VIBRATION SENSOR BASED ON FLAT KOIL FOR EARTHQUAKE EARLY DETECTION IN LOMBOK NUSA TENGGARA BARAT REGION

Islahudin[1], M. Firman Ramdhan[2]
[1&2] Dosen Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Mataram.
E-mail: islahudin.ntb@gmail.com

ABSTRACT: In this research has been developed the application of flat coil as vibration sensor for early detection of earthquake. The flat coil is a very thin wire winding and acts as an inductor. This flat coil along with the capacitor constructs an oscillator which generates frequencies depending on the value of inductance and capacitance. This oscillator is called the LC oscillator. The flat coil inductance depends on the distance of the metal object in front of the flat coil. If the inductance changes, the frequency will change as well. Frequency can be converted into voltage form to represent distance. This effect is then applied to low frequencies using a pendulum on the sensor housing. The sensor system created can measure low-frequency vibrations in the range 0.26 - 1.0 Hz. Based on the research, the vibration sensor that has been made can measure one of the low frequency vibrations of 0.468 Hz at the frequency of 0.46 Hz vibration source.

Keywords: vibration sensor, flat coil, earthquake.

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 penelitian, sensor getaran yang telah dibuat dapat mengukur salah satu getaran frekuensi rendah yaitu 0,468 Hz pada pada frekuensi sumber getaran 0,46 Hz.

Kata kunci: sensor getaran, koil datar, gempa.

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 τ, maka gerak tersebut disebut gerak periodik. Waktu pengulangan τ 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 kondiktor mengalamai 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.

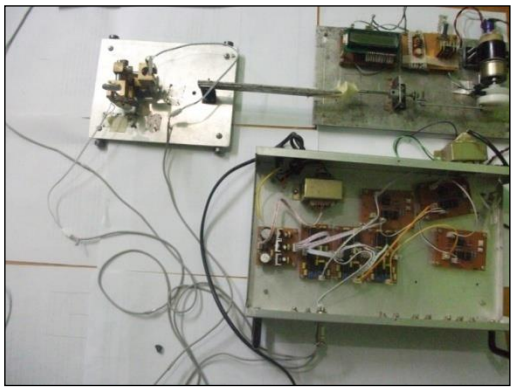
Adapun persamaan induktansi total koil datar adalah sebagai berikut:

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

Setiap putaran atau lilitan dari koil datar dianggap sebagai lingkaran koaksial dengan jejari kira-kira sama dengan jejari lilitan atau putarannya. Induktansi L dapat dihitugn dengan menjumlahkan induktansi diri (L_j) dan indiktansi bersama (M_{jk}).

METODE

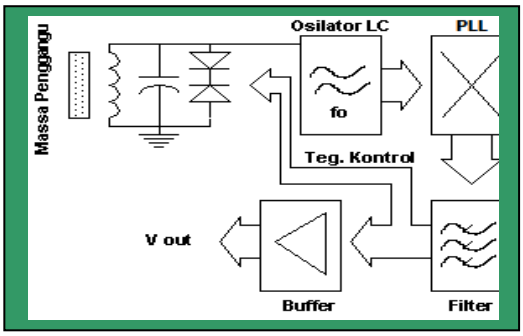
Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Adapun alat bahan yang digunakan adalah sebagai berikut: kalibrator frekuensi rendah, berfungsi sebagai sumber getaran pada sensor yang memiliki rentang frekuensi sumber dari 0,0 - 1,0 Hz; koil datar berfungsi sebagai induktor pada osilator LC, terbuat dari PCB dengan ukuran diameter 3 cm, terdiri dari 30 lilitan dan memiliki nilai induktansi sebesar 7,8 µH; 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

Hasil Penelitian

Blok diagram sensor berbasis koil datar tampak pada gambar 1 di bawah berikut.



Gambar 2. Blok diagram pengolah isyarat analog

Perubahan jarak antara logam (massa) pengganggu dengan koil datar menghasilkan perubahan induktansi total koil datar.

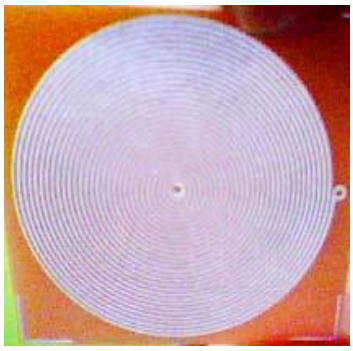
Induktansi total koil datar (L) bersama dengan kapasitor C membentuk osilator LC dengan frekuensi osilator sebesar:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (2)$$

Frekuensi osilator LC oleh rangkaian Phase-Locked Loop (PLL) dirubah menjadi tegangan DC. Keluaran PLL berupa tegangan DC akan disaring oleh rangkaian filter RC untuk menghilangkan noise (derau), sedangkan rangkaian buffer berfungsi mengatasi jatuh tegangan pada keluaran (Vo) sensor.

Adapun koil datar yang digunakan dalam penelitian ini tampak pada Gambar 3 berikut. Pembuatan koil datar terbuat dari PCB yang membentuk jalur-jalur koaksial melingkar, dimana antara jalur yang satu dengan jalur yang lain memiliki jarak yang sama. Jalur merupakan lintasan mengalirnya arus listrik yang mengalir dari ujung tengah koil datar

(positif) menuju ujung pinggir koil datar (negatif).

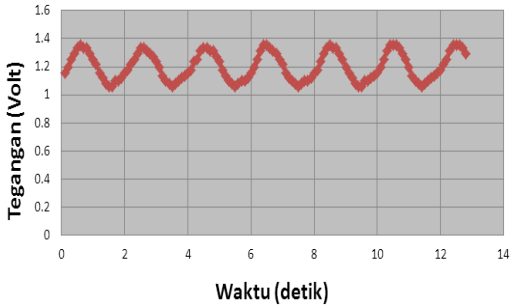


Gambar 3. Elemen koil datar

Dengan adanya aliran arus listrik pada koil datar, maka terjadi medan magnet yang arahnya ke atas. Kemudian didepan koil datar diletakkan logam penganggu dengan jarak antara koil datar dengan logam pengganggu dapat diatur. Dalam penelitian ini, jarak antara koil datar dan bahan pengganggu berada pada rentang 0,25-15,00 mm. Pada rentang jarak ini, respon sensor koil datar terhadap perubahan jarak sangat besar sehingga rentang tersebut merupakan daerah kerja pengukuran.

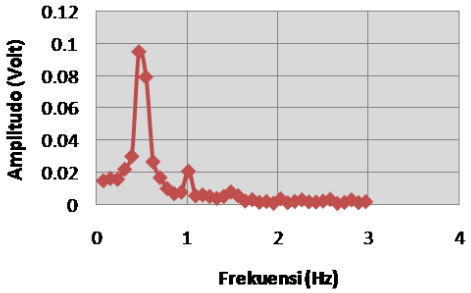
Massa pengganggu yang berada dekat koil datar mendapatkan arus induksi yang membentuk pusaran sesui dengan arus yang mengalir pada koil datar. Arus ini juga disebut dengan arus eddy. Adanya arus eddy pada logam pengganggu menyebabkan terjadinya perubahan fluks magnet koil datar sehingga induktansi total koil datar juga akan mengalami perubahan. Dengan menggunakan rangkaian pengolah sinyal, perubahan induktansi koil datar akan keluar sebagai tegangan DC. Besarnya tegangan keluaran tergantung pada menjauh atau mendekatnya logam penganggu terhadap koil. Semakin dekat antara koil datar dengan logam pengganggu, maka tegangan keluaran sensor akan semakin kecil, begitu juga sebaliknya.

Menjauh dan mendekatnya logam pengganggu terhadap koil datar dilakukan dengan menggunakan bandul matematis. Kalibrator sebagai sumber getaran frekuensi akan menggetarkan bandul sesuai dengan frekuensi tertentu dari rentang 0,26-1,0 Hz. Hasil keluaran sensor tampak pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik tegangan keluaran sensor terhadap waktu pada frekuensi sumber 0.460 Hz

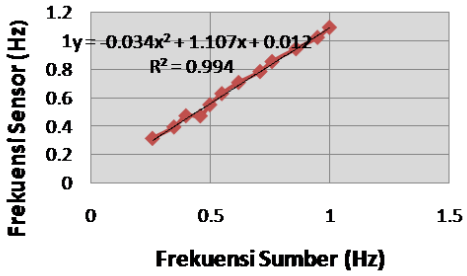
Dari gambar 4 dapat dijelaskan bahwa tegangan keluaran sensor membentuk gelombang sinusoidal yang diakibatkan karena proses menjauh dan mendekatnya logam pengganggu pada bandul yang berosilasi. Dengan menggunakan FFT yang merubah fungsi gelombang dari domain waktu menjadi domain frekuensi, maka FFT frekuensi sensor tampak pada gambar 5 berikut.



Gambar 5. Frekuensi FFT sensor

Dari gambar 5 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.

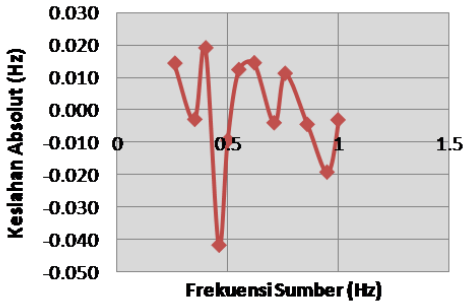
Adapun frekuensi yang dihasilkan sensor pada frekuensi sumber yang lain tampak pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Hubungan antara frekuensi sumber terhadap frekuensi sensor

Berdasarkan gambar 6 di atas, diperoleh bahwa dengan mengggunakan pendekatan persamaan polynomial orde-2, frekuensi yang dihasilkan sensor memiliki nilai yang sangat dekat dengan frekuensi sumber. Hal ini ditunjukkan dengan nilai R^2=0.9948 yang mendekati 1.

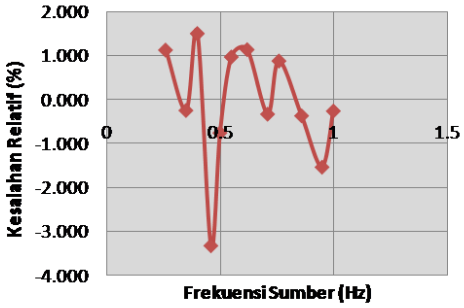
Kesalahan absolut sensor tampak pada gambar 7.



Gambar 7. Kesalahan absolut frekuensi yang dihasilkan sensor terhadap frekuensi sumber

Berdasarkan gambar 7 di atas, diperoleh bahwa penyimpangan nilai frekuensi yang dihasilkan sensor dibandingkan dengan frekuensi sumber cukup kecil. Tampak dari di atas, penyimpangan nilai frekuensi terbesar yang dihasilkan sensor terhadap frekuensi sumber sebesar 0,042 Hz. Hal ini menunjukkan bahwa sensor dapat mengukur frekuensi suatu objek yang bergetar dengan sangat teliti.

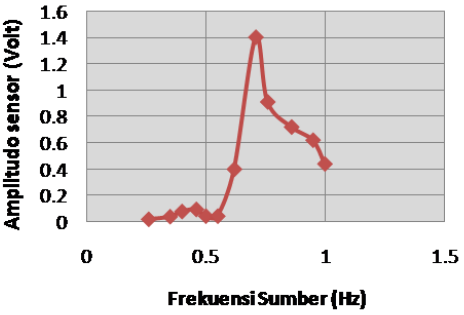
Adapun kesalahan relatif sensor tampak gambar 8 berikut.



Gambar 8. Kesalahan relatif frekuensi yang dihasilkan sensor terhadap frekuensi sumber

Dari gambar 8 dapat dijelaskan bahwa kesalahan relatif maksimum frekuensi yang dihasilkan sensor adalah sebesar 3.33 %. Nilai kesalahan relatif ini kurang dari 5 %, sehingga frekuensi yang dihasilkan oleh sensor sangat teliti.

Amplitudo tegangan keluaran yang dihasilkan sensor memiliki nilai yang berbeda-beda berdasarkan nilai frekuensi sumber getaran atau kalibrator. Hal ini tampak pada gambar 9.



Gambar 9. Hubungan antara frekuensi sumber terhadap amplitudo sensor

Dari gambar 9 dapat dijelaskan bahwa semakin kecil frekuensi sumber maka perubahan amplitudo sensor semakin kecil. Perubahan maksimum amplitudo sensor terdapat pada daerah frekuensi sumber 0.710 Hz. Hal ini menunjukkan bahwa frekuensi alami dari bandul adalah 0.710 Hz yang merupakan karakteristik dari bandul tersebut. Pada daerah frekuensi sumber yang lebih besar dari 0.710 Hz, perubahan amplitudo terhadap frekuensi sumber semakin kecil.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa telah berhasil dibuat sensor getaran untuk deteksi dini gempa serta hasil pengukurannya pada rentang frekuensi sumber 0,26 - 1,0 Hz.

Berdasarkan penelitian, sensor getaran yang telah dibuat dapat mengukur salah satu getaran frekuensi rendah yaitu 0,468 Hz pada pada frekuensi sumber getaran 0,46 Hz. Kesalahan absolut makismum sensor sebesar 0,042 Hz dan kesalahan relatif maksimum pengukuran yang cukup kecil yaitu 3 %. Hal ini menunjukkan bahwa frekuensi yang dihasilkan sensor sangat teliti dan mendekati frekuensi sumber. Pada penelitian ini, diperoleh frekuensi alami bandul adalah 0,71 Hz.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi RI, atas dana Hibah Penelitian Dosen Pemula yang telah diberikan untuk penelitian selama 1 tahun.

DAFTAR RUJUKAN

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

Watiasih, richa. *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.

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

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

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

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

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

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

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

Duncan, Tom. *Electronics for Today and Tomorrow*, John Murray (Publiser) Ltd., London. 1994.

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

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