

# Pembuatan Sistem Pengiriman Data Menggunakan Telemetri *Wireless* untuk Detektor Getaran Mesin Dengan Sensor Fluxgate

Yulkifli<sup>1</sup>, Yohandri<sup>2</sup>, Zurian Affandi<sup>3</sup>

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang, Jl. Prof. Dr. Hamka Airtawar Padang Sumatera Barat

<sup>1</sup>yulkifliamir@gmail.com, <sup>2</sup>yohandri.unp@gmail.com, <sup>3</sup>zurianaffandi7@gmail.com

**Abstrak** –Pemantauan dan pengiriman data getaran dalam getaran mesin atau bangunan menggunakan sistem telemetri sangat dibutuhkan. Kerusakan sebuah mesin yang sedang beroperasi dapat diketahui dengan melihat pola getaran yang dihasilkan. Untuk mengurangi resiko kerusakan mesin diperlukan sistem deteksi getaran mesin dan proses pengiriman data yang dapat memberikan informasi secepat mungkin ke oprator. Pembuatan sistem terdiri dari perangkat keras, telemetri wireless, dan perangkat lunak. Perangkat keras merupakan perangkat mekanik untuk mendeteksi getaran. Telemetri wireless digunakan sebagai media transmisi data untuk mengirim data sensor ke mikrokontroler secara wireless. Perangkat lunak merupakan software yang digunakan untuk memproses data getaran menggunakan Megunolink. Hasil pengolahan data ditampilkan di layar monitor personal komputer dalam bentuk grafik sebagai fungsi waktu.

**Kata kunci** : Telemetri wireless, Detektor, Getaran mesin, Megunolink, Mikrokontroler, fluxgate

**Abstract** – Monitoring and data delivery engine vibrations or vibrations in buildings using telemetry system is needed. Damage to a machine in operation can be seen by looking at the pattern of vibration generated. To reduce the risk of engine damage to engine vibration detection system is required and the data transmission process to provide information as soon as possible to oprator. Making the system consists of hardware, wireless telemetry, and software. The hardware is a mechanical device to detect vibrations. Wireless telemetry is used as a data transmission medium to transmit sensor data wirelessly to the microcontroller. The software is the software used to process data using Megunolink vibration. The results of data processing is displayed on the personal computer screen in graphic form as a function of time.

**Keywords:** wireless telemetry, Detectors, Vibration machine, Megunolink, Microcontroller, fluxgate

## I. PENDAHULUAN

Keberadaan instrumen pengiriman data getaran secara cepat dan *real time* dalam dunia industri mesin sangatlah mendesak untuk diadakan. Pengiriman data secara cepat dan *real time* dapat digunakan sebagai sistem *early warning* oleh seorang operator sebuah mesin untuk mengurangi resiko kerusakan. Sistem pemantuan getaran mesin selama ini diamati oleh operator menggunakan layar monitor dengan sistem terkoneksi secara langsung ke mesin. Sistem koneksi langsung ini memiliki kekurangan karena operator harus selalu berada dekat mesin. Untuk mengatasi kekurangan ini maka diperlukan sistem nirkabel atau telemetri (*wireless*) untuk proses pengiriman data ke tempat operator, sehingga Operator bisa mengamati pola getaran dari jarak jauh.

Telemetri secara *wireless* mempunyai beberapa keunggulan salah satunya adalah tidak membutuhkan biaya besar jika dibandingkan dengan menggunakan kabel. Pengukuran getaran menggunakan sistem *wireless* lebih mudah dan efisien. Jika dilakukan pengukuran getaran menggunakan kabel, seringkali memerlukan penanganan dan perawatan yang tidak mudah dikarenakan kondisi lingkungan yang seringkali tidak bersahabat. Salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan ini adalah menggunakan sistem *wireless* sebagai transmisi data agar pengukuran dapat dilakukan tanpa menggunakan kabel.

Vibration meter adalah alat ukur getaran yang biasanya digunakan pada mesin yang menghasilkan getaran pada penggunaannya. Dengan analisa getaran dapat diketahui kondisi, problem, dan kerusakan mesin. Dengan melakukan kontrol dan analisa getaran secara berkala, maka sesuatu yang tidak normal pada mesin dapat dideteksi sebelum kerusakan besar terjadi. Dengan pengukuran vibration meter ini, para pelaku industri juga dapat mencegah para pekerjanya mendapat bahaya getaran yang tinggi. Cara yang dilakukan adalah pengukuran getaran dengan Vibration Meter lalu disesuaikan dengan nilai batas yang telah ditentukan. Biasanya dengan nilai ambang batas yang telah ditentukan oleh Keputusan Menteri Tenaga Kerja.

Artikel ini melporkan tentang sistem pengiriman data getaran menggunakan sitem telemetri *wireless*. Data diolah dengan mikrokontroler serta ditampilkan pada personal komputer secara *real time*.

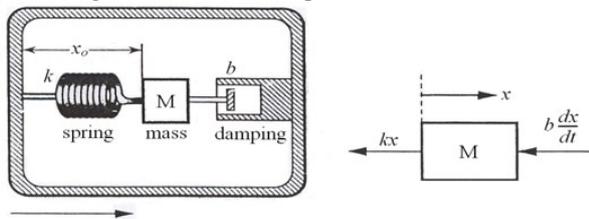
## II. LANDASAN TEORI

Getaran adalah gejala mekanika dinamik yang mencakup periode gerak osilator di sekitar posisi referensi atau berupa gerakan bolak-balik yang digambarkan sebagai amplitudo atau simpangan terjauh dari titik setimbang [1]. Untuk mendekteksi getaran dikembangkan berbagai alat berupa sensor getaran

(vibration sensor). Terdapat banyak metode yang dapat dipakai untuk mendeteksi getaran, misalnya dengan mengukur kapasitansi, perubahan muatan listrik dari material *piezoelectric* atau perubahan posisi dalam *Linear Variable Displacement Transformer* (LVDT) [2]

Salah satu cara kerja sensor getaran berdasarkan perubahan posisi dari suatu objek, objek yang bergerak dapat dideteksi dengan perubahan medan magnet yang terjadi padanya. Perubahan medan magnet pada sensor magnet akibat berubahnya posisi dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi suatu benda yang sedang bergetar. *Fluxgate* sebagai sensor mempunyai konsep perubahan medan magnet suatu objek. Berdasarkan kesamaan konsep ini, maka *Fluxgate* dapat dijadikan sebagai sensor getaran [3].

Sensor *fluxgate* bekerja dengan cara membangkitkan medan magnet untuk dirinya sendiri sebagai medan magnet acuan, jika terdapat bahan magnet yang bergetar pada posisi  $x$  maka sensor akan mendeteksi perubahan posisi ( $x$ ) dari getaran tersebut melalui perubahan acuan medan magnetik pada intinya [3]. Perubahan posisi ( $x$ ) dari benda yang bergetar terhadap sensor disebut dengan simpangan, simpangan maksimum disebut dengan amplitudo ( $A$ ). Untuk meninjau konsep mekanik sebuah benda bergetar dimodelkan seperti Gambar 1.



Gambar 1: Model Mekanik Sensor Getaran (A) dan Diagram bebas dari massa (B) [4].

Sebuah benda dengan beban bermassa  $M$  terikat pada sebuah pegas dengan konstanta pegas  $k$  dan massa yang bergerak diredam oleh peredam dengan koefisien redaman  $b$  seperti gambar (A). Beban bisa bergeser sejauh  $x$  dari titik setimbang terhadap sensor dengan arah horizontal. Selama bergerak percepatan beban  $M$

bergetar sebesar  $\frac{d^2x}{dt^2}$ , dan sinyal keluaran sebanding

dengan defleksi  $x_0$  dari beban  $M$ . Berdasarkan tinjauan diagram bebas massa  $M$  seperti gambar (B) dan menerapkan Hukum kedua Newton memberikan :

$$Mf = -kx - b \frac{dx}{dt}, \tag{1}$$

dengan  $f$  adalah percepatan dari massa relatif dari bumi dan diberikan oleh :

$$f = \frac{d^2x}{dt^2} - \frac{d^2y}{dt^2} \tag{2}$$

Dengan mensubstitusi persamaan 1 ke 2 didapatkan :

$$M \frac{d^2x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + kx = M \frac{d^2y}{dt^2} \tag{3}$$

Persamaan di atas merupakan persamaan differensial orde dua yang mana artinya keluaran percepatan sinyal merupakan bentuk osilasi. Untuk menyelesaikan

persamaan (3) di atas digunakan Transformasi *Laplace*. Berdasarkan Transformasi *Laplace* didapatkan :

$$Ms^2 X(s) + b s X(s) + k X(s) = M A(s) \tag{4}$$

dimana  $X(s)$  dan  $A(s)$  adalah Transformasi *Laplace* dari  $x(t)$  dan  $\frac{d^2y}{dt^2}$ . Solusi persamaan (6) untuk  $X(s)$  adalah :

$$X(s) = \frac{-MA(s)}{Ms^2 + bs + k} \tag{6}$$

dengan mendefinisikan variabel  $\omega_o = \sqrt{k/M}$  dan  $2\xi\omega_o = b/M$ , persamaan (7) dapat ditulis :

$$X(s) = \frac{-A(s)}{s^2 + 2\xi\omega_o s + \omega_o^2} \tag{6}$$

Nilai  $\omega_o$  mempresentasikan frekuensi angular alami percepatan dan  $\xi$  koefisien normalisasi redaman.

Misalkan  $G(s) = \frac{-1}{s^2 + 2\xi\omega_o s + \omega_o^2}$ , maka

persamaan (7) dapat dituliskan menjadi :  $X(s) = G(s)A(s)$ , solusi dapat diungkapkan dalam bentuk operator inverse transformasi *Laplace* sebagai :

$$X(s) = L^{-1}\{G(s)A(s)\} \tag{7}$$

Dengan menggunakan teorema konvolusi transformasi *Laplace* dapat ditulis:

$$x(t) = \int_0^t g(t-\tau)a(\tau)d\tau \tag{8}$$

dimana  $a$  adalah impulse bergantung pada percepatan dan  $g(t)$  adalah inverse transform  $L^{-1}\{G(s)\}$ . Jika diambil

$\omega = \omega_o \sqrt{1 - \xi^2}$ , maka persamaan di atas mempunyai dua solusi, yaitu :

Solusi I, untuk underdamped mode ( $\xi < 1$ ) :

$$x(t) = -\int_0^t \frac{1}{\omega} e^{-\xi\omega_o(t-\tau)} \sin \omega(t-\tau) a(\tau) d\tau \tag{9}$$

Solusi II, untuk overdamped mode ( $\xi > 1$ ) :

$$x(t) = -\int_0^t \frac{1}{\omega} e^{-\xi\omega_o(t-\tau)} \sinh \omega(t-\tau) a(\tau) d\tau \tag{10}$$

dengan  $\omega = \omega_o \sqrt{\xi^2 - 1}$

Persamaan (10) menunjukkan bahwa perubahan jarak atau simpangan benda berosilasi bergantung pada waktu  $t$ .

Perubahan posisi atau jarak antara beban  $M$  (target) dengan sensor akan menyebabkan perubahan intensitas medan magnet yang diterima oleh sensor. Prinsip kerja pengukuran getaran berdasarkan perubahan posisi ini terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Prinsip Kerja Sensor Fluxgate Sebagai Sensor Getaran [4].

Objek yang bergetar (target) dipilih yang bersifat magnetik. Material magnetik dapat berasal dari magnet permanen atau material ferromagnetik. Material magnetik ditempatkan pada objek yang akan diukur getarannya. Jika objek bergerak mendekati atau menjauhi detektor, maka medan magnetik disekitar titik setimbang akan mengalami perubahan, perubahan ini disebut fluks magnetik ( $\Phi$ ). Perubahan fluks magnetik bergantung pada posisi sensor terhadap objek [4].

### B. Sistem Telemetri Wireless dengan Xbee Pro

Telemetri adalah sebuah teknologi pengukuran dilakukan dari jarak jauh dan melaporkan informasi kepada perancang atau operator sistem. Kata telemetri berasal dari bahasa Yunani yaitu *tele* artinya jarak jauh sedangkan *metron* artinya pengukuran [5]. Pada sistem yang dikembangkan menggunakan modul wireless radio frekuensi 2.4 GHz Xbee Pro. *Radio Frequency Transceiver* atau pengirim dan penerima frekuensi radio ini berfungsi untuk komunikasi secara nirkabel (wireless) [6].

Salah satu modul komunikasi wireless dengan frekuensi 2.4GHz adalah Xbee-PRO ZB ZigBee/IEEE 802.15.4 2.4GHz. *Radio frequency transceiver* ini merupakan sebuah modul yang terdiri dari *RF receiver* dan *RF transmitter* [7]. Modul RF interface Xbee/XBee-PRO ZB ini berhubungan dengan melalui logic-level asynchronous serial port. Melalui serial port ini, modul dapat berkomunikasi dengan logic dan voltage kompatibel *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter* (UART) atau melalui level translator ke semua serial device contohnya pada RS-232 atau *USB interface board*.

Sistem pemantauan dan pengukuran jarak jauh terdiri dari 2 buah modul *Xbee Pro* yang sama yang sebelumnya telah diprogram sebagai sebuah *receiver-transmitter* maupun *transmitter-receiver*. Ada beberapa bentuk topologi yang biasa digunakan antara lain topologi *mesh*, *peer*, *star*, dan *cluster Tree* [8].

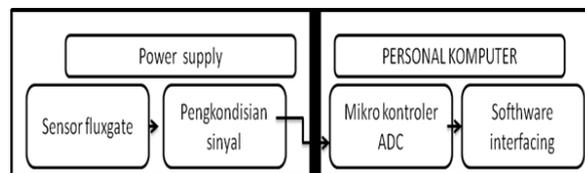
## III. METODOLOGI PENELITIAN

Model penelitian yang dilakukan tergolong kedalam penelitian eksperimen laboratorium (*laboratory experimentation*). Pembuatan sistem instrumen pengiriman data getaran dimulai dengan merancang sistem perangkat lunak, perangkat keras, pengambilan data dan menganalisis data.

### 1. Rancangan Sistem Perangkat Lunak

Perancangan dan pembuatan perangkat lunak terdiri dari dua macam yaitu: pertama perangkat lunak untuk sistem sensor yang terintegrasi dengan mekanik alat ukur getaran yang ada pada sistem sensor. Sistem perangkat

lunak sensor terdiri dari rangkaian power supply, sensor fluxgate, rangkaian pengkondisian signal, rangkaian mikrokontroler PIC 18F4550 dan sebuah PC yang telah dilengkapi oleh program *software interfacing* seperti *software programmer visual C#* serta *software MPLAB X IDE* [9,10]. Blok diagram dari sistem perangkat lunak ini diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok diagram sistem kontrol signal.

Sistem prototipe alat ukur ini terdiri dari rangkaian power supply, sensor fluxgate, rangkaian pengkondisian signal, mikrokontroler Atmega 328 dan sebuah PC yang telah dilengkapi oleh program *software interfacing* seperti *software programmer visual C#* [10]. Blok diagram dari sistem alat ukur diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Blok diagram sistem

Dari blok diagram pada Gambar 4 Menunjukkan sketsa perangkat keras pendukung sistem. Pada plant alat ukur terdiri sebuah sensor Fluxgate yang berfungsi sebagai sensor getaran. Keluaran sensor kemudian diolah oleh pengolah sinyal. Hasil data yang diolah oleh pengolah sinyal akan dikirim ke mikrokontroler secara wireless. Mikrokontroler akan memproses data yang diterima dari pengolah sinyal. PC digunakan sebagai pengolah data digital yang dikirim dari mikrokontroler. Sinyal digital diolah dan diplot dalam bentuk grafik menggunakan *software* aplikasi yang dibuat dengan menggunakan *software C#* [10].

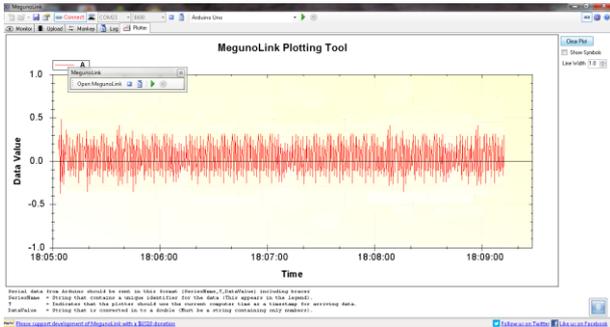
### 2. Rancangan Perangkat Keras

Rancangan perangkat keras terdiri dari terdiri atas *transmitter*, *receiver* dan tampilan grafik. Saat terjadi getaran, Pola getaran yang terjadi diteruskan ke sistem mekanik alat sehingga benda yang terdapat pada sistem ikut bergetar, pergetaran ini sama dengan pergetaran dari magnet yang ada pada alat. Sensor fluxgate akan merespon magnet dari jarak magnet terhadap sensor, respon yang ditangkap akan diproses dengan modul pengolahan sinyal Sistem alat ukur yang dirakit menggunakan prinsip sensor getaran dengan aplikasi pegas dan benda yang memiliki berat, jika terjadi getaran maka alat ini ikut bergetar sehingga merespon sensor fluxgate.[3]

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

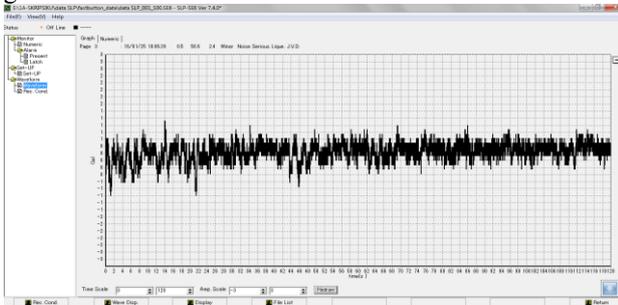
Proses pengambilan data menggunakan *MegunoLink*. *Software* ini telah diprogram dapat menyimpan data, menyimpan data saat koneksi USB

terputus dan saat program dihentikan. Data pengukuran getaran tersimpan dalam format *notepad*. Tampilan grafik pengukuran getaran terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Pengukuran getaran

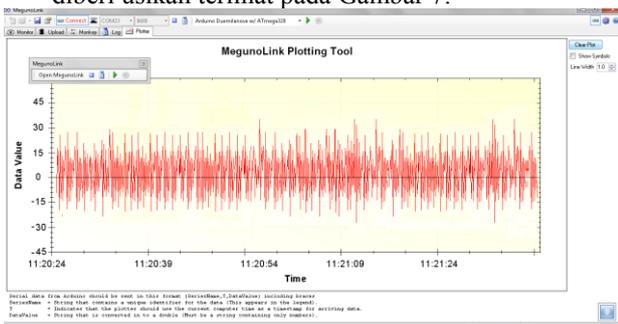
Pola keluaran grafik mempunyai kemiripan dengan keluaran pengukuran menggunakan accelerometer dengan pengukuran tanpa *wireless*, seperti ditunjukkan gambar 6



Gambar 6. Grafik Pengukuran getaran dengan accelerometer

Berdasarkan perbandingan kemiripan grafik keluaran ini maka dilakukan pengukuran getaran dengan sistem *wireless*. Proses pengambilan data dilakukan untuk mengukur getaran mesin Honda dengan menetapkan nilai gas motor dan dilakukan pengukuran pada jarak yang berbeda. Software yang digunakan dalam pengukuran adalah *MegunoLink*. *Software* ini telah diprogram dapat menyimpan data, menyimpan data saat koneksi USB terputus dan saat program dihentikan. Data pengukuran getaran tersimpan dalam format *notepad*. Penentuan pola gelombang sistem pengukuran alat ukur dengan kecepatan gas motor Suzuki FU sebagai sumber getaran. Pengukuran dilakukan dengan variasi jarak 10m, 20 dan 30 m dan sumber getaran dari motor dengan kecepatan 2000r/min, 4000r/min dan 6000r/min.

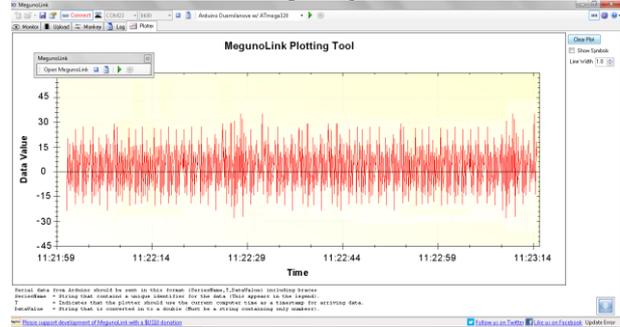
a) Pengukuran di luar ruangan dalam jarak 10 m dan diberi usikan terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pola grafik pada jarak 10 m

Pada Gambar 7 **Error! Reference source not found.** terlihat sebuah pola grafik, pola ini merupakan hasil dari usikan terhadap sensor pada jarak 10 m. Hal ini !gelombang dari hentakan dapat direspon oleh mekanik sensor dan data dapat terkirim melalui sitem telemetri *wireless*. Besarnya rata-rata getaran yang terukur adalah 14.57 Gal. Data ini menunjukkan gelombang dari hentakan dapat direspon oleh mekanik sensor dan data dapat terkirim melalui sistem telemetri weriless.

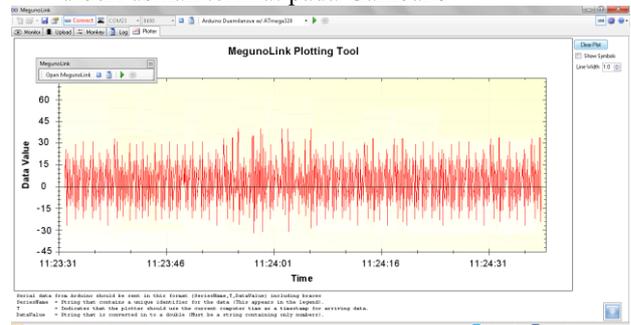
b) Pengukuran di luar ruangan dalam jarak 20 m dan diberi usikan terlihat pada gambar 8.



Gambar 8. Pola grafik pada jarak 100 m

Pada Gambar 8 terlihat sebuah pola grafik, pola ini merupakan hasil dari usikan terhadap sensor pada jarak 20 m. Hal ini menunjukkan gelombang dari hentakan dapat direspon oleh mekanik sensor dan data dapat terkirim melalui sitem telemetri *wireless*. Besarnya rata-rata getaran yang terukur adalah 14.36 Gal.

c) Pengukuran di dalam ruangan dalam jarak 30 m dan diberi usikan terlihat pada Gambar 9



Gambar 9. Pola grafik pada jarak 30 m

Pada gambar 9 terlihat sebuah pola grafik, pola ini merupakan hasil dari usikan terhadap sensor pada jarak 10 m dalam ruangan. Hal ini menunjukkan gelombang dari hentakan dapat direspon oleh mekanik sensor dan data dapat terkirim melalui sitem telemetri *wireless*. Besarnya rata-rata getaran yang terukur adalah 14.91 Gal.

Pengambilan data divariasikan untuk sumber kecepatan putaran dengan variasi 2000r/min, 4000r/min dan 6000r/min. Perbandingan data pengukuran dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data pengukuran dengan variasi sumber penggetar dan jarak transmisi [11].

	10 m	20 m	30m
2000 r/min	14,57 Gal	14,36 Gal	14,91 Gal
4000 r/min	9,21 Gal	9,34 Gal	9,26 Gal
6000 r/min	3,73 Gal	3,61 Gal	3,49 Gal

Pengujian alat ukur dengan membandingkan pola getaran yang tercatat oleh alat ukur dengan pola getaran yang tercatat oleh *accelerometer*. Dari hasil pengujian dan perbandingan berbagai perlakuan terhadap alat ukur getaran ini, didapatkan bentuk gelombang berupa gelombang permukaan. Besarnya rata-rata getaran alat ukur adalah 0,23 Gal. Sedangkan besarnya rata-rata getaran standar adalah 0,21 Gal. Ketepatan relatif rata-rata pengukuran adalah 91,31 %. Kesalahan relatif rata-rata pengukuran adalah 8,69 %.

Pengujian telemetri wireless dengan melakukan pengukuran getaran pada mesin Honda. Dari hasil pengujian dan perbandingan berbagai perlakuan terhadap alat ukur getaran pada jarak yang berbeda. Software yang digunakan dalam pengukuran adalah *MegunoLink*. Software ini telah diprogram dapat menyimpan data, menyimpan data saat koneksi USB terputus dan saat program dihentikan. Data pengukuran getaran tersimpan dalam format *notepad*.

Penentuan pola gelombang sistem pengukuran alat ukur dengan kecepatan gas 2000 r/min, 4000 r/min dan 6000 r/min. berdasarkan hasil pengukuran terlihat bahwa dengan sumber penggetar yang sama dan jarak transmisi yang divariasikan, didapatkan hasil rata-rata yang mendekati sama. Dari hasil pengukuran juga terlihat bahwa semakin tinggi kecepatan sumber penggetar maka nilai rata-rata pengukuran semakin kecil. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan sumber penggetar maka getaran yang di dapatkan semakin stabil.

### V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengembangan pembuatan alat telemetri *wireless* untuk mengukur getaran menggunakan sensor *Fluxgate* dan analisis data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa alat telemetri *wireless* untuk mengukur getaran satu dimensi menggunakan sensor *Fluxgate* dapat mengukur getaran dengan baik.

Alat ukur terdiri dari sistem mekanik getaran dan sensor *fluxgate*. Modul pengolahan sinyal meliputi blok *power supply*, sistem pengiriman data secara *wireless* menggunakan modul XBee PRO, pengolahan sinyal sensor *fluxgate*, pengkondisian output tegangan sinyal sensor dan mikrokontroler. Rancangan pada sistem antarmuka pada alat ukur getaran ini menggunakan Arduino untuk memogram mikrokontroler dan Megunolink untuk pembuatan aplikasi grafik. Disarankan pada saat alat ukur digunakan perlu diperhatikan posisi penempatan mekanik sensor. Terutama dari gangguan luar seperti bahan-bahan magnetik karena sensor fluxgate sangat

sensitif terhadap material yang memiliki medan magnet.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian Hibah Strategis Nasional 2013-2015, nomor 023/SP2H/PL/Dit.Libtabmas/V/2015, dengan judul penelitian “Desain dan Pembuatan Sistem Pendeteksi Gempabumi Berbasis Sensor Fluxgate”, Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si dkk.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Djamal, M., Yulkifli, A.Setiadi, R.N. Setiadi. (2010). Development of a Low Cost Vibration Sensor Based on Fluxgate Element, *Proceedings International conference of institute for Environment, Engineering, Economics, and Applied Mathematics (IEEEAM) 2010*: Itali.
- [2] Goldman, Steve. (1999). *Vibration Spectrum Analysis* Second Edition. New York : Industrial Press Inc.
- [3] Yulkifli, Zulpadrianto, Yohandri. (2015), Development of 2D Vibration Detector Using Fluxgate Sensor Based on Personal Komputer. *Proceedings ICOMSET 2015*.
- [4] Yulkifli. (2010). Pengembangan Elemen Fluxgate Dan Penggunaannya Untuk Sensor-Sensor Berbasis Magnetik Dan Proksimiti. *Disertasi*, ITB: Bandung.
- [5] Lusiana Utari. (2010). *Telemetri Suhu Berbasis Komputer*. Universitas Respati Yogyakarta.
- [6] Bonanto Eko, (2010). *Perancangan Sistem Monitoring Kecepatan dan Arah Angin Menggunakan Komunikasi Zigbee 2,4 Ghz*. Universitas Diponegoro.
- [7] Luis Sanabria dan Jaume Barcelo. (2014). *A course on Wireless Sensor Networks*
- [8] Heri Susanto, (2011). *Perancangan Sistem Telemetri Wireless Untuk Mengukur Suhu Dan Kelembaban Berbasis Arduino Uno R3 Atmega328p Dan Xbee Pr*. Universitas Maritim Raja Ali Haji
- [9] Zupadrianto, Yulkifli, Yohandri. (2015). Pembuatan Sistem Interface Digital Untuk Display Data Getaran Dua Dimensi Dengan Sensor Fluxgate. *Jurnal Pillar Of Physics*, Vol 5. April 2015, pp. 09-16. ISSN 2337-9030.
- [10] Devi Sidiq, Yulkifli, Syafriani. (2014). Pembuatan Sistem Interface Sinyal Analog ke dalam Bentuk Presentasi Data Digital Untuk Getaran Sensor Fluxgate. *Jurnal Pillar Of Physics*, Vol. 4. pp. 65-72. ISSN 2337-9030.
- [11] Zurian affandi, Yulkilfi dan Yohandri. (2015). Desain Awal Pembuatan Sistem Telemetri Wireless Untuk Pengukuran Getaran Satu Dimensi Menggunakan Sensor Fluxgate. *Prosiding SNPF II PPS UNP*, 7 November 2015. Padang. ISBN: 978-602-14657-1-4.