

## Penentuan Permeabilitas Magnet Melalui Percobaan Induksi Magnet dengan Logger Lite

Sri Mugi Lestari<sup>1\*</sup>, Yusro Al Hakim<sup>2</sup>, Siska Desy Fatmaryanti<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Purworejo  
Jl. K. H. ahmad Dahlan No. 3 Purworejo, Purworejo 54111, Indonesia

\*Email: [srimgilestari71@yahoo.com](mailto:srimgilestari71@yahoo.com)

Article Info: Submitted: 23/08/2018 | Revised: 15/09/2018 | Accepted: 25/09/2018

**Intisari** - Dalam mempelajari pokok bahasan magnet konsep permeabilitas magnet  $\mu$  belum banyak dibahas secara khusus. Permeabilitas magnet yang sering dibahas adalah permeabilitas hampa udara  $\mu_0$  yang nilainya  $4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$ . Nilai permeabilitas benda-benda  $\mu$ , ternyata tidak sama dengan permeabilitas hampa. Oleh karena itu, diperlukan eksperimen dalam mempelajari magnet ini untuk memperoleh pemahaman yang memadai tentang konsep-konsep yang terkandung di dalamnya. Alat eksperimen terdiri dari probe ware berupa software Logger Lite, solenoida, power supply dan dua jenis bahan feromagnetik yaitu besi baja dan besi putih dengan panjang yang sama. Penentuan permeabilitas bahan dilakukan dengan menempatkan bahan pada solenoida memvariasi arus listrik ( $i$ ) yang mengalir pada solenoida dan mencatat medan induksi yang ditimbulkan ( $B$ ). Selanjutnya dari set data  $i$  terhadap  $B$  ini dilakukan regresi linier. Permeabilitas bahan ditentukan dari slope grafik. Nilai permeabilitas untuk ruang hampa berdasarkan hasil eksperimen adalah  $\mu_0 = (4\pi \pm 0,34) \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$ . Sedangkan untuk masing-masing bahan yang diteliti yaitu besi baja  $\mu = (8.24 \pm 0,008) \times 10^{-6}$  dan besi putih  $\mu = (1.85 \pm 0,002) \times 10^{-5}$ . Dengan eksperimen ini pemahaman konsep permeabilitas menjadi terbukti secara eksperimen.

**Kata kunci:** Permeabilitas magnet, Regresi linear, Logger lite

**Abstract** - In magnet world learning, the discussion of  $\mu$  magnetic permeability concept has not yet been addressed specifically. The magnetic permeability often discussed is the  $\mu_0$  vacuum permeability whose value is  $4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$ . In fact, the permeability value of  $\mu$  objects is not the same as the vacuum permeability. Therefore, it is necessary to conduct experiments on this in order to obtain an adequate understanding about its concepts. The experimental devices include Logger Lite devices, solenoids, computer, power supply and two types of ferromagnetic materials i.e. steel and white metal which are precisely similar in both length. The deciding of the material permeability is done by placing the materials on the solenoid varying electric current ( $i$ ) which flows in the solenoid and records the induction field produced ( $B$ ). Then, based on the data set of  $I$  towards  $B$ , it's done a linear regression. The material permeability is determined from the slope of the graph. Based on the experiment, the permeability value of vacuum results  $\mu_0 = (4\pi \pm 0,34) \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$ . Whereas, for each experimented material it shows that the steel is  $\mu = (8.24 \pm 0,008) \times 10^{-6} \text{ Tm/A}$  and the white metal is  $\mu = (1.85 \pm 0,002) \times 10^{-5} \text{ Tm/A}$ . Based on the experiment, it's obvious that permeability concept seems experimentally proven.

**Keywords:** Magnet permeability, Linear regression, Logger lite

### 1. PENDAHULUAN

Magnet sebagai bagian pokok bahasan fisika merupakan komponen yang banyak dimanfaatkan banyak orang dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan magnet sangat penting terutama dalam rangkaian proses energi. Melalui medan magnet

bentuk energi listrik dapat berubah menjadi energi gerak yang sering disebut motor dan sebaliknya energi gerak dapat diubah menjadi energi listrik yang sering disebut generator. Alat-alat elektronika seperti televisi, penguat suara, komputer dan bel

listrik juga menggunakan prinsip kemagnetan. Dengan demikian, medan magnet sesungguhnya menjadi dasar perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Medan magnet merupakan bidang kajian yang penting untuk dipelajari. Namun keabstrakan yang dimiliki medan magnetik dan pembelajaran yang disampaikan secara teoritis sering kali menyebabkan materi ini sulit dipahami oleh sebagian siswa [1].

Konsep permeabilitas  $\mu$  masih sangat abstrak dipelajari. Banyak buku fisika yang belum membahas secara khusus tentang permeabilitas  $\mu$ . Sehingga peneliti ber inisiatif untuk merancang alat penentu permeabilitas magnet. Penggunaan media pembelajaran merupakan salah satu alternatif strategi agar proses pembelajaran lebih efektif, memberikan pengalaman belajar secara nyata, dan melibatkan siswa sebagai subjek dalam proses pembelajaran [1]. Sebagai upaya untuk memenuhi kekurangan sumber belajar bagi guru dan siswa, terutama kesulitan siswa dalam memahami konsep elektromagnetik, dikembangkan media pembelajaran berupa alat peraga elektromagnetik agar proses belajar siswa menjadi lebih mudah, efektif, dan menarik [2].

Medan magnet dihasilkan oleh pergerakan muatan listrik. Kekuatan medan magnet tergantung pada permeabilitas material dalam magnet. Bahan berbeda yang digunakan sebagai magnet juga akan memiliki permeabilitas yang berbeda. Berdasarkan sifat magnetik, bahan magnetik diklasifikasikan menjadi tiga jenis, seperti feromagnetik yang dapat ditarik kuat oleh magnetisme, diamagnetik yang tidak dapat ditarik oleh magnetisme, dan paramagnetik yang tertarik lemah oleh magnetisme. Semakin banyak fluks magnet yang dihasilkan oleh suatu material, semakin tinggi tegangan yang akan dihasilkan serta medan magnet [3].

Tesis ini akan membahas hubungan antara tegangan yang dihasilkan oleh generator magnet permanen dan fluks yang dihasilkan oleh bahan magnetik dengan permeabilitas yang berbeda. Tegangan optimal diperoleh dengan perhitungan dengan celah udara sebagai variabel, dan akan dijelaskan dalam tabel dan kurva hubungan antara tegangan dan permeabilitas. Adapun untuk mencapai tegangan dan kepadatan fluks yang berkualitas, dipilih berdasarkan permeabilitas bahan magnetik [3].

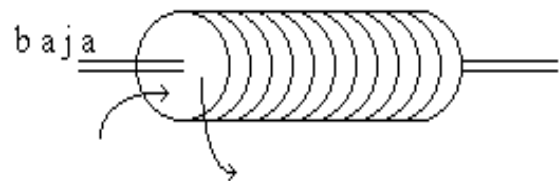
## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Pembelajaran Fisika

Hakekat fisika adalah sama dengan hakekat sains, hakekat sains diantaranya adalah fisika sebagai kumpulan ilmu pengetahuan (*a body of knowledge*), fisika sebagai cara penyelidikan (*a way of investigating*), dan fisika sebagai cara berpikir (*a way of thinking*) [4].

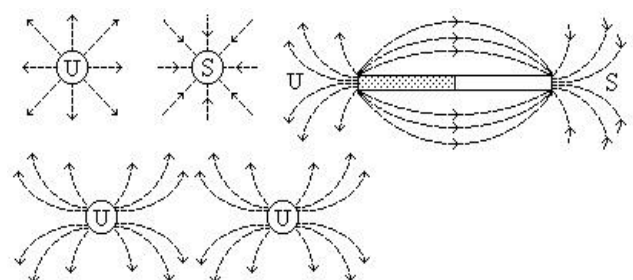
### 2.2 Kemagnetan

Benda yang dapat menarik logam-logam tertentu disebut magnet. Macam-macam magnet antara lain magnet batang, magnet ladam dan magnet jarum. Magnet dapat diperoleh dengan cara buatan seperti pada Gambar 1 [5].



**Gambar 1.** Magnetisasi baja oleh arus listrik

Jika baja digosok dengan sebuah magnet dengan menggosokkannya dalam arah yang tetap, maka baja itu akan menjadi magnet. Baja atau besi dapat pula dimagnetisasi oleh arus listrik sebagaimana pada gambar 1. Baja atau besi itu dimasukkan ke dalam kumparan kawat, kemudian ke dalam kumparan kawat dialiri arus listrik yang searah. Medan magnet dikatakan ada dalam suatu ruang, jika muatan listrik yang bergerak dalam ruang tersebut mengalami gaya tertentu (gaya bukan gesekan) selama muatan itu bergerak ditunjukkan pada Gambar 2. Muatan yang bergerak melalui medan magnet mengalami gaya yang disebabkan oleh medan tersebut, dengan syarat vektor [6].



**Gambar 2.** Pola garis khayal magnet

Garis gaya magnetik merupakan garis khayal lintasan kutub utara magnet-magnet kecil apabila dapat bergerak dengan bebas. Garis gaya magnet selalu memancar dari kutub utara ke kutub selatan dan tidak pernah memotong. Penentuan besarnya induksi magnetik di pusat kumparan solenoida yang panjangnya  $l$  dan jumlah lilitan  $N$  pada Persamaan 1[6].

$$B = \frac{\mu_0 N i}{l} \tag{1}$$

Sedangkan besar induksi magnetik di ujung solenoida ditunjukkan pada Persamaan 2.

$$B = \frac{\mu_0 N i}{2l} \tag{2}$$

Dari persamaan (7) nilai permeabilitas ruang hampa dapat ditentukan dengan Persamaan 3.

$$\mu_0 = 2 \frac{Bl}{iN} \tag{3}$$

### 2.3 Bahan Ferromagnetik

Ferromagnetik adalah bahan-bahan yang dapat ditarik oleh magnet atau peka terhadap magnet (Didik, 2007:26). Sedangkan menurut Tipler (1991; 333) bahan ferromagnetik merupakan bahan yang memiliki nilai suspensibilitas magnetik  $\chi_m$  positif, yang sangat tinggi. Bahan ferromagnetik baja pada dasarnya mempunyai komposisi besi (Fe) dengan tambahan unsur karbon (C) sampai dengan 1,67%. Bila kadar unsur karbon lebih dari 1,67% maka material tersebut biasanya disebut sebagai besi cor. Semakin tinggi kadar karbon dalam baja akan mengakibatkan baja tersebut sukar dilas, semakin berkurang kuat leleh maka kuat tariknya akan naik. Bahan ferromagnetik ini kaya akan kandungan momen-momen dipol magnet. Momen dipol magnet berasal dari gerak orbit dan gerak spin elektron-elektron yang tidak berpasangan (elektron bebas, *free electrons*) pada bahan [7].

Jika bahan ferromagnetik dipaparkan dibawah pengaruh medan magnet luar, maka momen-momen dipol magnet tersebut cenderung mensearahkan diri dengan arah medan magnet luar.

Dalam beberapa kasus, penyearahan ini dapat bertahan sekalipun medan pemagnetannya telah dihilangkan. Akibatnya bahan ini akan menjadi magnet sebagaimana dikenal dengan magnet buatan. Ini terjadi karena momen dipol magnetik atom dari bahan-bahan ini mengerahkan gaya-gaya yang kuat pada atom tetangganya sehingga dalam daerah ruang yang sempit momen ini disearahkan satu sama lain sekalipun medan luarnya tidak ada lagi [8].

### 2.4 Pustaka

Kajian terdahulu telah dilakukan tentang analisis karakteristik magnetisasi Bahan FCD setelah mengalami proses *Quenching*, diperoleh variasi suhu 300°C, 400°C, 500°C, 600°C, 700°C, 800°C, 900°C, 1000°C, dengan lama proses *quenching* 30 menit, hasilmenunjukkan proses pembuatan magnet dengan variasi suhu [9].

(2.2)

Penelitian lain tentang Pemanfaatan uap Air Sebagai Sensor Suhu Berbasis Kerentanan Magnet, diperoleh bahwa desain sensor suhu berbasis sifat magnetik uap air dapat menunjukkan adanya hubungan intensitas magnetisasi terhadap medan  $H$ . Hubungan linear antara kerentanan magnet uap air terhadap perubahan suhu yang menunjukkan bahwa uap air merupakan suatu bahan yang berada diantara diamagnetik dan paramagnetik [3].

Penelitian tentang uji sifat magnetik pasir pantai melalui penentuan permeabilitas relatif menggunakan logger pro. Uji permeabilitas dilakukan menggunakan solenoida dengan variasi tegangan, dihasilkan nilai permeabilitas eksperimen udara adalah  $(6,4300,006)0^{-7} \text{ TmA}^{-1}$ , nilai permeabilitas eksperimen pasir Pantai Depok  $(25,2160,007)0^{-7} \text{ TmA}^{-1}$ , nilai permeabilitas eksperimen pasir Pantai Parangkusumo  $(20,4780,006)0^{-7} \text{ TmA}^{-1}$  dan nilai permeabilitas eksperimen pasir Pantai Parangtritis  $(19,0424,692)0^{-7} \text{ TmA}^{-1}$ . Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan nilai permeabilitas relatif dari pasir pantai Depok, pantai Parangtritis, dan pantai Parangkusumo berturut-turut adalah dan. Hasil penelitian menunjukkan tingkatan nilai permeabilitas relatif dari pasir pantai Depok lebih tinggi dari pasir pantai yang lainnya sehingga pasir pantai Depok diketahui memiliki kandungan bijih besi yang lebih banyak daripada pasir pantai Parangtritis dan Parangkusumo [10].

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan yaitu mengembangkan alat pengukur permeabilitas magnet dengan menggunakan *logger Lite*.

Prosedur penelitian yang dilakukan peneliti dalam pengembangan ini diadaptasi dari langkah-langkah pengembangan yang dikembangkan oleh Borg & Gall dengan pembatasan. Borg & Gall menyatakan bahwa dimungkinkan untuk membatasi penelitian dalam skala kecil, termasuk membatasi langkah penelitian [11]. Penerapan langkah-langkah pengembangan disesuaikan dengan kebutuhan peneliti. Mengingat keterbatasan waktu dan dana yang dimiliki peneliti, maka langkah-langkah tersebut disederhanakan menjadi tiga langkah pengembangan seperti pada Gambar 3.

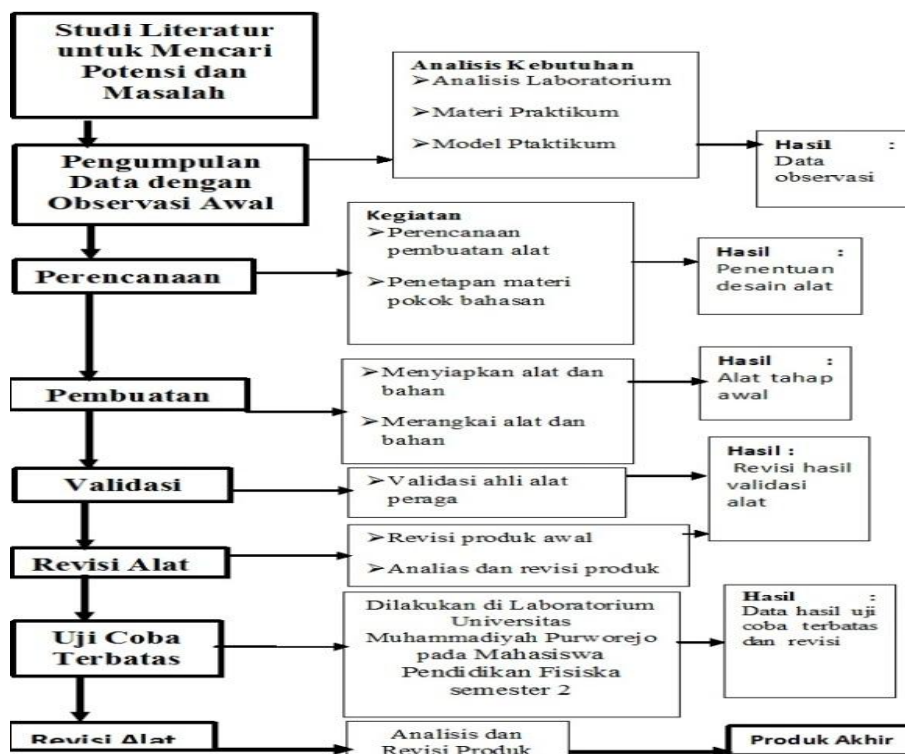
Penelitian ini subyek yang digunakan adalah mahasiswa fisika semester 2 Universitas Muhammadiyah Purworejo Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei tahun 2017. Faktor yang diteliti yaitu kelayakan alat, respon mahasiswa dan validasi alat oleh ahli.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Deskripsi

Penelitian eksperimen ini dilaksanakan di Universitas Muhammadiyah Purworejo dengan instrumen seperti yang telah dijelaskan pada bab III. Data yang dihasilkan dari hasil uji coba alat yaitu angket respon mahasiswa terhadap alat yang digunakan untuk menentukan permeabilitas magnet, angket validasi alat dan data dari hasil penggunaan alat.

Rancangan alat terdiri dari beberapa instrumen antara lain, sumber tegangan DC (PS-6A), solenoida dengan panjang 0,055 m dan jumlah lilitan sebanyak 119, software *Logger lite*, sensor medan magnet merk vernier dengan rentan (0,32-0,4)mT, labquest mini merk vernier, dan sensor arus dan sensor tegangan yang terdapat di sensor energy merk vernier. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah 2 buah batang besi yaitu besi baja dan besi putih dengan masing-masing sisi 4,51 cm.

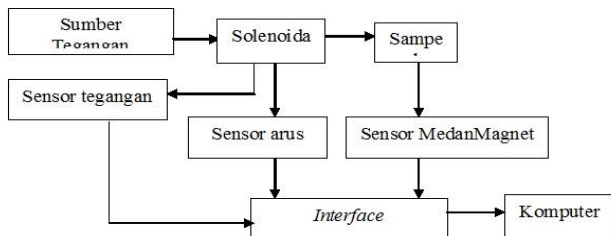


Gambar 3. Alur Perancangan alat pengukur permeabilitas magnet



#### 4.2. Desain

Adapun diagram blok dari desain alat penelitian ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Desain perencanaan alat

Pada eksperimen ini menggunakan sumber tegangan tetap sebesar 12 volt. Solenoida digunakan sebagai pembangkit medan magnet, besi dimasukkan pada ruang solenoida besarnya medan magnet dapat diukur dengan menggunakan sensor medan magnet. Nilai yang tertera pada amperemeter divariasikan yang mana nilai tersebut sebanding dengan nilai besarnya medan magnet yang tertera pada sensor medan magnet [10].

#### 4.3. Prosedur Penelitian

Dalam pembuatan produk tentunya memerlukan komponen-komponen yang memiliki peranan penting dalam proses pembuatan. Adapun alat dan komponen yang diperlukan adalah sebagai berikut:

Solenoida digunakan sebagai pembangkit medan magnet.

- a. Sumber tegangan *Direct Current* (PS-6A)  
 Alat ini digunakan sebagai pemasok arus listrik pada solenoida.
- b. Perangkat lunak (*software*)  
 Perangkat lunak yang digunakan adalah *Logger Lite*, dengan alat pendukung yang terdiri dari:
  - 1) *Labquest*, sebagai penghubung antara *Curent Probe Sensor*, *Voltage Probe Sensor* dan *Magnetik Field Sensor* ke komputer, *labquest* yang digunakan adalah *labquest mini* merk Vernier seperti yang ditampilkan pada gambar 9.
  - 2) *Curent Probe Sensor* dan *Voltage Probe Sensor* yang ada pada alat energy sensore. Sensor arus dan sensor tegangan sebagai pengganti amperemeter dan volt meter, agar data langsung terbaca oleh komputer dan dimungkinkan pula mendapatkan hasil yang

lebih akurat. Dalam hal ini digunakan sensor arus keluaran merk Vernier.

- 3) *Magnetik Field Sensor*, sensor medan magnet digunakan sebagai pengganti gaussmeter agar data secara otomatis tertampil di komputer dan mudah untuk dianalisis, serta bisa didapatkan pula hasil yang lebih baik. Sama seperti sensor arus dan sensor tegangan, sensor medan magnet ini juga menggunakan alat keluaran pabrik Vernier.
- c. Notebook PC sebagai penerjemah data digital yang dikirim dari sensor ke PC melalui *Logger Lite*. Pada penelitian ini digunakan *Notebook PC* dengan spesifikasi Intel Core i3, 2 GB of RAM, RIM Virtual Serial Port V2 (COM 3. COM 4), dengan sistem operasi windows 7.
- d. Bahan penelitian, Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah besi baja, besi beton dan besi putih seperti yang ditunjukkan pada gambar 13. Ukuran dari bahan-bahan ini telah disesuaikan yaitu panjang masing-masing jenis bahan 4,51 cm dan diameter masing-masing jenis bahannya 0,48 cm.

#### 4.4. Hasil Penelitian

##### a. Validasi Alat

Dalam penentuan nilai permeabilitas magnet pada penelitian ini, pengumpulan data diambil dengan alat *Logger Lite* dan dianalisis dengan analisis matematis. Setelah alat terangkai dan dijalankan sesuai prosedur penelitian, data langsung tertampil pada layar komputer yang telah dihubungkan pada *Logger Lite* tersebut. Selanjutnya data dianalisis ke dalam Microsoft Exel sehingga dapat diplot grafik hubungan arus listrik dengan medan magnet. Dari grafik tersebut dapat diketahui nilai  $a = \mu N / 2l$  yaitu dengan mengambil titik-titik puncaknya dan dihasilkan grafik linear. Grafik hubungan arus listrik ( $x$ ) dengan medan magnet ( $y$ ) pada semua bahan feromagnetik menunjukkan linear yang bagus karena nilai  $R^2$  yang mendekati 1.

Nilai  $a$  untuk solenoida kosong adalah  $a = (0,0001 \pm 0,00004) \text{ T/A}$ , besi baja  $a = (0,0008 \pm 0,0001) \text{ A/T}$ , dan besi putih  $a = (0,0018 \pm 0,00002) \text{ A/T}$ . Selanjutnya nilai  $a$  digunakan untuk menentukan nilai permeabilitas magnet.

**Tabel 1.** Validasi alat

No.	Variabel yang diteliti	Permeabilitas Bahan (T.m/A)
1.	Ruang hampa	$\mu_o = (4\pi \pm 0,34) \times 10^{-7}$
2.	Besi baja	$\mu = (8,24 \times 10^{-6} \pm 0,08) \times 10^{-6}$
3.	Besi putih	$\mu = (1,85 \times 10^{-5} \pm 0,002) \times 10^{-5}$

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa dari ketiga bahan feromagnetik yang digunakan besi putih memiliki nilai permeabilitas magnet paling besar. Hal ini disebabkan besi putih memiliki kandungan unsur karbon (C) paling sedikit dibanding besi baja. Besi ini sangat cocok digunakan untuk bahan elektromagnetik.

Data hasil penilaian dosen ahli terhadap alat peraga penentu permeabilitas magnet dan buku panduan penggunaan alat diperoleh dari lembar angket yang diisi oleh dosen ahli yang dinyatakan dalam kategori "sangat baik". data hasil validasi ahli media dipaparkan dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Validasi Ahli

No.	Aspek Penilaian	Nilai (%)	Ket.
1.	Tampilan	87,50	Sangat baik
2.	Kemudahan	85,00	Sangat baik
3.	Kejelasan	81,25	Sangat baik
4.	Prosedur Praktek	93,75	Sangat baik

Data hasil penilaian dosen ahli disajikan dalam tabel 2, hasil validasi ahli menunjukan masih ada revisi sebagai berikut: (1). Untuk mevariasi selonoid, (2). Untuk mevariasi magnet batang. Walaupun masih ada revisi, alat dapat digunakan dengan baik.

b. Respon siswa

Pengambilan respon mahasiswa terbagi menjadi yaitu respon terhadap alat dan respon terhadap buku panduan praktikum memperoleh nilai dari masing-masing aspek yang diteliti yaitu kemudahan 81%, kejelasan 82%, keamanan 85%, ketrampilan 82% dan kemenarikan 75%. Dan dari pengambilan respon mahasiswa terhadap panduan praktikum memperoleh nilai dari masing-masing aspek yang diteliti yaitu kelayakan isi 93,78%, kelayakan penyajian 92,18% dan kelayakan bahasa 98,43%. Hasil respon siswa terhadap penggunaan alat

penentu permeabilitas magnet dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Respon Mahasiswa Terhadap Alat

No.	Kategori Respon Siswa	Jumlah Mahasiswa	(%)
1.	Baik	7	39
2.	Sangat Baik	11	61
Jumlah		18	100

Hasil respon mahasiswa terhadap alat dan panduan praktikum menunjukan sudah baik hanya saja masih perlu diperbaiki lagi.

**5. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis data validasi alat dan hasil uji validasi ahli serta mengacu pada perumusan masalah yang telah diuraikan dimuka, dapat disimpulkan bahwa :

Validasi kelayakan alat peraga oleh dosen ahli mendapatkan nilai secara keseluruhan 3,37 termasuk dalam kategori baik dengan *Percentage Agreement* (PA) sebesar 84,25% sehingga dapat digunakan dalam proses pembelajaran setelah dilakukan revisi.

Berdasarkan hasil penelitian penentuan permeabilitas magnet bahan feromagnetik dapat diketahui bahwa alat dapat bekerja dengan cukup baik. Dengan uji validasi ahli memperoleh nilai 3,33 dan 3,41 ini menunjukan hasil yang baik serta persentase respon mahasiswa sebesar 75,62%. Hal tersebut ditunjukkan dengan alat yang dapat digunakan untuk menentukan nilai permeabilitas magnet pada ruang hampa dan bahan feromagnetik.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] N. S. Hidayah and S. H. B. Prastowo, "Analisis Penguasaan Konsep Medan Magnet Di Sekitar Kawat Berarus Pada Siswa Kelas Xii Sma Di Kabupaten Jember," *Fkip E-Proceeding*, vol. 2, no. 1, pp. 6-6, 2017.

[2] E. Masruroh, "Pengembangan Alat Peraga Kemagnetan Materi Elektromagnetik untuk Pembelajaran Fisika SMA," 2014.

[3] D. D. Putrahadi And S. Saroso, "Pemilihan Jenis Magnet Berdasarkan Permeabilitas Terhadap Tegangan Yang Dibangkitkan Pada Generator Magnet Permanen," 2015.

- [4] I. A. D. Astuti, R. A. Sumarni, and D. L. Saraswati, "Pengembangan media pembelajaran fisika mobile learning berbasis Android," *J. Penelit. Pengemb. Pendidik. Fis.*, vol. 3, no. 1, pp. 57–62, 2017.
- [5] N. Maulidar, Y. Yusrizal, and A. Halim, "Pengaruh Penerepan Model Pembelajaran Guided Discovery Terhadap Kemampuan Pemahaman Konsep Dan Ketrampilan Berpikir Kritis Siswa SMP Pada Materi Kemagnetan," *J. Pendidik. Sains Indones. Indones. J. Sci. Educ.*, vol. 4, no. 2, pp. 69–75, 2016.
- [6] R. Resnick, J. Walker, and D. Halliday, *Fundamentals of physics*, vol. 1. John Wiley Hoboken, 1988.
- [7] D. Mardiansyah, "Analisa Sifat Ferromagnetik Material Menggunakan Metode Monte Carlo," *Edu Res.*, vol. 2, no. 2, pp. 65–74, 2014.
- [8] L. Silvia, K. C. Rosyidah, and M. Zainuri, "Pengaruh Ion Doping Zn pada Sifat Kemagnetan Barium M-Heksaferit BaFe<sub>12-x</sub>Zn<sub>x</sub>O<sub>19</sub> berbasis Pasir Besi Tulungagung," *JFA J. Fis. Dan Apl.*, vol. 9, no. 3, pp. 121–124, 2013.
- [9] A. Mersilia, "Pengaruh Heat Treatment Dengan Variasi Media Quenching Air Garam dan Oli Terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun AISI 6135," 2016.
- [10] A. Lusiyana, M. Toifur, and F. Rohman, "Uji sifat magnetik pasir pantai melalui penentuan permeabilitas relatif menggunakan logger pro," *J. Fis.*, vol. 4, no. 2, 2014.
- [11] M. D. Gall, J. P. Gall, W. R. Borg, and P. C. Mendel, *A guide for preparing a thesis or dissertation proposal in education, for Gall, Gall, and Borg' Educational research: an introduction'and'Applying Educational Research'*. Pearson Education, 2007.