

RANCANG BANGUN SENSOR TEKANAN BERBASIS KOIL DATAR UNTUK MENGUKUR TEKANAN HIDROSTATIS AIR BENDUNGAN RAWAN BANJIR DI WILAYAH LOMBOK NUSA TENGGARA BARAT

Islahudin^{1*}, Fatoni Riadi^{2*}, Rosdaniah³, Yustina Yuyun⁴

¹Dosen (Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Muhammadiyah Mataram)

²Mahasiswa (Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Muhammadiyah Mataram)

³Mahasiswa (Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Muhammadiyah Mataram)

⁴Mahasiswa (Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Muhammadiyah Mataram)

Corresponding author :

E-mail : (islahudin.ntb@gmail.com)

Diterima 9 Mei 2019, Disetujui 15 Mei 2019

ABSTRAK

Penelitian ini tentang rancang bangun sensor tekanan berbasis koil datar untuk mengukur tekanan hidrostatik air bendungan rawan banjir di wilayah Lombok Nusa Tenggara Barat. Adapun tujuan khusus dari penelitian ini adalah 1) membuat rangkaian pengolah sinyal dari sensor tekanan berbasis koil datar, 2) menentukan besarnya tekanan hidrostatik pada beberapa kedalaman air di bendungan rawan banjir. Jenis penelitian ini adalah eksperimen. Metode penelitian meliputi tahapan yaitu desain elemen sensor koil datar, desain kalibrasi jarak, merancang koil datar, merancang rangkaian digital dan pengiriman data. Variabel yang diukur adalah tegangan keluaran sensor getaran koil datar. Jarak logam pengganggu terhadap koil datar akan berubah setelah perumahan sensor dicelupkan ke dalam air dengan kedalaman h . Semakin besar kedalaman h maka logam pengganggu akan semakin mendekati elemen koil datar. Sensor koil datar diukur responnya terhadap perubahan jarak dari logam pengganggu, kemudian dicatat hasilnya dan dianalisis menggunakan analisis *regresi linier* pada Ms. Excel. Berdasarkan hasil analisis data diperoleh hasil berupa persamaan V_{out} dan P_H yaitu $V_{out} = 0.000P_H - 60.60$. Persamaan ini merupakan persamaan akhir yang menyatakan hubungan linier antara V_{out} dan P_H . Artinya jika kedalaman diubah-ubah secara sembarang maka setiap saat akan diketahui juga nilai tekanan hidrostatik yang ditandai dengan adanya perubahan tegangan keluaran pada sensor.

Kata kunci: sensor, tekanan, hidrostatik, koil datar, banjir.

ABSTRACT

This research is about the design of flat coil-based pressure sensors to measure hydrostatic pressure of flood-prone water in the Lombok region of West Nusa Tenggara. The purpose of this study is 1) to make a signal processing circuit from a flat coil based pressure sensor, 2) to determine the amount of hydrostatic pressure at some depth of water in a flood-prone dam. This type of research is an experiment. The research methods include stages namely the design of flat coil sensor elements, distance calibration design, flat coil design, digital circuit design and data transmission. The measured variable is the flat coil vibration sensor output voltage. The distance of the metal to the flat coil will change after the sensor housing is immersed in water with depth h . The greater the depth of h , the more metal will approach the flat coil element. The flat coil sensor is measured in response to changes in distance from the metal, then the results are recorded and analyzed using linear regression analysis on Ms. Excel. Based on the results of data analysis, the results are in the form of V_{out} and P_H equations, namely $V_{out} = 0.000P_H - 60.60$. This equation is the final equation which states the linear relationship between V_{out} and P_H . This means that if the depth is changed arbitrarily, at any time it will be known also the value of the hydrostatic pressure which is indicated by the change in the output voltage on the sensor.

Keywords: sensor, pressure, hydrostatic, flat coil, flood

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan dengan tingkat curah hujan yang tinggi setiap tahun. Tingginya curah hujan ini mengakibatkan wilayah Indonesia hampir 90% merupakan wilayah yang sangat subur. Namun di sisi lain,

tingginya curah hujan tersebut juga menyebabkan terjadinya beberapa bencana di beberapa wilayah. Bencana yang sering terjadi pada saat musim hujan datang yaitu tanah longsor dan banjir.

Tanah longsor terjadi akibat penebangan hutan yang berlebihan pada daerah serapan air

seperti perbukitan dan pegunungan sehingga pada saat terjadi hujan, air hujan sebagian besar mengalir melalui permukaan tanah. Hal ini mengakibatkan material tanah akan ikut hanyut dan terbawa air dari daerah yang tinggi ke daerah yang rendah. Adapun bencana banjir sering terjadi karena debit air yang sudah melebihi kapasitas sungai atau bendungan. Debit air yang melebihi kapasitas jika terjadi pada sungai maka akan merendam wilayah baik yang dekat dengan sungai maupun yang jauh dari sungai. Adapun jika debit air pada bendungan sudah melebihi kapasitas maka air akan meluap di sekitar rumah warga dan bisa juga mengakibatkan tanggul penahan air pada bendungan menjadi ambles dan runtuh.

Salah satu bencana banjir akibat debit air yang melebihi kapasitas telah terjadi beberapa waktu lalu tepatnya tanggal 25 November 2017 di wilayah Kabupaten Lombok Timur dan Lombok Tengah, NTB. Banjir tersebut terjadi akibat curah hujan yang sangat tinggi yang mengakibatkan salah dinding penahan air pada bendungan Pandan Duri (terbesar di Lombok setelah bendungan Batu Jai) ambles. Amblesnya dinding ini akibat debit air sangat besar. Akibatnya air yang meluap tersebut langsung menyapu rumah warga sebanyak tiga kecamatan sekaligus sehingga merusak rumah warga dan menimbulkan beberapa korban jiwa. Oleh karena banjir tersebut telah menyebabkan kerugian materi yang sangat besar dan korban jiwa maka diharapkan bencana tersebut tidak terulang kembali.

Amblesnya tanggul penahan air baik pada sungai dan bendungan tersebut diakibatkan oleh ketidakmampuan konstruksi dinding dalam menahan tekanan hidrostatik air. Pada dasarnya, perlindungan tanggul air agar tidak ambles atau runtuh dapat dicapai jika daya tahan tekanan oleh dinding bendungan lebih besar dari tekanan hidrostatik air baik pada dinding bendungan maupun pada dasar bendungan. Salah satu cara mengetahui besarnya tekanan hidrostatik air adalah menggunakan sensor tekanan hidrostatik.

Kondisi tersebutlah yang membuat peneliti dari tim PKM Mahasiswa melakukan rancang bangun sensor tekanan berbasis koil datar untuk mengukur tekanan hidrostatik air bendungan rawan banjir di wilayah Lombok Nusa Tenggara Barat. Dengan bantuan perangkat lunak, akan diperoleh suatu alat ukur tekanan hidrostatik yang sederhana, mempunyai ketelitian tinggi dan biaya yang murah.

METODE PENELITIAN

Tekanan

Konsep tekanan sangat penting dalam mempelajari sifat fluida. Besar tekanan

didefinisikan sebagai gaya tiap satuan luas. Persamaan tekanan ditulis sebagai berikut:

$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

P = Tekanan (N/m^2)

A = Luas bidang tekan (m^2)

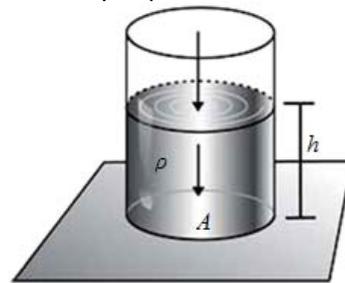
F = Gaya (N)

Satuan tekanan dalam SI adalah N/m^2 atau disebut juga *pascal*, disingkat *Pa*.

Berdasarkan perumusan di atas diperoleh bahwa tekanan berbanding terbalik dengan luas bidang tekan. Itulah sebabnya penerapan konsep tekanan dalam kehidupan sehari-hari dapat kita jumpai seperti pisau, paku, dan pasak. Alat-alat tersebut perlu di buat runcing atau tajam untuk memperoleh tekanan yang besar.

Tekanan Hidrostatik

Bejana dengan luas penampangnya A berisi zat cair yang massa jenisnya ρ setinggi h sebagaimana tampak pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Bejana dengan luas penampang A berisi zat cair setinggi h

Berat zat cair menekan alas bejana. Besarnya gaya tekan zat cair yang dialami oleh alas bejana tiap satuan luas disebut tekanan hidrostatik. Tekanan hidrostatik oleh zat cair dapat dituliskan persamaannya sebagai berikut.

$$P_H = \frac{W}{A} = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{(\rho \cdot V)g}{A} = \frac{(\rho \cdot A \cdot h)g}{A} \quad (2)$$

Keterangan:

P_H = Tekanan Hidrostatik (Pa)

ρ = Massa Jenis Fluida (kg/m^3)

g = Percepatan Gravitasi Bumi (m/s^2)

h = Kedalaman Fluida (m)

Jika pada tekanan atmosfer di permukaan zat cair itu adalah P_0 , maka tekanan total di tempat atau titik yang berada pada kedalaman h dapat ditulis sebagai berikut.

$$P_H = P_0 + \rho \cdot g \cdot h \quad (3)$$

Analisis Regresi Linier

1. Pengertian Regresi Linier

Pengertian regresi secara umum adalah sebuah alat statistik yang memberikan penjelasan tentang pola hubungan (model) antara dua variabel atau lebih. Dalam analisis regresi dikenal 2 jenis variabel yaitu:

1. Variabel Respon disebut juga variabel *dependen* yaitu variabel yang keberadaannya dipengaruhi oleh variabel lainnya dan dinotasikan dengan variabel Y.
2. Variabel Prediktor disebut juga dengan variabel *independen* yaitu variabel yang bebas (tidak dipengaruhi oleh variabel lainnya) dan dinotasikan dengan variabel X.

2. Regresi Linier Sederhana

Analisis regresi sederhana merupakan hubungan antara dua variabel yaitu variabel bebas (*variable independen*) dan variabel tak bebas (*variable dependen*). Regresi linier sederhana digunakan untuk mendapatkan hubungan matematis dalam bentuk suatu persamaan antara variabel tak bebas tunggal dengan variabel bebas tunggal. Regresi linier sederhana hanya memiliki satu peubah X yang dihubungkan dengan satu peubah tidak bebas Y. Bentuk umum dari persamaan regresi linier untuk populasi sebagai berikut.

$$Y = a + bX \quad (4)$$

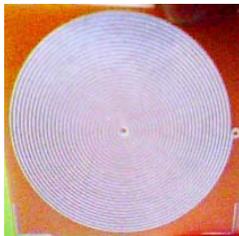
Keterangan:

- Y = Variabel Terikat
- a = Konstanta/Intercept
- X = Variabel Bebas
- b = Koefisien Regresi

Tahapan-Tahapan Penelitian

Tahap I : Desain Elemen Sensor Koil Datar

Elemen sensor koil datar terbuat dari PCB yang dibuat jalur-jalur sebanyak 30 lilitan berdiameter 3 cm dengan nilai masing-masing induktansi sebesar 7,8 μH . Gambar 2 adalah salah satu elemen koil datar.

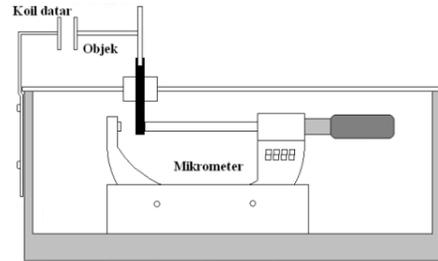


Gambar 2. Elemen koil datar

Tahap II : Desain Kalibrasi Jarak

Untuk keperluan ini, maka dibuat suatu objek yang dapat mengatur jarak massa pengganggu ke koil. Mekanik ini terdiri dari mikrometer digital yang dapat diatur perubahan jaraknya dengan ketelitian 1 μm , bantalan objek yang dapat didorong oleh mikrometer sekrup, tempat meletakkan koil datar,

dan keseluruhan bagian tersebut disatukan dengan *body*. Gambar mekanik dari sistem ini dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.

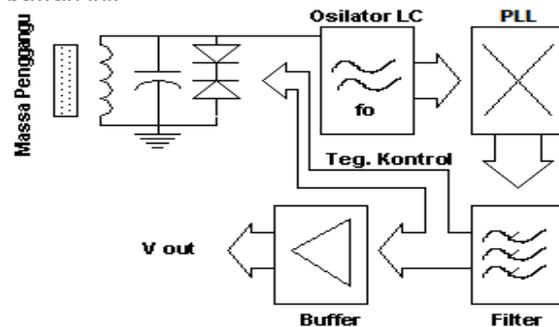


Gambar 3. Mekanik pengkalibrasi karakteristik stasis sensor

Cara kerja dari alat ini adalah dengan cara menarik atau mendorong bantalan mikrometer sehingga objek dapat menjauhi atau mendekati koil datar. Kalibrasi dilakukan dengan terlebih dahulu memberikan jarak terjauh antara objek dengan koil datar sebesar 15 mm, sehingga koil datar hanya memungkinkan mendekati objek. Jarak ini digunakan untuk menentukan daerah kerja sensor koil datar.

Tahap III : Merancang Rangkaian Pengolah Isyarat Analog Sensor Koil Datar

Rangkaian pengolah isyarat analog terdiri dari pengolah isyarat sensor, filter dan penguat diferensial. Blok diagram dari rangkaian pengolah isyarat analog ini dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Blok diagram rangkaian pengolah isyarat analog

Tahap IV: Merancang Rangkaian Digital dan Pengiriman Data

Pada tahap ini, data hasil pengukuran V_{out} berdasarkan blok diagram Gambar 4 di atas dikirim secara serial menggunakan mikrokontroler Arduino Uno ke PC (laptop) untuk direkam. Rekam data tegangan V_{out} kemudian akan dikonversi terhadap kedalaman zat cair. Pada prinsipnya, komunikasi serial ialah komunikasi dimana pengiriman data dilakukan per bit, sehingga lebih lambat dibandingkan komunikasi

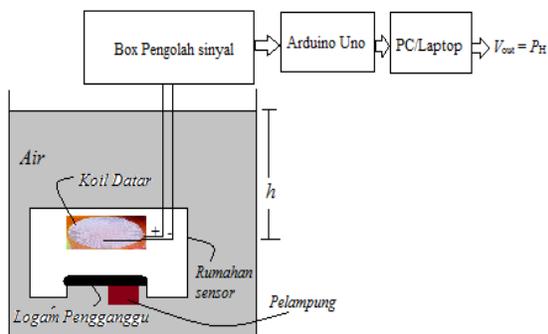
parallel seperti pada port printer yang mampu mengirim 8 bit sekaligus dalam sekali detak.

Lokasi Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Fisika Dasar Universitas Muhammadiyah Mataram dan di Bendungan Pandan Duri, Lombok Timur, NTB.

Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, variabel yang diukur adalah tegangan keluaran sensor getaran koil datar. Jarak logam pengganggu terhadap koil datar akan berubah setelah rumahan sensor dicelupkan ke dalam air dengan kedalaman h . Semakin besar kedalaman h maka logam pengganggu akan semakin mendekati elemen koil datar. Sensor koil datar diukur responnya terhadap perubahan jarak dari logam pengganggu, kemudian dicatat hasilnya dan dianalisis menggunakan analisis *regresi linier* pada Ms. Excel. Adapun diagram rancangan penelitian tampak pada Gambar 5. berikut.



Gambar 5. Blok diagram rancangan penelitian

Teknik Analisis Data

Pada penelitian yang dilakukan, data sensor berupa V_{out} selanjutnya dikonversi menggunakan regresi linier untuk menghitung nilai tekanan hidrostatik (P_H). Adapun persamaan yang akan digunakan sebagai berikut.:

$$Y = a + bX$$

Maka diperoleh,

$$V_{out}(P_H) = P_o + \rho.g.h \tag{5}$$

Keterangan:

$Y = V_{out}(P_H)$ = Keluaran sensor (volt)

$a = P_o = 1 \text{ atm}$

$X = h$ = Kedalaman Koil Datar (m)

$b = \rho.g$ = Konstanta(pascal/m)

HASIL DAN PEMBAHASAN

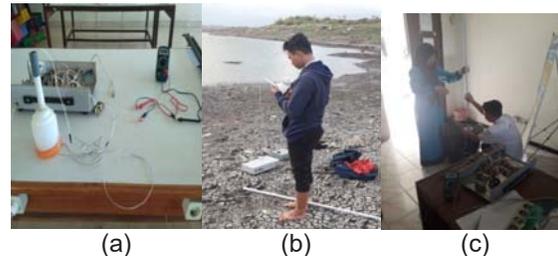
Kesesuaian Jenis Dan Jumlah Luaran Yang Dihasilkan

Adapun jenis dan target luaran yang dihasilkan adalah produk sensor tekanan hidrostatik berbasis koil datar dan publikasi jurnal

OJS ber-ISSN. Untuk produk sensor tekanan hidrostatik berbasis koil datar telah dibuat dan diuji coba baik pada skala laboratorium dan lapangan (bendungan), sedangkan untuk publikasi sudah disubmit pada jurnal ber-ISSN (ORBITA). Dengan demikian, jenis dan target luaran yang dihasilkan sudah sesuai dengan target luaran yang direncanakan.

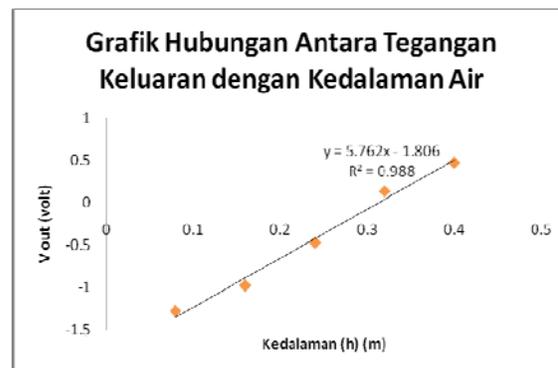
Persentase Hasil Terhadap Keseluruhan Target Kegiatan

Adapun persentase hasil terhadap keseluruhan target kegiatan adalah 90% dari produk yang dibuat dan diteliti. Produk penelitian yang dihasilkan tampak pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. (a) Sistem sensor tekanan hidrostatik; (b) pengambilan data di bendungan Pandan Duri; (c) Pengambilan data skala laboratorium

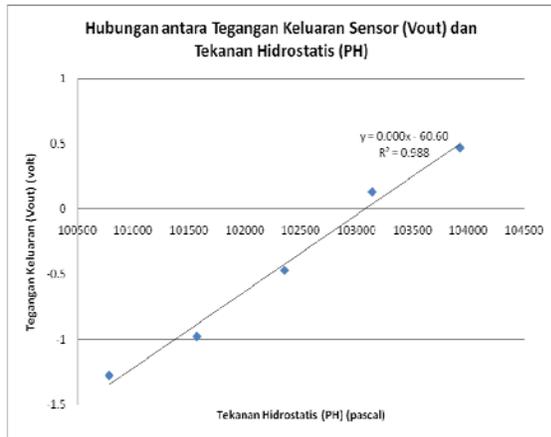
Adapun hasil pengambilan data skala laboratorium sensor tekanan hidrostatik berbasis koil datar tampak pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Tegangan Keluaran Dengan Kedalaman Air

Berdasarkan grafik pada Gambar 7 diperoleh bahwa semakin besar kedalaman air (h) semakin besar juga tegangan keluaran (V_{out}) yang dihasilkan sensor. Hal ini sesuai dengan konsep tekanan hidrostatik pada Persamaan (5) di atas yaitu tentang tekanan hidrostatik dimana V_{out} menunjukkan tekanan hidrostatik yang sebanding dengan kedalaman air. Adapun proses yang terjadi yaitu jarak logam pengganggu terhadap koil datar akan berubah jika kedalaman h berubah. Semakin besar kedalaman h maka tekanan

hidrostatik (P_H) makin besar. Akibatnya logam pengganggu akan semakin mendekati elemen koil datar sehingga V_{out} sensor semakin besar. Adapun grafik hubungan Tegangan Keluaran sensor terhadap tekanan hidrostatik tampak pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Grafik Hubungan antara Tegangan Keluaran Sensor (V_{out}) dan Tekanan Hidrostatik (P_H)

Berdasarkan Gambar 8 di atas diperoleh persamaan V_{out} dan P_H yaitu:

$$y = 0.000x - 60.60 \quad (6)$$

dengan $y = V_{out}$ dan $x = P_H$

maka Persamaan (4.1) dapat dibentuk menjadi:

$$V_{out} = 0.000P_H - 60.60 \quad (7)$$

Persamaan (7) merupakan persamaan akhir yang menyatakan hubungan linier antara V_{out} dan P_H . Artinya jika kedalaman diubah-ubah secara sembarang maka setiap saat akan diketahui juga nilai tekanan hidrostatik yang ditandai dengan adanya perubahan tegangan keluaran pada sensor.

SIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Rangkaian pengolah sinyal getaran berbasis koil datar telah dirancang dan dibuat dengan menghubungkan koil datar yang terletak pada rumahan sensor, bila rumahan sensor dicelupkan atau dimasukkan kedalam permukaan air maka kedalaman air akan berbanding lurus dengan tekanan hidrostatiknya. Rangkaian ini dapat bekerja secara maksimal dan dapat mengukur frekuensi atau daya redam suatu kayu dengan hasil yang akurat dan lebih efisien.
2. Sensor tekanan berbasis koil datar dapat digunakan untuk menentukan besarnya tekanan hidrostatik pada beberapa kedalaman air di bendungan rawan banjir. Adapun persamaan yang diperoleh dari hasil eksperimen di laboratorium adalah:

$$V_{out} = 0.000P_H - 60.60$$

Persamaan di atas merupakan persamaan akhir yang menyatakan hubungan linier antara V_{out} dan P_H . Artinya jika kedalaman diubah-ubah secara sembarang maka setiap saat akan diketahui juga nilai tekanan hidrostatik yang ditandai dengan adanya perubahan tegangan keluaran pada sensor.

Adapun saran yang dapat dikemukakan adalah sebagai berikut.

1. Perlu adanya pengembangan penelitian lebih lanjut dan menjadikan sensor ini sebagai alat pembelajaran dalam mengembangkan ilmu pengetahuan sains sehingga dapat menciptakan teknologi tepat guna berbasis sensor.
2. Peneliti mengharapkan agar pemerintah dapat menjadikan hasil penelitian ini sebagai rujukan dalam membangun bendungan agar diperhatikan nilai hidrostatiknya.
3. Peneliti juga mengharapkan kepada masyarakat agar informasi dari hasil penelitian ini bisa dijadikan sebagai pedoman dan berpikir cermat dalam rangka memonitoring (system peringatan dini) terhadap terjadinya banjir agar terhindar dari korban jiwa dan materi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Belmawa Kemenristekdikti yang telah mendanai penelitian ini melalui kegiatan Program Kreativitas Mahasiswa pada skim PKMPE (PKM Penelitian Eksakta).

DAFTAR RUJUKAN

- Fatimah, N., Islahudin, I., & Sabaryati, J. (2018). SENSOR ELASTISITAS BERBASIS KOIL DATAR UNTUK MENGHITUNG KONSTANTA ELASTISITAS BEBERAPA JENIS KAYU TIDAK AWET UNTUK BANGUNAN RUMAH SEDERHANA. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 4(1), 1-7.
- Fishbane, Paul M, et.al. 2005. *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*. New Jersey: Pearson Educational Inc.
- Hewitt, P.G. 2006. *Conceptual Physics 10th ed*. St. Petersburg: Pearson Educational Edition Microsoft Encarta Premium 2009.
- Islahudin, I., & Nizaar, M. (2017). Pengembangan Sensor Koil Datar 3-D untuk Deteksi Gempa Dini di Wilayah Lombok. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, 6(1), 84-92.
- Islahudin, I., & Fatimah, N. (2018). RANCANG BANGUN SENSOR GETARAN BERBASIS KOIL DATAR UNTUK MENGANALISIS DAYA REDAM VIBRASI BEBERAPA JENIS

KAYU TIDAK AWET UNTUK BANGUNAN RUMAH SEDERHANA. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 4(1), 21-27.

Serway, R.A & John W. Jewett. (2004). *Physics for Scientists and Engineers*. ThomsonBrooks/Cole.

Tipler, P.A. (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga.