



RANCANG BANGUN ALAT METAL DETECTOR DENGAN METODE BEAT FREQUENCY OSCILLATOR (BFO)

Suhaesih Rianto¹⁾, Syahrir^{1, *}, Adrianus Inu Natalisanto¹

¹⁾Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Mulawarman

²⁾ Program Studi Fisika, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Mulawarman

Jln. Barong Tongkok, Gn. Kelua, Kec. Samarinda Ulu,
Kota Samarinda, 75242, Kalimantan Timur, Indonesia

*E-mail korespondensi: syaherchanel@gmail.com

Abstract

A metal detector using the Beat Frequency Oscillator principle and solenoid induction has been made using a series of tools (IC NE 555, capacitors with values of 3.3 F and 4.7 F, resistors 4.9 k Ω , enamel wire 0.3 mm, 4 Ω 3W speakers, and 9V battery). The measuring limit of the tool is obtained through measurements using a metal material, namely iron, where the measured value variables are the value of frequency and voltage V_{pp} , and the average value of the frequency in the *input* data after the object is 868.1786 Hz and the average value of the V_{pp} voltage is 1,427 Volts. While the *output* data obtained the average frequency value is 863.4895 Hz and the average value of V_{pp} voltage is 0.325 Volt after the object, as for the sound produced before and after the object the difference is too small, so an amplifier circuit is added using an IC LM386 as Audio Amplifier The metal detector is a tool that can detect the presence of metal that is above or below the ground surface within a certain distance. Metals that can be detected with this metal detector circuit are metal objects that contain iron elements or can affect magnetic fields.

Keywords: *metal detector, frequency, voltage V_{pp}*

PENDAHULUAN

Metal detector adalah sebuah alat untuk mendeteksi keberadaan logam yang ada di atas atau di bawah permukaan tanah dalam jarak tertentu [1]. Logam yang dapat di deteksi dengan rangkaian detektor logam ini adalah benda logam yang mengandung unsur besi atau dapat mempengaruhi medan magnet. *Metal Detector* adalah alat yang untuk mendeteksi semua jenis logam cara kerjanya adalah dengan menggunakan gelombang elektromagnet. Apabila terjadi perubahan gelombang yang tidak sesuai, maka akan dibaca sebagai logam yang mengganggu [2]. Sensor logam atau dikenal dengan *metal detector* ialah termasuk sensor induktif, sensor ini biasanya dalam industri dan sistem keamanan. Misalnya dalam mendeteksi adanya logam

dalam kemasan makanan atau bahan makanan yang belum di kemas. Hal ini dimaksudkan agar produk tersebut aman dikonsumsi oleh konsumen [3].

Penelitian ini bertujuan untuk membuat alat yang sederhana dan murah tetapi tidak mengurangi fungsi utamanya sebagai sensor logam, sehingga alat ini bisa terjangkau untuk digunakan di kalangan masyarakat. Namun pada penelitian ini *metal detector* khusus untuk mendeksi logam jenis besi pada jarak tertentu dengan menggunakan IC NE 555 dan dapat mengetahui analisis nilai frekuensi yang dihasilkan dengan metode *beat frequency oscillator* (BFO). Metode BFO prinsipnya memanfaatkan perubahan frekuensi untuk mendeteksi keberadaan logam [1].

TINJAUAN PUSTAKA

Prinsip kerja detektor logam adalah gelombang elektromagnet pada satu atau beberapa koil. Ada beberapa buah koil yang dimanfaatkan sebagai pemancar gelombang dan penerima gelombang, dimana pada kondisi standar, gelombang yang diterima mempunyai standar tertentu dan ini yang biasa disebut "*balance*" pada detektor logam. Jika benda logam melewati detektor logam, maka gelombang yang ada menjadi terganggu dan standar *wave analyzer* akan memberitahukan bahwa ada ketidak seimbangan gelombang. Metal detektor memberitahu kita bahwa ada benda yang bersifat logam [2].

Metal detector adalah sebuah alat yang dapat untuk mendeteksi keberadaan logam yang ada di atas atau di bawah permukaan tanah dalam jarak tertentu. Logam yang dapat di deteksi dengan rangkaian detektor logam ini adalah benda logam yang mengandung unsur besi atau dapat mempengaruhi medan magnet. Ada beberapa teknologi dalam mendeteksi logam, diantaranya *Beat Frequency Oscillator* (BFO), *Pulse Induction* (PI), *Very Low Frequency* (VLF), *Beat Frequency Oscillator* (BFO) beroperasi di rentang frekuensi antara 100 kHz. *Pulse Induction* (PI) beroperasi di rentang frekuensi 100 Hz. *Very Low Frequency* (VLF) beroperasi di rentang frekuensi antara 3-30 kHz. Pada penelitian ini di gunakan jenis BFO untuk detektor logam. Cara kerja dari prinsip BFO adalah ketika kumparan pencarian didekatkan pada benda logam, hal ini akan menyebabkan perbedaan frekuensi di dalam rangkaian osilator, di mana terdapat kumparan referensi yang menentukan frekuensi *output* rangkaian. Frekuensi yang dideteksi kemudian dibandingkan dengan frekuensi referensi di *mixer*, sehingga didapatkan selisih perbedaan frekuensi yang diartikan sebagai keberadaan benda logam [1].

Osilator adalah suatu rangkaian elektronika yang menghasilkan getaran atau sinyal listrik secara periodik terhadap waktu dengan amplitude yang konstan. Rangkaian osilator biasa untuk mengubah daya DC menjadi AC. Rangkaian osilator menghasilkan frekuensi agar dapat beresilasi. Osilasi adalah variasi periodik terhadap waktu dari suatu pengukuran. Dalam penelitian ini, jenis osilator yang akan adalah osilator *colpitts*. Syarat sebuah osilator agar dapat terjadi osilasi adalah mempunyai rangkaian penguat, rangkaian *feedback*, dan *tank circuit*. *Tank circuit* atau rangkaian tangki adalah rangkaian yang akan menentukan frekuensi kerja dari osilator, dengan menggunakan komponen L dan C [1].

Frekuensi tegangan AC yang dibangkitkan oleh rangkaian tangka osilator akan tergantung dari nilai L dan C. Frekuensi *output* inilah yang disebut frekuensi resonansi (f_r). Resonansi terjadi saat reaktansi kapasitif (X_c) besarnya sama dengan reaktansi induktif (X_L). Rangkaian tangki akan beresilasi pada frekuensi ini.

$$\frac{1}{C_r} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \text{ atau } C_r = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} \quad (1)$$

Pengujian rangkaian osilator yang telah dihubungkan dengan kumparan dilakukan menggunakan osiloskop. Kumparan yang dalam pengujian adalah kumparan dengan diameter 7 cm dan lilitan sebanyak 500 kali. Frekuensi osilasi dapat dihitung dengan persamaan:

$$f_r = \frac{1}{(2\pi\sqrt{LC})} \quad (2)$$

Pengujian dan analisis kumparan dilakukan dengan memberikan arus listrik pada kumparan sehingga sesuai dengan prinsip dasar elektromagnetik maka akan timbul medan magnet di sekitar kumparan. Medan magnet ini menyebabkan timbulnya induktansi yang dapat diukur dalam satuan Henry (H) [1].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keberadaan logam pada jarak tertentu baik di atas ataupun di bawah permukaan tanah dengan berbagai frekuensi pada bahan logam, seperti besi dan komponen-komponen yang digunakan pada penelitian ini di antaranya adalah IC NE 555, kapasitor bernilai 10 μF sebagai variabel tetap dan kapasitor bernilai 1 μF , 2,2 μF , 3,3 μF , 4.7 μF dan 6,8 μF , resistor dengan nilai 4,7 $K\Omega$, kawat email, *speaker* 4 Ω 3W dan baterai 9V. Sedangkan untuk bahan yang akan dideteksi adalah logam seperti besi dan aluminium. Kemudian dilakukan perancangan alat dan dilakukan pengujian alat.

1.1. Alat dan Bahan Penelitian

1. IC Ne 555 (1 buah)

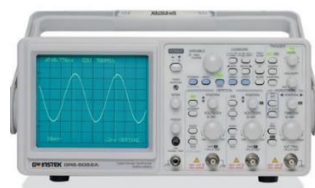


Gambar 1. IC NE 555

(Sumber: <https://otomasi.sv.ugm.ac.id/2019/12/31/timer-5-minutes-circuit-design-using-ic-ne555/>)

IC ini dijuluki sebagai “*The IC Time Machine*” dan pada dasarnya aplikasi utama dari IC ini untuk *timer* (pewaktu) dengan operasi rangkaian *monostable* dan *pulse* generator (pembangkit pulsa) dengan operasi rangkaian *astable*, selain itu dapat sebagai *Time Delay Generator* dan *Sequential Timing*. IC NE 555 ini memiliki 8 pin yang tiap kakinya memiliki konfigurasi yang berbeda-beda pada bagian *trigger* berfungsi memberi *trigger* atau perintah ke IC 555 sebagai tanda proses *timer* dimulai. Kemudian, bagian *THReshold* biasanya diberi kapasitor dan resistor variabel untuk kecepatan waktu *on off* agar dapat diatur sesuai keinginan.

2. Osiloskop



Gambar 2. Osiloskop

(sumber: <https://faiksmk1.wordpress.com/2014/11/10/pengenalan-osiloskop/>)

Osiloskop di sini berfungsi untuk memproyeksikan bentuk sinyal listrik agar dapat dilihat dan dipelajari di mana untuk mengetahui bentuk gelombang dari pengukuran frekuensi. Amplitudo dan karakteristik gelombang sinyal listrik, secara umum osiloskop dapat mengukur karakteristik yang berbasis waktu dan juga karakteristik yang berbasis tegangan.

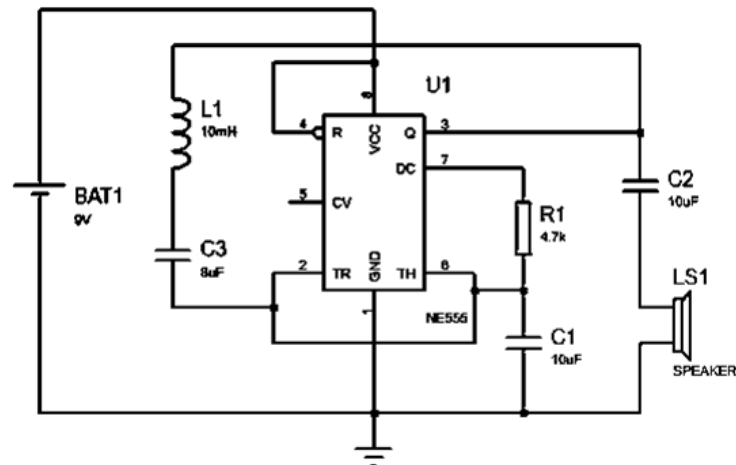
3. Kapasitor 10 μF (1 buah), kapasitor 10 μF (2 buah), kapasiitor 3,3 μF dan kapasiitor 4,7 μF
4. Resistor 4.7 K Ω (1 buah)
5. Kawat Email 0,3 mm
6. *Speaker* 4 Ω 3W
7. Baterai 9V (1 buah)
8. Papan rangkaian (PCB)
9. Material : Logam (besi), plastik dan kaca
10. Timah
11. Solder
12. Saklar kecil
13. [1]Pontensiometer
14. ATK (Buku dan Bolpoin)
15. CD 2 buah
16. Pipa kecil
17. Lem tembak

1.2. Perancangan dan Pembuatan Alat Pendeteksi ini dilakukan di Laboratorium

Adapun langkah pembuatan Alat Pendeteksi Logam dengan metode *Beat Frequency Oscillator* (BFO) adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur mengenai pendeteksi logam dan kemagnetan
2. Merancang skema pembuatan alat pendeteksi
3. Dipersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan
4. Tahap pembuatan pendeteksi logam menggunakan kawat email dengan metode BFO (*Beat Frequency Oscillator*) pada IC NE 555 sebagai sensor logam. Adapun langkah-langkahnya sendiri:
 - a. Kawat email sebagai bahan untuk membuat kumparan, di mana kumparan akan dibuat beberapa variasi dengan diameter dan banyak lilitan yang berbeda
 - b. IC NE 555 memiliki 8 pin, di mana pada kaki 1 dan 2 IC dipasang kapasitor C_1 , kaki 3 dipasang salah satu kaki R_1 senilai 4.7 K Ω dan kapasitor C_3 , kaki 4 dan kaki 8 IC dihubungkan, kaki 6 IC dihubungkan ke kaki 2 IC dan dipasang kapasitor C_2 dan salah satu kaki R_1 4.7 K Ω
 - c. BFO *metal detector* menggunakan kumparan sebagai bagian dari rangkaian osilator yang apabila ada bahan logam di dekat osilator maka frekuensi akan berubah.
5. Tahap rancangan yang dihubungkan ke kawat email, dengan langkah-langkah berikut:
 - a. Disediakan IC NE 555, di mana kaki 3 dihubungkan pada salah satu ujung kumparan induktansi.
 - b. Sedangkan ujung kumparan induktansi lainnya dihubungkan ke kapasitor C_2 kaki positif.
6. Dilakukan pengujian alat dan analisa kumparan, pengujian dilakukan dengan memberikan arus listrik pada kumparan sehingga sesuai dengan prinsip dasar elektromagnetik maka akan timbul medan magnet di sekitar kumparan. Medan magnet ini menyebabkan timbulnya induktansi yang dapat diukur dalam satuan Henry (H).
7. *Menginput* data dan mengolah data.
8. Menghitung nilai frekuensi osilasi yang dapat dihitung dengan persamaan (2).
9. Dicatat hasil pengukuran frekuensi, data jarak, banyak lilitan dan nilai induktansi.

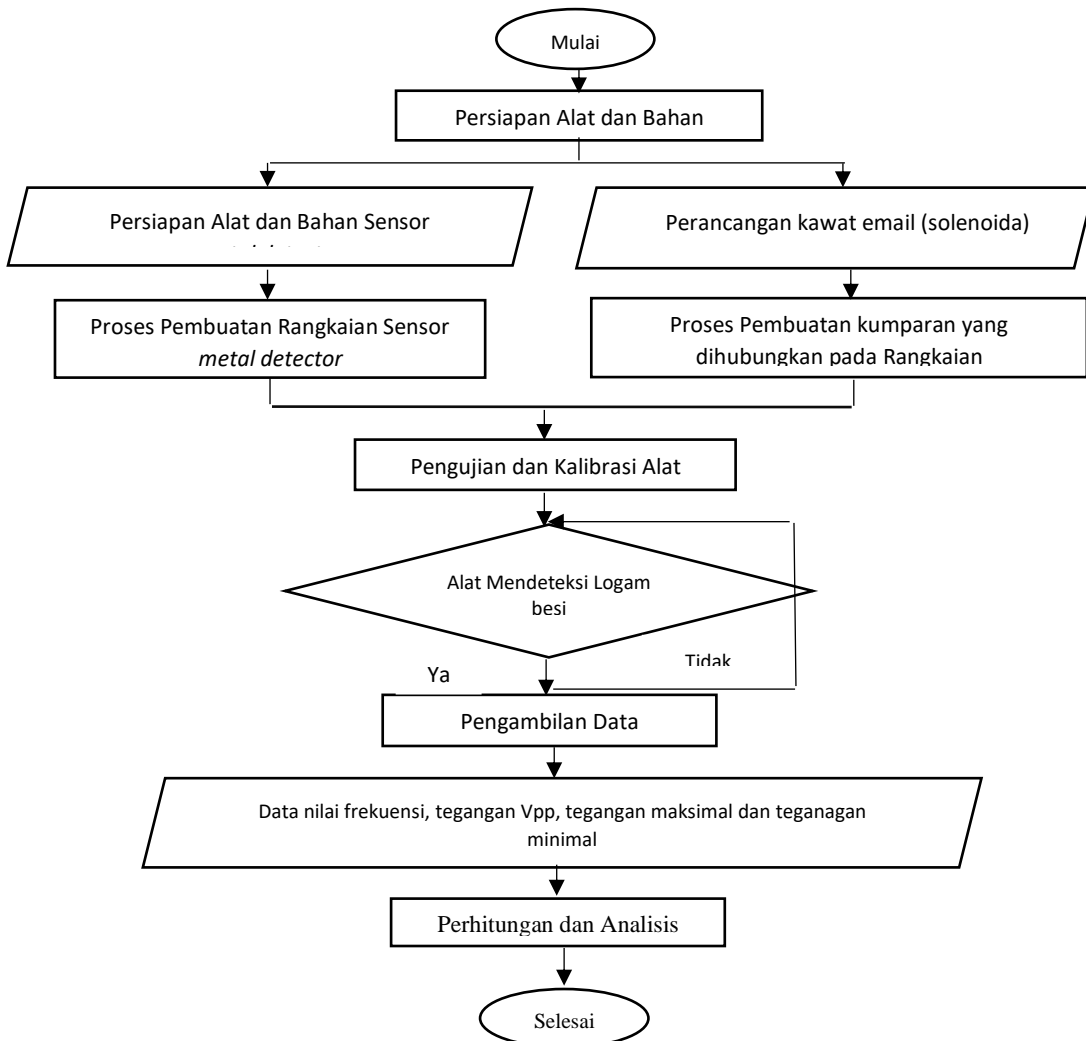
1.3. Skema rangkaian yang direncanakan



Gambar 3. Skema Rangkaian *Metal Detector*

1.4. Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir Penelitian *Metal Detector* adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

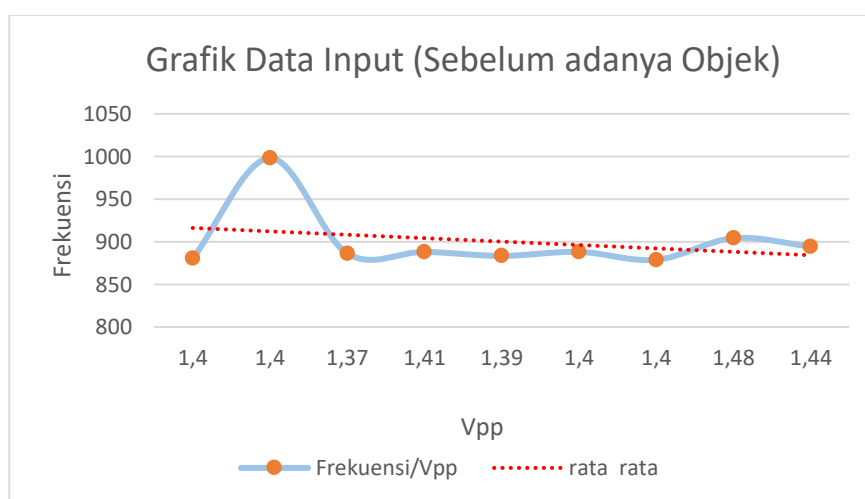
1.5. Teknik Analisis Data

Adapun Teknik Analisis Data yaitu setelah rangkaian *metal detector* dibuat selanjutnya rangkaian dihubungkan dengan osiloskop digital untuk mengukur nilai frekuensi dalam satuan Hz, tegangan V_{pp} , tegangan maksimum dan tegangan minimumnya dalam satuan Volt. Di mana bentuk data yang diambil adalah data *input* dan data *output* kemudian, variabel data yang diambil divariasikan menjadi dua bentuk data yakni data *input* dan data *output* sebelum adanya objek dan data *input* dan data *output* setelah adanya objek.

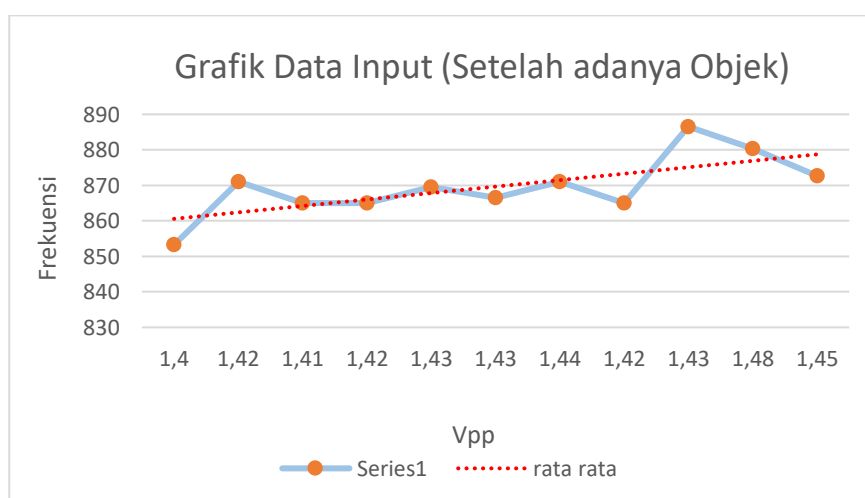
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari persamaan (1) dapat ditentukan besar nilai kapasitor yang dihasilkan dan dari persamaan (2), dapat ditentukan besar nilai frekuensi yang dihasilkan. Di mana alat pendeteksi logam ini mengukur jenis bahan logam berat yang terbuat dari besi kemudian dilakukan pengukuran frekuensi dan V_{pp} .

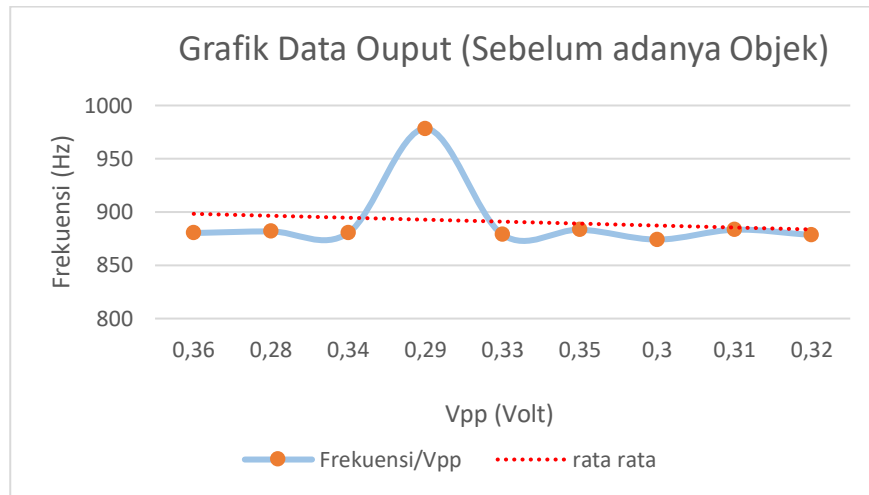
Kemudian dari data yang diperoleh dan berdasarkan persamaan (2) dibentuklah grafik seperti diperlihatkan pada Gambar 5 sampai dengan Gambar 8.



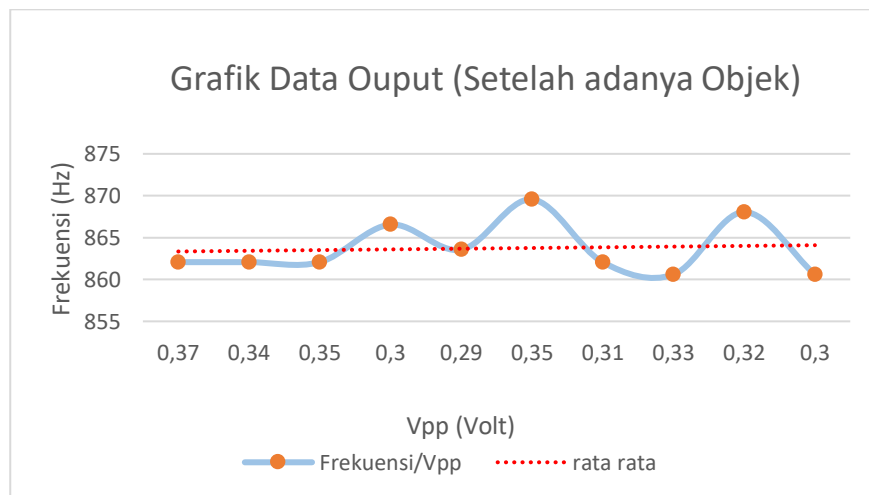
Gambar 5. Grafik hubungan antara nilai frekuensi dan nilai tegangan V_{pp} pada data *input* sebelum adanya objek



Gambar 6. Grafik hubungan antara nilai frekuensi dan nilai tegangan V_{pp} pada data *input* setelah adanya objek



Gambar 7. Grafik hubungan antara nilai frekuensi dan nilai tegangan Vpp pada data ouput sebelum adanya objek



Gambar 8. Grafik hubungan antara nilai frekuensi dan nilai tegangan Vpp pada data ouput setelah adanya objek

Gambar 5 sampai dengan Gambar 8 memperlihatkan grafik kaitan antara frekuensi dan nilai tegangan Vpp terhadap data *input* dan data *output* sebelum dan sesudah adanya objek. Keempat grafik tersebut, yaitu pada Gambar 5 sampai dengan 8, merupakan hasil dari plot data frekuensi dan Vpp. Namun, di mana pada Gambar 5 dan Gambar 7 merupakan hasil grafik *input* dan *output* sebelum adanya objek sedangkan Gambar 6 dan Gambar 8 merupakan hasil grafik *input* dan *output* setelah adanya objek.

Penyebab nilai ukur frekuensi dan tegangan Vpp nya berbeda pada data *input* dan data *output* setelah adanya objek diduga akibat tidak stabilnya kuat medan magnet yang dibangkitkan sehingga sinyal *output* akan menurun pada saat beban yang paling bersifat logam karena *output*nya jadi terbebani dan sinyalnya menjadi kecil maka frekunsinya tidak stabil bahkan mengalami penurunan yang sangat drastis. Adapun dari penelitian yang dilakukan, bunyi yang dihasilkan dari alat pendeteksi logam sangat spesifik sekali berbeda setelah diberikan beban di mana bunyi yang dihasilkan perlahan mengecil namun, ketika alat dijauhkan dari beban maka bunyinya akan membesar. Dari hasil penelitian yang dilakukan penulis membandingkan nilai frekuensi yang dihasilkan dengan menggunakan alat yang berupa osiloskop digital dengan

perhitungan secara manual menggunakan persamaan (2) nilai frekuensi yang dihasilkan dengan cara perhitungan manual tidak jauh berbeda dengan nilai frekuensi yang dihasilkan dari alat osiloskop digital.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Bentuk perancangan alat dengan metode BFO yaitu dengan menggunakan kapasitor dengan nilai kapasitansi kapasitor sebesar 8 μf dan 10 μf , lilitan induktansi sebanyak 300 lilitan dengan nilai induktansinya sebesar 10,92 MH dengan sumber tegangan sebesar 9 Volt dihasilkan bunyi yang sensitifitas pada jarak tertentu dari jarak 3 cm sampai dengan 7 cm sehingga alat ini dapat berfungsi dengan baik.
2. Prinsip kerja dari rangkaian *metal detector* dengan metode BFO sebagai alat pendeteksi logam ialah dengan mendekatkan kumparan selonoida ke benda yang berbahan logam besi sehingga nilai frekuensi akan berubah menjadi lebih besar sedangkan nilai induktansinya menjadi kecil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Kepala Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi yang telah memberikan izin penggunaan fasilitas laboratorium sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Juga, ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada saudara Achmad Reyhan Fadil, Awal dan Mulyadi yang telah meluangkan waktu dan tenaga menemani penulis selama pengambilan data dan pengolahannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. D. Pratiwi, "Rancang Bangun Deteksi Jalur Pipa Tergendam Menggunakan Mobile Robot dengan Metal Detector," *Jurnal Teknik ITS Vol.6. No.1 Tahun 2017*, vol. 6, pp. 174-179, 2017.
- [2] A. F. Walidaya, *Prototype Robot Detektor Logam Bawah Air Menggunakan Sensor MD3003B1*, Palembang: Program Studi Teknik Elektro. Politeknik Negeri Sriwijaya, 2017.
- [3] S. d. A. Rochman, "Pendeteksi Logam Untuk Industri Makanan Berbasis PLC," *Jurnal Teknik Waktu. Vol.09. No. 01 Tahun 2011*, vol. 09, 2011.
- [4] Halliday, *Fisika Edisi ke 3 Jilid 2*, Jakarta : Erlangga, 1992.
- [5] W. H. J. A. B. Hayt, *Engineering Electromagnetics Eighth Edition*, New York: The McGraw-Hill Companies, Inc, 2012.
- [6] A. Bachri, "Simulasi Karakteristik Inverter IC 555," *Jurnal Teknika Vol. 5 No.1 Maret 2013*, vol. 5, pp. 430-434, 2013.
- [7] Pujiono, *Rangkaian Listrik. The First Step to Electrical World*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November, 2011.
- [8] D. C. Giancoli, *Fisika Edisi ke 5*, Jakarta: Erlangga, 2001.
- [9] J. Wahyudi, "Desain dan Karakterisasi Penggunaan Sensor Efek Hall UGN3503 untuk Mengukur Arus Listrik pada Kumparan Leybold p6271 Secara Non Destruktif," *Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung Vol.01, No.02, Juli 2013*, vol. 02, 2013.

- [10] G. A. D. N. P. Cividjian, "Inductance of Cylindrical Coil. Serbian Journal," 2004.
- [11] S. A. d. Wibowo, Detektor Logam Menggunakan Sensor Induktif Dengan Metode Beat Frequency Oscillator, Teknik Telekomunikasi Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom, 2008.
- [12] H. Widyasari, "Penentuan Permeabilitas Relatif Isotonik dengan menggunakan LOGGER PRO 3.8.3," *Universitas Ahmad Dahlan. Yogyakarta. ISSN: 0853-0823*, 2012.
- [13] A. Rinaldi, "Implementation of Wireless Sensor Network (WSN) to calculate air pollution index of Samarinda City," *IOP Conf. Series: Journal of Physics*, vol. 55, no. 5, pp. 15-25, 2019.