

Pengembangan Sensor Pendeteksi Ranjau Bawah Air pada Sistem Remotely Operated Underwater Vehicle

Ronny Mardiyanto, Kresna Tri Jayanto Siswadi, Heri Suryoatmojo

Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, Indonesia

ronny@elect-eng.its.ac.id

Abstract— Sensor for detecting underwater mines is a sensor adopted metal detector principal that is used for searching the location of underwater mines equipped on Remotely Operated Underwater Vehicle (ROV) System. Such system is needed by Indonesian Navy to search the location of underwater mines where the location is difficult to be reached. The research design and realize a metal detector sensor by implementing the inductance principal. The location of underwater mines that can be detected by using metal detector sensor. Our metal detector sensor is made from two coils (transmitter and receiver). The coil is given 5.5 KHz signal that act as the transmitter. Another coil with phase angle difference detector circuit is for receiving the transmitted signal. The design of coils use concentric model that the placement of transmitter is in the outside and the placement of receiver is in the inside. The realization result shows that our sensor can detect the metal up to 15 Cm.

Keywords; Metal Detector, Underwater Robot; Underwater mines; Induktance.

Abstrak— Sensor pendeteksi ranjau bawah air adalah sebuah sensor yang menggunakan prinsip pendeteksi logam yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan ranjau didalam air yang dipasang pada sistem Remotely Operated Underwater Vehicle (ROV). Sistem ini diperlukan untuk mendeteksi ranjau ranjau bawah air yang sulit untuk dideteksi yang dikarenakan oleh posisi atau tempat yang sangat sulit. Juga sistem ini sangat diperlukan sebagai sarana pertahanan bawah air pada Tentara Nasional Indonesia Angkatan Laut. Penelitian ini membuat sensor dengan menggunakan prinsip induktansi. Keberadaan ranjau laut yang pada bersifat logam dideteksi dengan sebuah kumparan yang diberikan sinyal 5.5 KHz yang berperan sebagai rangkaian pemancar dan sebuah kumparan lain yang dilengkapi dengan rangkaian pendeteksi perbedaan sudut fasa dan filter pasif yang berperan sebagai rangkaian penerima. Kumparan yang digunakan menggunakan desain concentric dimana kumparan pemancar berada di luar sedangkan kumparan penerima berada di dalam kumparan pemancar. Hasil yang dapat dicapai oleh sensor yang kami buat adalah dapat mendeteksi logam hingga jarak 15 Cm.

Kata Kunci; Deteksi Logam; Underwater Robot; Ranjau Air; Induktansi.

I. PENDAHULUAN

Bom dan ranjau adalah benda berbahaya yang dapat menyebabkan seorang meninggal ataupun luka berat. Meskipun saat ini dunia relatif aman, teknologi pendeteksi bom dan ranjau masih terus ditingkatkan, terutama untuk membantu Tentara Nasional Indonesia, Angkatan Laut.

TNI- AL sendiri memiliki satuan yang disebut dengan Satuan Ranjau yang bertugas untuk mendeteksi sekaligus membersihkan ranjau dilaut.

Hingga saat ini, kita sering sekali mendengar berita terjadinya bom bunuh diri maupun meledaknya sebuah ranjau di daerah yang rawan konflik. Selain akibat kondisi peperangan, terorisme sering sekali juga menjadi penyebab terjadinya hal ini. Beberapa kejadian teror yang terjadi adalah sebagai berikut [1].

- 1985, Bom meledak di Candi Borobudur.
- 2000, Bom meledak di kedubes filipina (sebuah bom mobil yang berada di depan rumah duta besar filipina meledak menewaskan 2 orang dan 21 orang lainnya terluka.
- 2001, Bom gereja Santa Anna yang menewaskan 5 orang.
- 2002, Bom tahun baru yang menewaskan satu orang.
- 2003, Bom di komplek mabes Polri.
- 2004, Bom Palopo yang mengakibatkan 4 orang meninggal.
- 2005, Bom ambon.
- 2009, Bom JW Marriott dan Ritz Carlton
- 2017, Bom di Kampung Melayu yang menewaskan 4 orang.

Akibat banyaknya kejadian terorisme di Indonesia, maka pada penelitian ini kami membuat sebuah Sistem Remotely Operated Underwater Vehicle yang dilengkapi dengan Sensor Pendeteksi Ranjau Bawah Air. Beberapa masalah yang dirumuskan didalam makalah ini adalah bagaimana rancangan sensor pendeteksi logam yang dapat digunakan untuk aplikasi robot bawah air. Tujuan dari sistem ini adalah untuk menghasilkan sebuah sistem robot bawa air yang mampu mendeteksi ranjau laut dan kemudian dapat membersihkan sebuah area dari bahaya ranjau laut. Pada makalah ini kami hanya fokus pada perancangan sensor pendeteksi logam dengan menggunakan dua buah kumparan yang berfungsi sebagai pemancar dan penerima.

II. STUDI PUSTAKA

Pendeteksi logam bukan sebuah hal yang baru. Berbagai produk dipasaran sudah banyak sekali beredar dengan berbagai macam merk dan tipe. Pada ref [2] menyediakan berbagai macam keperluan tentang alat pendeteksi logam yang khususnya dipergunakan untuk hobi, keamanan, dan industri.

Pada makalah ini, kami lebih fokus pada pendeteksi logam yang akan digunakan untuk mencari keberadaan ranjau laut dan benda berbahaya lainnya terutama yang terbuat dari logam.

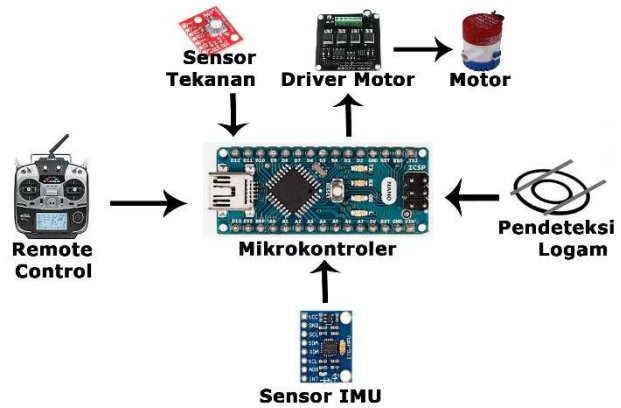
Beberapa penelitian tentang robot yang dilengkapi dengan pendeteksi logam adalah [3], [4], dan [5]. Pada ref [3] merancang sebuah robot yang dilengkapi dengan pendeteksi logam dengan rancangan penggerak menggunakan prinsip *differential drive* dan dengan kendali *remote control*. Pada ref [4] dan [5], mereka membuat robot yang dilengkapi dengan pendeteksi logam dengan menggunakan tipe *Very Low Frequency (VLF)*. Sistem ini membaca berbagai logam dengan menggunakan beda fase antara kumparan pemancar dan penerima.

Prinsip untuk mendeteksi logam sudah dikelompokkan menjadi beberapa jenis sebagai berikut [6].

1. *Beat Frequency Oscillator (BFO)*, menggunakan dua kumparan (kumparan besar pada kepala dan kumparan kecil pada kotak kendali). Kedua kumparan tersebut diberikan sinyal 100 KHz atau lebih hingga terdapat *offset* antara kedua kumparan tersebut.
2. *Pulse Induction (PI)*, hanya memiliki satu kumparan yang berperan ganda (sebagai pemancar dan penerima). Sinyal yang diberikan pada kumparan ini adalah sekitar 100 Hz.
3. *Very Low Frequency (VLF)*, menggunakan dua kumparan yang berfungsi sebagai pemancar dan penerima. Kumparan yang berada di lingkaran luar berperan sebagai pemancar dan diberikan arus bolak balik dengan frekuensi 3-30 KHz. Kumparan yang lain berfungsi sebagai penerima.

III. SENSOR YANG DIKEMBANGKAN

Sistem keseluruhan yang kami rancang ditunjukkan pada gambar Gambar 1. Secara keseluruhan sistem dikendalikan oleh sebuah mikrokontroler (Arduino Nano). Mikrokontroler menerima data perintah dari remote kontrol dengan memanfaatkan Pulse Position Modulation, kelebihan dari penggunaan jenis sinyal ini adalah dapat mengirimkan banyak perintah hanya dengan menggunakan satu jalur saja. Perintah yang dikirimkan oleh remote kontrol digunakan untuk mengendalikan ROV untuk bergerak naik, turun, maju, mundur, dan keperluan lainnya. Remote kontrol yang kami gunakan adalah Futaba 14SG yang dapat mengirimkan sebanyak 14 kanal perintah. Mikrokontroler juga menerima data kedalaman yang diberikan oleh sensor tekanan. Besarnya tekanan didalam air dikonversikan kedalam bentuk level kedalaman, sehingga ROV dapat diatur secara otomatis tingkat kedalamannya. Juga, IMU sensor digunakan untuk membuat ROV stabil didalam air. Kendali yang digunakan untuk membuat ROV tetap stabil dan berada dikedalaman tertentu adalah kontrol Proporsional, Integral, dan Derivative (PID). Driver motor sejumlah empat buah digunakan untuk menggerakkan motor DC berdasarkan kendali dari mikrokontroler.



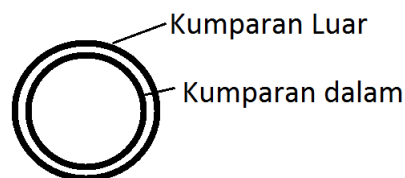
Gambar 1 Sistem lengkap yang dirancang

Pada makalah ini, kami fokus hanya pada perancangan pendeteksi logam yang akan dipergunakan pada sistem ROV pendeteksi ranjau laut.

Rangkaian pendeteksi logam yang kami rancang terdiri atas beberapa bagian antara lain sebagai berikut.

Desain Kumparan

Sensor yang kami rancang menggunakan desain kumparan model konsentris dimana sensor terdiri dari dua kumparan: (1) kumparan pemancar dan (2) kumparan penerima. Kedua kumparan memiliki arah lilitan yang sama. Tipe kawat yang digunakan untuk kumparan pemancar adalah AWG 28 dan AWG 30 untuk kumparan penerima. Sensor yang kami rancang mengadopsi model yang dikembangkan oleh Ref [7]. Pemasangan kumparan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Kumparan Pemancar dan Penerima

Besarnya diameter kumparan pemancar adalah dua kali besarnya kumparan penerima. Perbandingan banyaknya lilitan antara pemancar dan penerima adalah 4:1. Sensor yang kami rancang menggunakan data sebagai berikut.

Diameter:

Pemancar = 25 Cm

Penerima = 16 Cm

Banyaknya lilitan:

Pemancar = 56

Penerima = 146

Nilai induktansi yang kami gunakan adalah menggunakan rumus lilitan berlapis – lapis berinti udara seperti yang ditunjukkan pada persamaan (1) [8].

$$L = \frac{0.8r^2N^2}{6r + 9l + 10d} \tag{1}$$

Dimana,

- L = induktansi (μH)
- r = rerata jari-jari lilitan (in)
- l = panjang lilitan (in)
- N = jumlah lilitan
- d = tebal lilitan (in)

Nilai induktansi kumparan pemancar adalah:

$$L = \frac{0,8 \times 4,92^2 \times 56^2}{6 \times 4,92 + 9 \times 4512 + 10 \times 0,11}$$

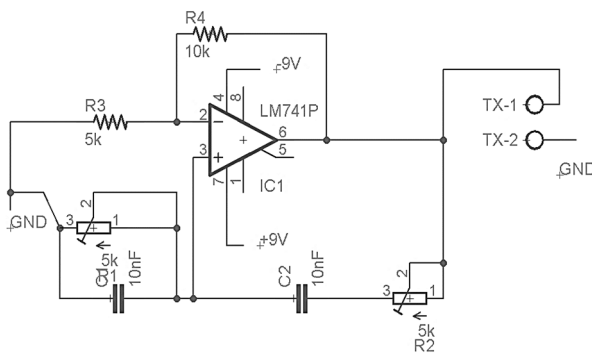
$$L_{tx} = 9421 \mu\text{H} = 9,421 \text{mH}$$

Nilai induktansi kumparan penerima adalah:

$$L = \frac{0,8 \times 3,149^2 \times 146^2}{6 \times 3,14 + 9 \times 2887 + 10 \times 0,22}$$

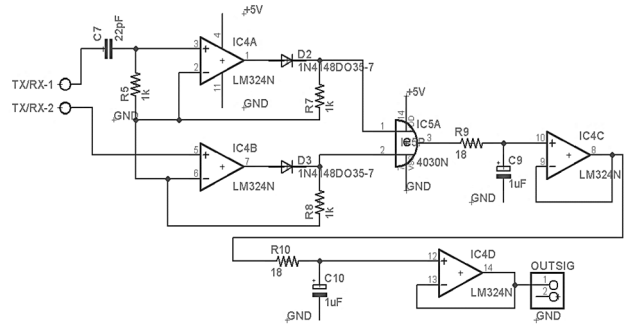
$$L_{rx} = 2487 \mu\text{H} = 2,487 \text{mH}$$

Selanjutnya kumparan pemancar akan diberikan sinyal dengan frekuensi 5,5 KHz yang dihasilkan oleh sebuah osilator *wien bridge*. Rangkaian osilator yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Osilator 5,5 KHz

Selanjutnya setelah sinyal diberikan ke kumparan pemancar, digunakan rangkaian pendeteksi fase untuk mendeteksi fase antara sinyal osilator dan sinyal yang diterima. Tahap pertama mengubah sinyal sinusoidal menjadi sinyal gelombang digital persegi. Pada output tersebut dioda digunakan untuk rectifier yang nantinya dibandingkan antara hasil fase kumparan pemancar dan kumparan penerima. gerbang XOR digunakan untuk menemukan perbedaan fase. Jika perbedaan fasa dari sinyal input menurun, tegangan rata-rata dari sinyal output juga menurun. Jika perbedaan fase input sinyal meningkat, tegangan rata-rata dari sinyal output juga meningkat. Kemudian, untuk mendapatkan tegangan rata - rata masuk ke dua tahap low pass filter yang digunakan untuk mengkonversi perbedaan fase pulsa ke tingkat tegangan DC. Dua Filter ini memiliki frekuensi *cutoff* sekitar 10 Hz. Rangkaian pendeteksi fase yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Rangkaian Pendeteksi Fase

Pada pin TX/RX-1 adalah input dari kumparan pemancar dan TX/RX-2 adalah input kumparan penerima. Lalu di buffer dan dibandingkan hasil fase di XOR. Kemudian hasilnya difilter dan dibuffer lagi dua kali dan masuk ke mikrokontroler sebagai input ADC.

IV. PENGUJIAN

Sensor yang telah kami rancang selanjutnya diuji kemampuannya dalam mendeteksi keberadaan logam. Tetapi sebelumnya juga kami lakukan pengujian terhadap beberapa peralatan pendukung.

Pengujian Induktansi

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur nilai induktansi yang dibuat apakah sudah sesuai dengan yang dirancang. Kami menggunakan LC meter untuk mengukur kumparan yang telah kami buat dan hasilnya adalah sebagai berikut.

Induktansi kumparan pemancar = 2,587mH

Induktansi kumparan penerima = 9,4mH

Pengujian Sensor untuk Mendeteksi Logam

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kemampuan sensor secara keseluruhan dalam mendeteksi keberadaan sebuah logam dengan jarak yang berbeda beda. Selain logam, kami juga telah menguji sensor yang kami buat apakah terpengaruh terhadap bahan-bahan yang bukan logam. Hasil pengujian sensor untuk mendeteksi logam ditunjukkan pada Tabel 1. Pada hasil ini terlihat bahwa semakin dekat jarak logam terhadap sensor maka tegangan yang terukur pada kumparan penerima akan semakin besar. Jika kita menggunakan nilai ambang batas sebesar 1,61 Volt maka sensor dapat mendeteksi logam pada jarak 15 Cm.

Tabel 1 Pengujian Sensor Untuk Mendeteksi Logam

Jenis	Tegangan pada Kumparan Penerima (Volt)				
	1 Cm	4 Cm	7 Cm	15 Cm	>15 Cm
Kayu	1,618	1,618	1,618	1,617	1,616
Aluminium	1,948	1,702	1,634	1,618	1,616
Tembaga	1,900	1,699	1,640	1,627	1,626

V. KESIMPULAN

Sensor yang kami rancang untuk mendeteksi logam yang dipasang pada sistem ROV sudah berhasil kami realisasikan. Sensor tersebut dapat mendeteksi logam pada jarak minimal 15 Cm. Benda yang dapat dideteksi adalah tembaga, aluminium, dan besi. Sedangkan untuk benda non logam seperti kayu tidak akan terdeteksi oleh sensor yang kami rancang. Dengan mengimplementasikan sensor ini pada sistem ROV maka dapat membantu kesatuan ranjau TNI AL dalam menjalankan tugasnya.

REFERENCES

- [1] "Wikipedia," [Online]. Available: id.m.wikipedia.org/wiki/terorisme_di_indonesia. [Accessed 02 06 2017].
- [2] "Metal detector," [Online]. Available: <https://www.metaldetector.com/>. [Accessed 02 06 2017].
- [3] B. J, "AUTOMATIC LAND MINE DETECTION AND SWEEPER ROBOT USING MICROCONTROLLER," in *Thiruvallur*, Department of Electronics and Communication Engineering, 2015.
- [4] M. S. S. a. M. I. Sharawi, "Design and implementation of a low cost VLF metal detector with metal type discrimination capabilities," in *IEEE international conference on Signal Processing and Communications (ICSPC- 2007)*, 2007.
- [5] M. M. M. H. M. T. Yin Min Theint, "Metal Detector By Using PIC Microcontroller Interfacing With PC," *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH*, vol. 4, no. 6, 2015.
- [6] "Wikipedi," [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Metal_detector. [Accessed 2 6 2017].
- [7] R. Abbaspour, "Design and Implementation of Multi-sensor Based Autonomous Minesweeping Robot," in *International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops*, 2010.
- [8] "Wikipedia," [Online]. Available: <https://id.wikipedia.org/wiki/Induktor>. [Accessed 1 6 2017].