

# PROTOTYPE SENSOR GETARAN BERBASIS KOIL DATAR UNTUK DETEKSI GEMPA DINI

<sup>1</sup>Islahudin, <sup>2</sup>Linda Sekar Utami

<sup>1</sup> Dosen Program Studi Pendidikan Fisika Univ. Muhammadiyah Mataram  
(email : islahudin.ntb@gmail.com)

<sup>2</sup> Dosen Program Studi Pendidikan Fisika Univ. Muhammadiyah Mataram

## ABSTRAK

Pada penelitian ini telah dikembangkan aplikasi koil datar sebagai sensor getaran untuk deteksi dini gempa. Koil datar adalah lilitan kawat yang sangat tipis dan bertindak sebagai induktor. Koil datar ini bersama dengan kapasitor membangun sebuah osilator yang menghasilkan frekuensi bergantung pada nilai induktansi dan kapasitansi. Osilator ini dinamakan osilator LC. Induktansi koil datar bergantung pada jarak benda logam di depan koil datar. Jika induktansi berubah, frekuensi akan berubah juga. Frekuensi dapat dirubah ke dalam bentuk tegangan untuk merepresentasikan jarak. Efek ini kemudian diterapkan pada frekuensi rendah menggunakan bandul pada rumahan sensor. Sistem sensor yang dibuat dapat mengukur getaran frekuensi rendah pada rentang 0,26 - 1,0 Hz. Berdasarkan hasil penelitian, kesimpulan yang diperoleh antara lain: (1) Telah diperoleh hasil pengukuran sensor getaran frekuensi rendah pada bidang horizontal dengan rentang frekuensi pengukuran antara 0,2 - 1,0 Hz; (2) Telah dihasilkan sistem perekam data sensor getaran dua dimensi frekuensi rendah pada rentang frekuensi sumber 0,2 - 1,0 Hz; (3) Frekuensi sumber getaran yang digunakan adalah 0,26 Hz; 0,35 Hz; 0,4 Hz; 0,46 Hz; 0,5 Hz; 0,55 Hz; 0,62 Hz; 0,71 Hz; 0,76 Hz; dan 0,86 Hz; 0,95 Hz; 1,0 Hz; 1,11 Hz; dan 1,25 Hz. Pada frekuensi sumber 0,460 Hz, FFT frekuensi sensor adalah sebesar 0,468 Hz. Nilai ini sangat mendekati frekuensi sumber atau frekuensi kalibrator dengan perbedaan 0,008 Hz; (4) Penyimpangan pengukuran frekuensi sensor sebesar 0,042 Hz terhadap frekuensi sumber. Selain itu kesalahan relatif paling besar adalah 2,78%. Hasil ini cukup bagus karena rentang nilainya masih di bawah 5 % kesalahan relatif maksimum.

**Kata kunci:** sensor getaran, koil datar, gempa dini.

## Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang memiliki sumber gempa yang cukup banyak, sehingga memerlukan banyak sensor getaran untuk mendeteksi gempa tersebut, terutama deteksi dini terhadap adanya gempa. Untuk ini, diperlukan sensor getaran frekuensi rendah. Sensor getaran frekuensi rendah sangat diperlukan untuk mendeteksi getaran secara lebih awal sebelum terjadi getaran yang lebih besar.

Getaran adalah gerak osilasi berulang secara tertentu atau dapat juga sangat tidak tertentu. Jika gerak tersebut berulang dalam selang waktu yang sama  $\tau$ , maka gerak tersebut disebut gerak periodik. Waktu pengulangan  $\tau$  tersebut disebut periode osilasi, dan kebalikannya disebut sebagai frekuensi. Getaran merupakan pejalaran gangguan yang selain memiliki besar, juga memiliki arah. Oleh karena itu, diperlukan sensor yang dapat mendeteksi besarnya amplitudo serta frekuensi getaran tersebut.

Prinsip fisis dari sensor koil datar berdasarkan perubahan induktansi koil datar karena adanya gangguan bahan konduktif. Induktansi elemen koil datar yang dialiri arus akan berubah jika suatu objek konduktif atau

bahan pengganggu diletakkan dalam daerah medan magnetiknya. Hal ini disebabkan karena pada bahan tersebut terjadi arus pusar (eddy current). Arus Eddy terjadi karena elektron-elektron bebas yang ada di bahan konduktor mengalami gaya magnet. Gaya magnet ini menyebabkan elektron-elektron bebas bergerak membentuk arus induksi. Arus inilah yang disebut dengan arus eddy. Arus ini searah dan seirama dengan arus pada koil datar menyebabkan terjadinya medan magnet di sekitar bahan konduktor, yang memperkuat medan magnet koil datar. Akibatnya medan magnet total berubah. Perubahan medan magnet total akan merubah fluks magnetik, yang mengakibatkan pula perubahan induktansi total.

Perubahan induktivitas total elemen koil datar digunakan sebagai bagian resonansi suatu rangkaian osilator LC. Adapun persamaan induktansi total koil datar adalah sebagai berikut:

$$L_{Total} = \sum_{j=1}^N L_j + \sum_{j,k=1}^N M_{jk} \quad (1)$$

Setiap putaran atau lilitan dari koil datar dianggap sebagai lingkaran koaksial dengan

jejari kira-kira sama dengan jejari lilitan atau putarannya. Induktansi  $L$  dapat dihitung dengan menjumlahkan induktansi diri ( $L_j$ ) dan induktansi bersama ( $M_{jk}$ ).

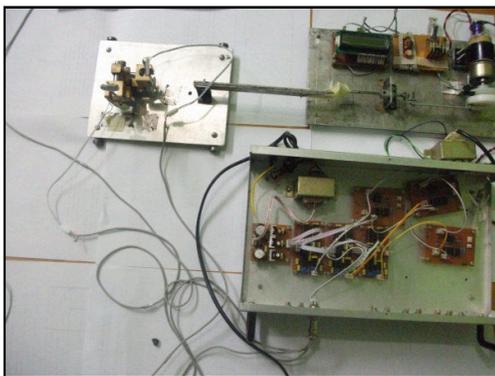
## Metode Penelitian

### A. Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Dasar, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Mataram. Penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan, yakni sejak bulan Februari-Juli 2012. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen.

### B. Alat Sensor Getaran

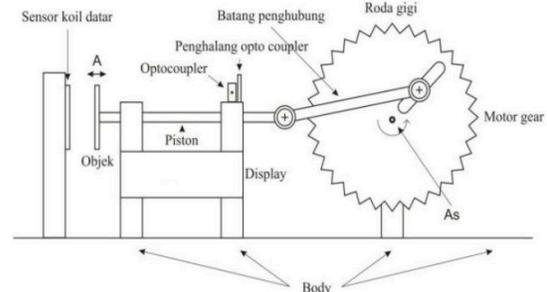
Adapun alat bahan yang digunakan adalah sebagai berikut: kalibrator frekuensi rendah, berfungsi sebagai sumber getaran pada sensor yang memiliki rentang frekuensi sumber dari 0,0 - 1,0 Hz; koil datar berfungsi sebagai induktor pada osilator LC, terbuat dari PCB dengan ukuran diameter 3 cm, terdiri dari 30 lilitan dan memiliki nilai induktansi sebesar  $7,8 \mu\text{H}$ ; bahan pengganggu berfungsi sebagai pengubah nilai induktansi koil datar akibat adanya perubahan jarak antara koil datar dengan bahan pengganggu, terbuat dari logam aluminium 500 rupiah; bandul matematis sebagai tempat diletakkan logam pengganggu yang akan mengikuti gerakan osilasi dari kalibrator; rangkaian pengolah isyarat analog, berfungsi mengubah perubahan induktansi koil datar menjadi tegangan keluaran DC yang memiliki amplitudo dan frekuensi tertentu; mikrokontroler ATmega 16, berfungsi melakukan akuisisi data tegangan (menyimpan dan menampilkan data); Fast Transform Fourier (FFT) berfungsi menghitung frekuensi dan amplitudo getaran yang dihasilkan oleh masing-masing sensor. Rancangan dan produk alat penelitian tampak pada Gambar 1 di bawah.



**Gambar 1.** Produk Penelitian

### C. Desain Kalibrator Frekuensi Rendah

Sensor koil datar yang dirancang adalah untuk mendeteksi getaran frekuensi rendah. Karena itu, perlu dibuat rangkaian yang dapat menghasilkan getaran frekuensi rendah khususnya di bawah 1 Hz. Selain frekuensi 1 Hz, dibuat juga kalibrator sampai 10 Hz dengan cara menambahkan gir konversi pada kalibrator 1 Hz, tujuannya adalah untuk mengetahui frekuensi karakteristik sensor. Gambar sistem tersebut, dapat dilihat pada Gambar 2 di berikut.



**Gambar 2.** Sistem mekanik kalibrator frekuensi rendah

Sistem ini terdiri dari motor gear, batang penghubung, sensor optokopler, objek, dan sensor koil datar. Kecepatan putaran motor gear ini dapat diatur dengan potensio yang kemudian diteruskan ke batang penghubung ke objek. Dapat dilihat dari gambar bahwa jika motor berputar maka objek akan bergerak bolak-balik secara horizontal. Pada batang penghubung dipasang barrier atau penghalang untuk sensor optokopler sehingga frekuensi pergerakan batang dapat dihitung.

### D. Desain Mekanik Sensor

Aplikasi akhir dari sensor koil datar adalah untuk mendeteksi getaran frekuensi rendah khususnya untuk mendeteksi adanya gempa bumi. Gempa bumi merupakan getaran yang selain memiliki besar, juga memiliki arah. Mekanik sensor ini tersusun dari sensor koil datar, kotak sensor dan bandul yang dipasang sedemikian sehingga masing-masing saling berinteraksi. Bahan pengganggu pada koil datar dapat menjauh dan mendekati koil datar sesuai dengan gerakan harmonis bandul terhadap titik seimbangnya. Berikut rancangan mekanik sistem sensor dengan bandul seperti tampak pada gambar di bawah ini.

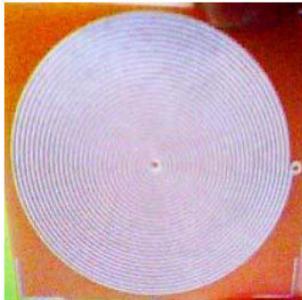


**Gambar 3.** Mekanik sensor

Sistem ini digerakkan dengan menggunakan motor gear melalui tuas yang dihubungkan ke roda pada motor. Sehingga terjadi konversi dari gerak putaran menjadi gerakan pada arah horizontal. Gerakan bolak balik arah horizontal ini terjadi karena pada alas bodi sensor diberikan roda.

#### **E. Elemen Koil Datar**

Tiga macam elemen koil datar yang digunakan adalah terbuat dari PCB yang dibuat jalur-jalur sebanyak 30 lilitan berdiameter 3 cm dengan nilai masing-masing induktansi sebesar  $7,8 \mu\text{H}$ . Gambar di bawah ini adalah salah satu elemen koil datar.



**Gambar 4.** Elemen koil datar

### **Hasil dan Pembahasan Hasil Penelitian**

#### **A. Kalibrasi Sensor**

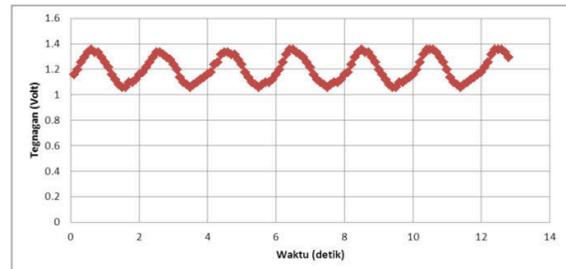
Kalibrasi dilakukan dengan memberikan masukan pada rangkaian interface yang berasal dari output sensor koil datar, kemudian rangkaian interface akan merekam dan menampilkan data hasil akuisisi data. Kalibrasi dilakukan untuk sensor dengan menggunakan bandul. Berikut gambar rangkaian sistem sensor seperti tampak di bawah ini.



**Gambar 5.** Rangkaian sistem sensor

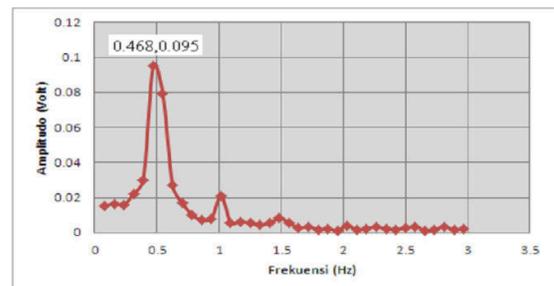
#### **B. Kalibrasi sensor dengan amplitudo sumber getaran 1 cm**

Kalibrasi dengan amplitudo tetap, dilakukan dengan memberikan getaran pada sensor yang berasal dari sumber penggetar. Nilai amplitudo dibuat tetap dengan nilai sebesar 1 cm. Frekuensi sumber getaran yang digunakan adalah 0,26 Hz; 0,35 Hz; 0,4 Hz; 0,46 Hz; 0,5 Hz; 0,55 Hz; 0,62 Hz; 0,71 Hz; 0,76 Hz; dan 0,86 Hz; 0,95 Hz; 1,0 Hz; 1,11 Hz; dan 1,25 Hz. Grafik tegangan keluaran terhadap jarak pada frekuensi sumber 0,46 Hz tampak pada gambar di berikut ini.



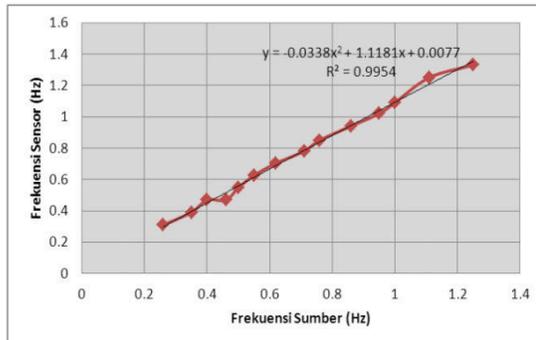
**Gambar 6.** Kalibrasi tegangan keluaran sensor frekuensi sumber 0,460 Hz

Dengan menggunakan FFT, grafik di atas dapat ditentukan frekuensi dan amplitudo getaran sensor. Berikut grafik FFT untuk frekuensi sumber 0,460 Hz.



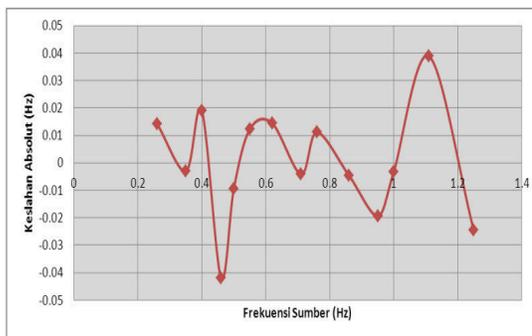
**Gambar 7.** FFT pada frekuensi sumber 0,46 Hz

Dengan cara yang sama, jika digambarkan secara grafik maka hubungan antara frekuensi yang dihasilkan sensor dengan frekuensi sumber tampak pada gambar di bawah ini.



**Gambar 8.** Hubungan antara frekuensi sensor terhadap frekuensi sumber

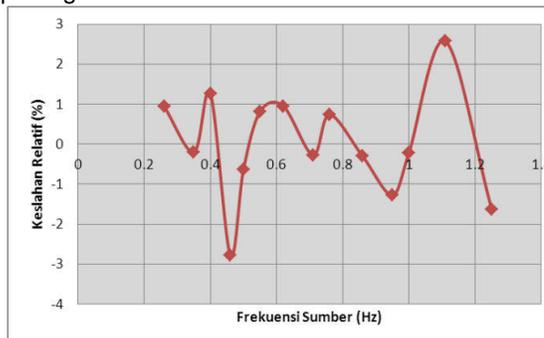
Adapun kesalahan absolut Gambar 8 di atas tampak pada kurva di bawah ini.



**Gambar 9.** Kesalahan absolut frekuensi sensor terhadap frekuensi sumber

Dari Gambar 9 di atas, dapat ditentukan bahwa penyimpangan pengukuran frekuensi sensor sebesar 0,042 Hz terhadap frekuensi sumber.

Adapun kesalahan relatif pengukuran tampak pada gambar berikut.



**Gambar 10.** Kesalahan relatif frekuensi sensor terhadap frekuensi sumber

Dengan memperhatikan gambar di atas dapat ditentukan bahwa kesalahan relatif paling besar adalah 2,78%. Hasil ini cukup bagus karena rentang nilainya masih di bawah 5 % kesalahan relatif maksimum.

### Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, sensor koil datar merupakan elemen yang terbuat dari PCB yang dirancang sedemikian rupa sehingga membentuk jalur-jalur spiral. Kalibrasi sensor dilakukan dengan tujuan mengetahui kemampuan sensor dalam mengukur frekuensi getaran sebuah objek yang bergetar. Kalibrasi dilakukan dengan memberikan masukan pada rangkaian interface yang berasal dari output sensor koil datar, kemudian rangkaian interface akan merekam dan menampilkan data hasil akuisisi data. Kalibrasi dilakukan untuk sensor dengan menggunakan bandul. Hasil kalibrasi sensor menunjukkan bahwa frekuensi getaran yang dapat diukur memiliki rentang antara 0,2-1,0 Hz. Hal ini berarti getaran objek yang bisa diukur frekuensinya sangat rendah yakni dibawah 1 Hz.

Benda yang bergetar selain bisa diukur frekuensinya, tetapi juga bentuk gelombangnya juga dapat ditampilkan. Adapun bentuk gelombang getaran pada kalibrator sinusoidal. Dengan menggunakan FFT (Fast Transform Fourier), bentuk gelombang yang bisa diukur frekuensinya tidak hanya sinusoidal melainkan bentuk gelombang yang lain. Getaran benda akibat gempa pada dasarnya bentuk gelombangnya tidak teratur. Walaupun demikian, sensor getaran berbasis dapat mengukur frekuensi getaran tersebut.

Berdasarkan Gambar 7 di atas dapat dijelaskan bahwa terjadi harmonisasi frekuensi FFT secara teratur. Tampak dari gambar di atas bahwa frekuensi FFT sensor tidak tepat berada pada nilai 0.5 Hz. Hal ini diakibatkan karena frekuensi sumber yang digunakan adalah 0.460 Hz, sehingga FFT frekuensi sensor adalah sebesar 0.468 Hz. Nilai ini sangat mendekati frekuensi sumber atau frekuensi kalibrator dengan perbedaan 0,008 Hz. Tampak dari Gambar 8 di atas, frekuensi yang dihasilkan oleh sensor hampir sama dengan frekuensi sumber. Ketika frekuensi sumber bertambah, maka frekuensi sensor juga semakin besar. Jika didekati dengan kurva linier, hubungannya

cukup linier dengan nilai  $R^2 = 0,9954$ . Hal ini menunjukkan bahwa terdapat respon yang sangat bagus antara frekuensi sumber dengan frekuensi yang dihasilkan sensor

### Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian, kesimpulan yang diperoleh antara lain: (1) telah diperoleh hasil pengukuran sensor getaran frekuensi rendah pada bidang horizontal dengan rentang frekuensi pengukuran antara 0,2 - 1,0 Hz; (2) telah dihasilkan sistem perekam data sensor getaran dua dimensi frekuensi rendah pada rentang frekuensi sumber 0,2 - 1,0 Hz; (3) frekuensi sumber getaran yang digunakan adalah 0,26 Hz; 0,35 Hz; 0,4 Hz; 0,46 Hz; 0,5 Hz; 0,55 Hz; 0,62 Hz; 0,71 Hz; 0,76 Hz; dan 0,86 Hz; 0,95 Hz; 1,0 Hz; 1,11 Hz; dan 1,25 Hz. Pada frekuensi sumber 0.460 Hz, FFT frekuensi sensor adalah sebesar 0.468 Hz. Nilai ini sangat mendekati frekuensi sumber atau frekuensi kalibrator dengan perbedaan 0,008 Hz; (4) Penyimpangan pengukuran frekuensi sensor sebesar 0,042 Hz terhadap frekuensi sumber. Selain itu kesalahan relatif paling besar adalah 2,78%. Hasil ini cukup bagus karena rentang nilainya masih di bawah 5 % kesalahan relatif maksimum.

Adapun saran yang dapat dikemukakan antara lain: (1) perlu dikembangkan sensor getaran ini dalam jumlah banyak sebagai bahan praktikum pada materi fisika pada program studi pendidikan fisika FKIP Universitas Muhammadiyah Mataram; (2) perlu menggunakan sumber getaran dari frekuensi dari 1 Hz sampai dengan 100 Hz; (3) perlu pengembangan lebih lanjut pada sensor ini dengan cara menjalin kerjasama baik dengan universitas lain, BMKG, maupun dengan instansi lain.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Mataram atas dana Hibah Penelitian UP3 Periode 2011/2012 yang telah diberikan untuk penelitian selama 6 bulan.

### Referensi

Andrianto, Heri. 2008. *Pemrograman Mikrokontroler AVR ATMEGA 16 Menggunakan Bahasa C (CodeVision AVR)*. Bandung: Informatika.

Djamil, Mitra. 1996. *A Study of Flat Coil Sensor For Measuring Displacements*. Journal Departement of Physics, Faculty of Mathematics and Sciences ITB.

Duncan, Tom. 1962. *Electronics for Today and Tomorrow*. London: John Murray (Publiser) Ltd.,

Erik Hallen. 1962. *Electromagnetic Theory*. London: Chapman & Hall Ltd.,

Grant, L, S., Philips, W. R., *Electromagnetisme, 2<sup>nd</sup>*. Ed., John Wiley and Sons, Chycester. 1996.

Lazuardi. 1996. *Studi Awal Sensor Getaran Berdasarkan Prinsip Induktif*. Tesis Program Magister Fisika S2, Jurusan Fisika ITB.

Sardo Martinus. 1999. *Studi Awal Pembuatan Prototipe Alat Ukur Kecepatan Aliran Udara Menggunakan Sensor Koil Datar*. Laporan Tugas Akhir Program DIII Instrumentasi Jurusan Fisika UI.

Setiadi, Rahmon Nanda. 2009. *Sensor Getaran Frekuensi Rendah Berbasis Koil Datar*. Tesis Program Magister Fisika S2, Jurusan Fisika ITB.

Sutrisno. 1986. *Elektronika: Teori Dasar dan Penerapannya (Jilid I dan II)*. Bandung: Penerbit ITB.

Sutrisno. 1986. *Modul Elektronika Lanjutan: Teori Dasar dan Penerapannya, Jurusan Fisika*. Bandung: Penerbit ITB.

Watiasih, richa. 2008. *Penerapan LVDT Sebagai Sensor Getaran Pendeteksi Ketidakrapatan Berbasis Data Getaran Pada Komresor*, POLITEKNIK Jurnal Teknologi, Volume 7, No 2, September 2008-ISSN 1412-6427. Universitas Bhayangkara Surabaya.

Widanarto, Wahyu. 2000. *Desain dan Pembuatan Alat Ukur Kecepatan Aliran Udara dengan Sensor Koil Datar berbasis Mikrokontroler 89c51*, Jurusan Fisika, PPS ITB 2000.