

PENGOLAHAN ISYARAT METODE DIFERENSIAL UNTUK LINIERISASI SENSOR KOIL DATAR

Kisna Pertiwi, Usman Malik, Defrianto, Lazuardi Umar

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau Pekanbaru

email: kisnapertiwi@gmail.com

ABSTRACT

Flat coil sensor works by evaluating changes the mutual inductance of the measuring object immersed in a magnetic field of coil. The spiral coil detects without a physical contact with object made on FR4 *Printed Circuit Board* (PCB). LC-oscillators are used to evaluate change the inductances of two identical sensors in a differential structure with a measured object of copper beryllium (CuBe) moving parallel between the sensors. Flat coil evaluation sensor using LC oscillator produces the eigen frequency of 1MHz up to 2MHz. The linearization of flat coils are carry out using output differential between two oscillator and shown a linear output.

Keywords: Flat Coil Sensor, LC Oscillator, Linearization Sensor

ABSTRAK

Sensor induktif koil datar mengevaluasi perubahan induktansi bersama dari objek ukur pada kumparan. Koil geometri lingkaran bekerja dengan mendeteksi tanpa kontak fisik dengan objek tersebut yang dibuat pada FR4 *Printed Circuit Board* (PCB). Osilator LC digunakan untuk mengevaluasi perubahan induktansi dari dua sensor identik dalam struktur diferensial dengan massa pengganggu, yaitu tembaga berilium (Cube) bergerak maju mundur antara sensor. Batas pengukuran dengan jarak minimum diperoleh frekuensi sebesar 3,45MHz untuk sensor koil datar 1 dan 2,41MHz untuk sensor koil datar 2. Linierisasi menunjukkan sensitifitas suatu sensor dengan nilai dua kali dari sensitifitas satu sensor.

Kata Kunci : Sensor Koil Datar, Osilator LC, Linierisasi Sensor

PENDAHULUAN

Teknologi sensor telah berkembang pesat dalam bidang komputasi, kontrol, komunikasi, industri maupun otomatisasi industri sangat membutuhkan pengukuran dan penentuan posisi *linear* atau *angular* suatu objek, yang idealnya dapat dilakukan tanpa adanya kontak mekanis dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini menyebabkan terjadinya kenaikan signifikan dalam teknologi otomatisasi dengan kemampuan lebih tinggi dan fungsionalitas yang ditunjang oleh faktor kompetisi global, terbatasnya sumber daya dan proteksi lingkungan.

Dewasa ini dalam dunia otomatisasi industri sangat membutuhkan pengukuran dan penentuan posisi *linear* atau *angular* suatu objek, yang idealnya dapat dilakukan tanpa adanya kontak mekanis. Pengukuran ini sangat krusial dalam berbagai piranti elektromekanis dan mekatronik digunakan dalam otomatisasi proses-proses industri (Decker and Kostka, 1989).

Sensor induktif bekerja dengan mendeteksi perubahan medan magnetik dalam menentukan posisi *angular* suatu benda (Hella, 2003). Sensor induktif ini tidak terdapat kontak fisik dengan objek ukur sehingga memiliki faktor durabilitas yang sangat baik (Marioli et al, 2003).

Studi tentang sensor induktif koil datar pada bidang instrumentasi banyak diimplementasikan dalam pengukuran bahkan pendeteksian posisi linier suatu objek pada ruang yang sangat terbatas. Penerapan dari keunggulan yang dimiliki sensor induktif sebagai detektor handal tanpa adanya kontak mekanis banyak digunakan pada berbagai alat-alat instrumentasi seperti detektor gempa dan detektor getaran suara.

Sensor induktif menghasilkan sinyal keluaran yang tidak linier, maka penelitian ini mencoba mengatasi ketidaklinieran tersebut menggunakan dua sensor induktif koil datar disusun secara diferensial. Sehingga, menghasilkan sinyal keluaran berbentuk linier. Sinyal linier lebih mudah diolah dibandingkan dengan sinyal tidak linier.

METODE PENELITIAN

A. Desain, Pembuatan, dan Pengujian Sensor Koil Datar

Sensor koil datar didesain menggunakan fasilitas desain grafis pada software Protel dan Corel Draw. Desain koil datar tersebut didasarkan pada bentuk geometri, jumlah lilitan, jarak antara satu lilitan dengan lilitan yang lainnya. Bentuk-bentuk geometri objek yang akan diukur,

didesain berupa lingkaran (*Circle*), persegi panjang (*Rectangle*), persegi empat (*Square*) dan segi delapan (*Octogonal*).

Pembuatan sensorkoil datar menggunakan basis *Printed Circuit Board (PCB)* dengan lebar track sebesar 0,25 mm dan jarak antarjalur sebesar 0,25 mm dan 0,5 mm. Material yang digunakan dalam pembuatan sensor koil datar adalah material perak-tembaga (Ag-Cu) sebagai jalur konduktor sedangkan substrat PCB terbuat dari bahan fiber.

Berdasarkan penelitian Roberto (2014) diperoleh bahwa sensor koil datar yang terbaik dibuat dari bahan PCB FR4 adalah geometri lingkaran karena memiliki frekuensi tertinggi diantara geometri lainnya. Oleh sebab itu, penelitian ini hanya ditekankan pada pengembangan sensor koil datar geometri lingkaran yang dipasang secara diferensial dengan memvariasikan jumlah lilitan, lebar jalur dan jarak antar jalur.

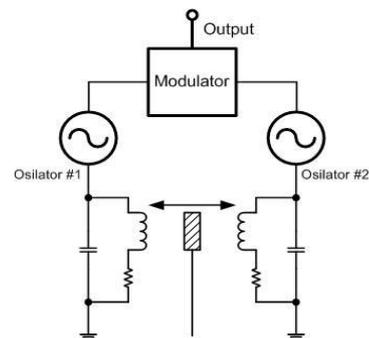
B. Karakterisasi Menggunakan LCR Meter

Karakterisasi rangkaian sensor koil datar menggunakan LCR meter pada tegangan *peak to peak* dengan frekuensi tertentu. Hasil pengujian bertujuan untuk menentukan sifat-sifat fisis sensor koil datar berupa resistansi R, induktansi L, kapatansi C, impedansi Z dan faktor kualitas Q.

C. Pembuatan dan Pengujian

Rangkaian Osilator LC

Osilator dirancang untuk menghasilkan GGL (Gaya Gerak Listrik) dengan gelombang berbentuk sinusoida dengan frekuensi kerja 1MHz sampai dengan 2MHz (Traenkler, 1990). Rancangan rangkaian osilator didesain menggunakan Protel SE kemudian dirangkai untuk mendapatkan bentuk gelombang dan frekuensi yang diinginkan. Komponen IC yang digunakan adalah tipe IC CD4007 yang berisikan HEX Inverter yang populer digunakan sebagai osilator LC. Rangkaian kombinasi antara induktor dan kapasitor menjadi rangkaian umpan balik tegangan masukan yang dikenal sebagai rangkaian penala (*Tank Circuit*). Desain dan pembuatan sensor koil datar dan rangkaian osilator LC ditunjukkan pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Desain dan pembuatan sensor koil datar

D. Evaluasi Deteksi Jarak Tanslasi Menggunakan Osilator LC

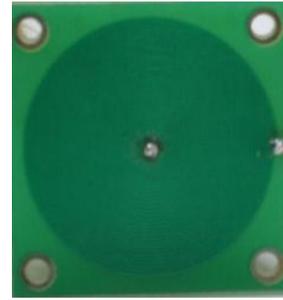
Perubahan nilai induktansi antara dua koil datar Osilator LC berfungsi sebagai

detektor untuk mengevaluasi perubahan nilai induktansi akibat adanya perubahan jarak translasi dari massa pengganggu, yaitu tembaga berilium. Pengambilan data sensor koil datar dilakukan dengan menggunakan mikrometer sekrup yang dimodifikasi dengan massa pengganggu, yaitu tembaga berilium (CuBe) diletakkan diantara sensor koil datar 1 dan 2 dengan jarak konstan pada suhu kamar. Setiap perubahan jarak akan diukur perubahan frekuensi (f) dan tegangan (U_0) pada sensor. Keluaran yang dihasilkan dalam bentuk frekuensi akan dikonversi menjadi tegangan menggunakan f/V converter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sensor Koil Datar Geometri Lingkaran

Setelah pembuatan sensor koil datar berbentuk lingkaran didesain menggunakan software Corel Draw dan Protel SE99, kemudian dicetak pada PCB (*Printed Circuit Board*) jenis FR4 atau memiliki material jalur berupa campuran antara tembaga-perak (*Ag-Cu*) yang diletakkan diatas substrat pertinaks. Selanjutnya, dilakukan proses *etching* dengan larutan $FeCl_3$ untuk menghilangkan tembaga yang tidak digunakan sebagai jalur konduktor. Sensor koil datar yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. Sensor koil datar pada PCB

B. Pengujian Rangkaian Osilator LC

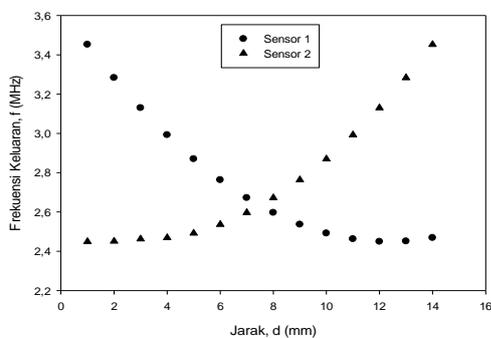
Rangkaian osilator LC terdiri dari berbagai komponen elektronika, yaitu induktor (L), kapasitor (C), resistor (R), IC 4007, dan transistor BF 324. Pengujian rangkaian osilator LC penting dilakukan sebelum pengambilan data karena osilator LC berfungsi sebagai detektor untuk mengevaluasi jarak translasi. Pengujian rangkaian osilator LC menggunakan DC Power Supply PS-303D dengan tegangan masukan 10V ditampilkan melalui PC menggunakan Osiloskop USB Velleman PCSU1000.

C. Evaluasi Deteksi Jarak Translasi Metode Diferensial

Osilator LC berfungsi sebagai detektor untuk mengevaluasi perubahan nilai induktansi akibat adanya perubahan jarak translasi dari massa pengganggu, yaitu tembaga berilium yang bergerak maju mundur sejajar dengan sensor koil datar 1 dan 2. Jarak translasi diukur menggunakan mikrometer sekrup dengan resolusi perputaran 1/100 mm. Mikrometer sekrup diputar menyebabkan tembaga

berilium bergerak diantara sensor koil datar 1 dan 2, perubahan jarak translasi menyebabkan perubahan nilai induktansi bersama dan frekuensi osilasi rangkaian.

Sensor koil datar 1 diatur jarak $d_{11} = 1mm$ diperoleh frekuensi maksimum sebesar 3,45MHz dan tegangan keluaran minimum sebesar 0,128V dan jarak $d_{12} = 14mm$ diperoleh frekuensi minimum sebesar 2,41MHz. Selanjutnya, sensor koil datar 2 diatur jarak $d_{21} = 1mm$ dari sensor koil datar 1 diperoleh frekuensi minimum 2,41MHz dan jarak $d_{22} = 14mm$ dari sensor koil datar 1 diperoleh frekuensi maksimum sebesar 3,30MHz. Hasil pengukuran data tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Hasil pengukuran sensor koil datar 1 dan 2

Jadi, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada sensor koil datar 1 dan 2 didapat kesimpulan bahwa semakin minimum jarak d maka diperoleh frekuensi keluaran f semakin maksimum dan semakin besar nilai induktansi L maka

diperoleh frekuensi keluaran semakin besar.

D. Pengolahan dan Analisa Data

Pemodelan sensor koil datar menggunakan persamaan (1) dan (2) dengan keluaran sensor tidak bergantung pada suhu didapat persamaan matematis untuk sensor koil datar 1 dan 2 sebagai berikut:

$$f_1 = a_0 + a_1(x_0 - x) + a_2(x_0 - x)^2$$

$$f_1 = 3,636648 + (-0,192166)(x_0 - 13) + (0,007767)(x_0 - 13)^2 \quad (1)$$

dan

$$f_2 = a_0 + a_1(x_0 + x) + a_2(x_0 + x)^2$$

$$f_2 = 3,636648 + (-0,192166)(x_0 + 13) + (0,007767)(x_0 + 13)^2 \quad (2)$$

Perbedaan sinyal keluaran antara sensor koil datar 1 dan 2 disebut dengan f_{res} yang menunjukkan linierisasi sensor, kemudian diolah dengan menggunakan persamaan (3) sebagai berikut:

$$f_{res} = f_2 - f_1$$

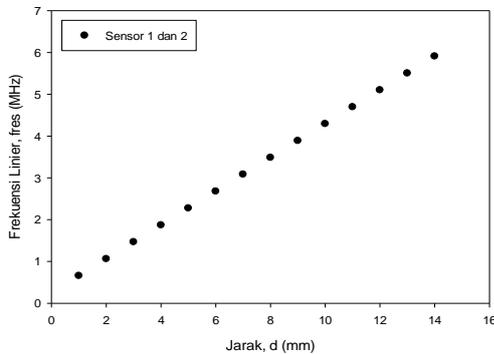
$$f_{res} = 2(a_1 + 2a_2x_0)x \quad (3)$$

$$f_{res} = 2(-0,192166 + 2 \times 0,007767 \times x_0)13 \quad (4)$$

Pemodelan linierisasi sensor f_{res} ditunjukkan pada Gambar 4, dengan demikian diperoleh keluaran linier yang tidak bergantung pada suhu. Jadi sensitivitas total k_{ges} adalah konstan dan nilainya dua kali dari sensitivitas satu sensor koil datar, dapat ditulis dengan persamaan berikut:

$$k_{1,2} = (a_1 + 2a_2x_0) \quad (4)$$

$$k_{ges} = 2(a_1 + 2a_2x_0) \quad (5)$$



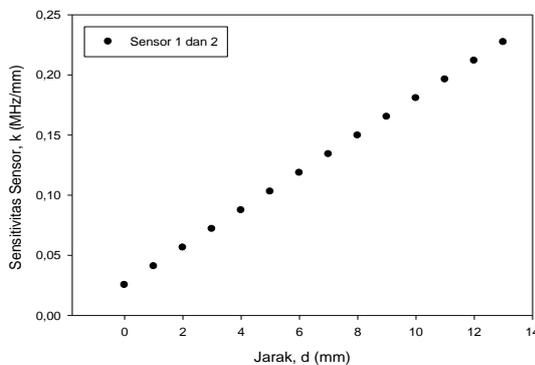
Gambar 4. Kurva pemodelan linierisasi f_{res} sensor koil datar 1 dan 2

dengan mensubstitusi persamaan (4.5) didapat sensitivitas sensor koil datar 1 dan 2 sebagai berikut:

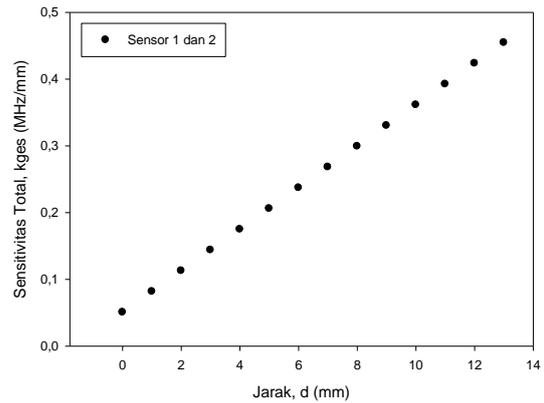
$$k_{1,2} = (-0.17663 + 2 \times 0.007767 \times x_0) \quad (6)$$

$$k_{ges} = 2(0,015534x_0 - 0.17663) \quad (7)$$

Kemudian, dengan menggunakan persamaan diatas diperoleh kurva pemodelan sensitivitas sensor koil datar 1 dan 2 dan sensitivitas total yang linier, dapat dilihat pada Gambar 5 (a) dan 13 (b) berikut:



Gambar 5 (a) Sensitivitas sensor koil datar 1 dan 2



Gambar 5 (b) Sensitivitas total sensor koil datar

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Linierisasi sensor adalah perbedaan sinyal keluaran antara sensor koil datar 1 dan 2. Sensor koil datar 1 diperoleh frekuensi keluaran maksimum sebesar 3,45MHz dan sensor koil datar 2 diperoleh frekuensi keluaran maksimum sebesar 3,30MHz. Sehingga, diperoleh sinyal keluaran yang linier.
2. Sensor koil datar 2 merupakan invers dari sensor koil datar 1. Nilai induktansi sensor koil datar 1 dan 2 masing-masing sebesar $22.5\mu H$ dan $17.9\mu H$. Keluaran sensor koil datar 1 diperoleh sensitifan yang bagus daripada sensor koil datar 2 karena memiliki induktansi (L) yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Areny, Ramon P., Webster, Jhon G. 1991. *Sensors and Signal Conditioning*. John Willey and Sons Inc. Canada
- Bosch, 2007. *Sensors – the vehicle's Sensory System*. Technical Information. Bosch GmbH, Germany.
- Decker, W., Kostka, P. 1989. Inductive and eddy current sensors. *Sensors: A Comprehensive Survey*. Chapter 7. 5: 300–304
- Malik, Usman., Setiadi, Rahmondia N., Umar, Lazuardi. 2015. Sensor Planar Induktif Berbasis Bahan PCB FR-4 Untuk Pengukuran Jarak Kecil. *Prosiding Seminar nasional Fisika Universitas Andalas (SNFU)*. Padang
- Setiadi, Rahmondia N. 2009. *Desain dan Pembuatan Sensor Getaran Frekuensi Rendah Berbasis Koil Datar*. Thesis S2. Intitut Teknologi Bandung: Bandung.