31:54:861	1,85	0,19
31/08/2015	12:31:54:973	1,85	0,19
31/08/2015	12:31:55:69	1,87	0,39
31/08/2015	12:31:55:165	1,86	0,29
31/08/2015	12:31:55:261	1,97	1,39
31/08/2015	12:31:56:77	1,91	0,79
31/08/2015	12:31:56:269	2,2	3,69
31/08/2015	12:31:56:573	1,99	1,59
31/08/2015	12:31:57:69	1,99	1,59

waktu tunda semakin kecil maka akan menghambat kinerja dari modul *transceiver* yang digunakan yaitu ZigBee. Data yang terlalu banyak tidak dapat dikirim karena ZigBee akan melakukan penyimpanan terlebih dahulu sebelum melakukan pengiriman. Dengan menggunakan waktu tunda 200 ms, sistem dapat mengirim dan menerima data secara lancar.

#### V. KESIMPULAN

Sistem pengukuran lendutan menggunakan modul sensor *accelerometer* MMA7361 telah berhasil dirancang dengan mampu menampilkan hasil pembacaan lendutan dalam bentuk grafik pada komputer. Besarnya lendutan atau jangkauan yang dirancang adalah maksimum 15 cm dari titik referensi ketika jembatan tanpa beban. Untuk pengukuran lendutan masih menggunakan jembatan trial, sehingga untuk pengukuran pada jembatan secara ril perlu mempertimbangkan catu daya yang dibutuhkan untuk peralatan sistem yang dirancang.

#### REFERENSI

- [1] Departemen Pekerjaan Umum, Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya, Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU, 1987
- [2] <http://www.strukturpintar.com/>
- [3] P. Hasibuan, Hrc. Priyosulistyo and S. Siswosukarto, Predicting Internal Compressive Force on Equal Angle Steel Section Upon Various Support Type Using Vibration Method, *Procedia Engineering* 95 (2014) 260-271.
- [4] N. Tullini, F. Laudiero, Dynamic Identification of Beam Axial Loads Using one Flexural Mode Shape, *Journal of Sounds and Vibration* 318 (2008) 131-147.
- [5] Bridge Assessment Using Forced-Vibration Testing, *Journal of Structural Engineering* 1995.121:161-173.
- [6] Halliday and Resnick, *Fundamentals of Physics*, Canada: Wiley, 2007.
- [7] R. P. Areny dan J. G. Webster, *Sensor and Signal Conditioning*, Canada: John Wiley & Sons, Inc, 1991.
- [8] MMA7361L Datasheet, Freescale Semiconductor <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/.../MMA7361L.pdf> (06/12/2014 4.03 PM).
- [9] O. Shigeta, S. Kagami, and Koichi Hashimoto, Identifying a Moving Object with an Accelerometer in a Camera View, *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2008.
- [10] A. Sabato, Pedestrian bridge vibration monitoring using a wireless MEMS accelerometer board, *Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)*, IEEE 19th International Conference on, 2015.
- [11] Eady, Fred, "Hands-On ZigBee Implementing 802.15.4 with Microcontrollers", Elsevier Ltd, 2011
- [12] Z. Jihong and W. Chen, Design of a Monitoring System of Airport Boarding Bridge Based on ZigBee Wireless Network. *Control and Decision Conference (2014 CCDC)*, , Page(s): 2486 – 2491, 2014.
- [13] Zhang, Chunlong., Zhang, Min., Su, Yongsheng., Wang, Weilian. (2012). Smart Home Design based on ZigBee Wireless Sensor Network. *Communications and Networking in China (CHINACOM)*, 2012 7th International ICST Conference on DOI: 10.1109/ChinaCom.2012.6417527 Publication Year: 2012, Page(s): 463 - 466 Cited by: Papers (1).
- [14] Banzi, Massimo. 2011. *Getting Started with Arduino*, Second Edition. Sebastopol: O'Reilly.

**Penerbit:**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111

website: <http://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE>

email: [rekayasa.elektrika@unsyiah.net](mailto:rekayasa.elektrika@unsyiah.net)

Telp/Fax: (0651) 7554336

