

**Pengembangan Perangkat Praktikum GGL Induksi Elektromagnetik Berbasis *Discovery Learning* Berbantuan *Visual Analyser*****Anik Maghfiroh[✉], Teguh Darsono**

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
Gedung D7 Lt. 2, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

Info Artikel**Sejarah Artikel:**

Diterima April 2023

Disetujui Juni 2023

Dipublikasikan Agustus 2023

Keywords: *discovery learning, electromagnetic induction, experiment equipment, induced EMF, Visual Analyser***Abstrak**

Induksi elektromagnetik mengkaji besaran-besaran abstrak seperti GGL induksi, sehingga diperlukan sebuah alat praktikum yang mampu menggambarkan fenomena ini. Alat praktikum GGL induksi elektromagnetik di Laboratorium Fisika UNNES hanya mampu menunjukkan gejala GGL induksi secara kualitatif. Susunan modul praktikum dari Laboratorium juga belum disesuaikan dengan model pembelajaran yang membuat mahasiswa aktif menemukan konsep secara mandiri. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik alat praktikum dan modul praktikum yang dikembangkan, mengetahui kelayakan perangkat praktikum yang dikembangkan, serta mengetahui respon mahasiswa terhadap perangkat praktikum yang dikembangkan. Prosedur pengembangan merujuk model ADDIE hingga tahap development. Uji kelayakan perangkat praktikum dan respon mahasiswa diukur menggunakan angket berdasarkan skala Likert empat tingkat. Analisis data dilakukan dengan teknik deskriptif kuantitatif. Hasil yang diperoleh berupa satu set perangkat praktikum GGL induksi elektromagnetik, terdiri dari alat praktikum, buku manual alat praktikum, serta modul praktikum. Alat praktikum yang dikembangkan memiliki beberapa karakteristik, diantaranya: berbantuan Visual Analyser yang mempunyai merekam data kualitatif maupun kuantitatif, komponennya dikemas terintegrasi, dapat digunakan untuk beberapa bentuk variasi variabel, dan dilengkapi dengan buku manual. Modul praktikum yang dikembangkan berbasis discovery learning, agar mahasiswa menemukan konsep GGL induksi elektromagnetik secara aktif dan mandiri. Perangkat praktikum memperoleh indeks persentase skor rata-rata uji kelayakan sebesar 86,02% dengan kategori sangat layak. Sementara indeks persentase skor rata-rata respon mahasiswa mendapatkan 90,47% dalam kategori sangat baik.

Abstract

Electromagnetic induction studies abstract quantities such as induced EMF, so a practical tool is needed that is able to describe this phenomenon. The electromagnetic induction EMF practicum tool at the UNNES Physics Laboratory is only able to show the symptoms of induced EMF qualitatively. The composition of the laboratory's practicum modules has also not been adjusted to a learning model that makes students actively discover concepts independently. The aim of this research is to determine the characteristics of the practicum tools and practicum modules developed, determine the feasibility of the practicum tools developed, and determine student responses to the practicum tools developed. The development procedure refers to the ADDIE model up to the development stage. The practicum equipment feasibility test and student responses were measured using a questionnaire based on a four-level Likert scale. Data analysis was carried out using quantitative descriptive techniques. The results obtained are a set of electromagnetic induction GGL practicum equipment, consisting of practicum tools, practical tool manuals, and practicum modules. The practical tool developed has several characteristics, including: assisted by a Visual Analyzer which is able to record qualitative and quantitative data, its components are packaged in an integrated manner, can be used for several variable variations, and is equipped with a manual. The practical module developed is based on discovery learning, so that students discover the concept of electromagnetic induction GGL actively and independently. The practicum equipment obtained an average feasibility test score percentage index of 86.02% in the very feasible category. Meanwhile, the average percentage score index for student responses was 90.47% in the very good category..

PENDAHULUAN

Kesuksesan pembelajaran fisika menggunakan metode eksperimen atau praktikum bergantung pada sarana penunjang kegiatan praktikum itu sendiri. Salah satu sarana penunjang kegiatan praktikum adalah alat praktikum yang digunakan. Alat praktikum yang digunakan harus memenuhi kriteria alat praktikum fisika yang baik, antara lain: (1) kesesuaian alat praktikum dengan tujuan pembelajaran, ketepatan alat praktikum dalam mendukung materi ajar, dan (3) alat praktikum mudah digunakan oleh guru maupun siswa (Ahadia, 2015, p.2).

Selain alat praktikum, panduan atau modul praktikum juga menjadi sarana penunjang kesuksesan kegiatan praktikum. Modul praktikum menjadi pedoman mahasiswa dalam melaksanakan prosedur praktikum itu sendiri (Hidayah, 2014, p.20). Prosedur praktikum tersebut berkaitan dengan model pembelajaran yang dipilih pengajar (dosen atau asisten praktikum). Oleh sebab itu, susunan dan isi dari panduan atau modul praktikum perlu disesuaikan dengan model pembelajaran yang digunakan.

Salah satu konsep dalam fisika yang bersifat abstrak adalah mengenai gejala hukum Faraday tentang induksi elektromagnetik (Darmawan, Islami, & Yennita, 2018, p.3). Besaran-besaran yang dikaji konsep induksi elektromagnetik seperti GGL induksi, medan magnet, fluks magnetik, dan arus induksi tidak dapat teramatidi secara langsung oleh mata. Oleh sebab itu, diperlukan sebuah alat peraga atau alat praktikum yang dapat menggambarkan fenomena induksi elektromagnetik tersebut (Yunita & Ilyas, 2019, p.246).

Observasi awal di Laboratorium Fisika Dasar UNNES, memberikan informasi bahwa terdapat

sarana pendukung praktikum topik GGL induksi elektromagnetik yang berupa set alat praktikum dan modul praktikum. Baik alat praktikum maupun modul praktikum, keduanya masih memiliki beberapa kekurangan.

Kekurangan-kekurangan dari sisi alat praktikum secara rinci dijelaskan sebagai berikut. (1) Komponen set alat praktikum belum terintegrasi satu sama lain. (2) Gejala GGL induksi elektromagnetik yang ditunjukkan oleh alat praktikum masih sukar untuk diamati dan diidentifikasi besaran-besaran yang mempengaruhinya. (3) Mekanisme gerak bolak balik magnet keluar masuk kumparan masih dilakukan praktikan secara manual dengan tangan, sehingga kuantitas kecepatannya tidak pasti dan terkesan kurang praktis. (4) Informasi tentang gejala GGL induksi yang timbul hanya dapat diamati melalui arah dan besar-kecilnya penyimpangan jarum galvanometer, sehingga data yang diperoleh masih bersifat kualitatif saja. (5) Pembacaan skala penyimpangan jarum galvanometer ini pun tidak mudah, mengingat GGL induksi merupakan besaran yang bergantung waktu. Oleh sebab itu, peran galvanometer perlu digantikan dengan perangkat lain yang dapat menganalisis sinyal listrik GGL induksi secara real-time. Oscilloscope memenuhi syarat untuk menggantikan peran galvanometer tersebut, namun harganya yang cukup mahal menjadi kendala dalam pengadaannya untuk keperluan praktikum (Subarna, 2016, p.147). Visual Analyser atau biasa disebut VA merupakan perangkat lunak yang dapat difungsikan sebagai oscilloscope dan dapat diunduh secara percuma melalui website <http://www.sillanumsoft.org>.

Kekurangan sarana pendukung praktikum induksi elektromagnetik dari sisi modul praktikum

yaitu susunan modul belum disesuaikan dengan model pembelajaran yang membuat mahasiswa aktif menemukan konsep secara mandiri. Discovery learning merupakan salah satu model pembelajaran yang dapat dipilih untuk pembelajaran metode praktikum. Model pembelajaran ini menekankan peserta didik untuk bekerja sama (Hutami & Wiyatmo, 2018, pp.26-27) dan merupakan model yang cocok untuk pembelajaran aktif (Darmaji, Astalini, Armandita, & Maisan, 2018). Melalui model ini, peserta didik dapat menemukan konsep sendiri sehingga pemahaman yang didapat mampu bertahan lama dalam ingatannya (Anggreni & Festiyed, 2019, p.19).

Tujuan penilitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik alat praktikum dan modul praktikum GGL induksi elektromagnetik yang dikembangkan, mengetahui tingkat kelayakan perangkat praktikum tersebut, dan mengetahui respon mahasiswa terhadap alat praktikum tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Universitas Negeri Semarang. Penelitian pengembangan ini merujuk tahap-tahap pengembangan model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation) hingga tahap development (pengembangan).

Pada tahap development, dilakukan uji empiris kepada alat praktikum yang dikembangkan. Uji empiris ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian data yang dihasilkan alat praktikum dengan teori yang ada. Setelah dihasilkan data yang sesuai pada uji empiris, alat praktikum beserta buku manual dan modul praktikum diuji kelayakannya oleh dua

validator dan dilakukan penilaian respon mahasiswa.

Uji kelayakan perangkat praktikum dan penilaian respon mahasiswa dilakukan menggunakan metode angket berdasarkan skala Likert empat tingkat. Analisis uji kelayakan dan penilaian respon mahasiswa dilakukan dengan menentukan indeks persentasi menggunakan persamaan (1) (Sudijono, 2009, p.43).

$$P = \frac{n}{N} \times 100\%$$

dengan P adalah indek persentase, n adalah jumlah skor, dan N adalah skor maksimal. Kriteria kelayakan perangkat praktikum dan respon mahasiswa disusun berdasarkan analisis skala Likert empat tingkat yang mengadaptasi Alexander, Rahayu, & Kurniawan (2018, p.78). kriteria untuk kelayakan perangkat Praktikum ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria kelayakan perangkat praktikum

Interval Nilai (%)	Kategori
$75 < P \leq 100$	Sangat layak
$50 < P \leq 75$	Layak
$25 < P \leq 50$	Kurang layak
$0 < P \leq 25$	Sangat kurang layak

Sementara kriteria respon mahasiswa ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria respon mahasiswa

Interval Nilai (%)	Kategori
$75 < P \leq 100$	Sangat baik
$50 < P \leq 75$	Baik
$25 < P \leq 50$	Kurang baik
$0 < P \leq 25$	Sangat kurang baik

PEMBAHASAN

Hasil observasi menunjukkan bahwa Laboratorium Fisika Dasar UNNES menyediakan sarana pendukung praktikum untuk semua topik praktikum mata kuliah Fisika Dasar 1 dan 2, termasuk topic tentang GGL induksi elektromagnetik. Sarana pendukung tersebut berupa set alat praktikum dan modul praktikum. Berdasarkan hasil observasi, ditemukan beberapa kekurangan yang mungkin dapat diperbaiki terkait keadaan fisik dan cara kerja alat praktikum GGL induksi elektromagnetik yang tersedia. Beberapa kekurangan tersebut yaitu

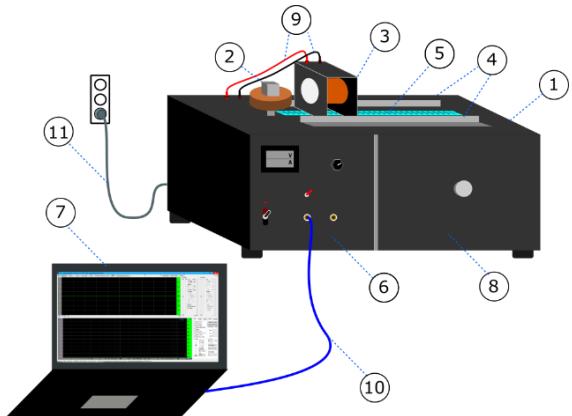
- komponen-komponen set alat praktikum belum saling terintegrasi,
- mekanisme gerak magnet dikendalikan manual oleh praktikan menggunakan tangan yang terkesan tidak praktis dan akan menghasilkan data yang bias jika dilakukan oleh praktikan berbeda,
- pengamatan simpangan jarum galvanometer sulit dilakukan karena besarnya terus berubah-ubah, serta
- data yang didapatkan hanya berupa data kualitatif besar-kecilnya simpangan

maksimal jarum galvanometer sehingga tidak dapat dianalisis lebih lanjut.

Modul praktikum yang diberikan kepada praktikan berisi tujuan praktikum, alat dan bahan, materi singkat, langkah kerja, serta beberapa pertanyaan berkaitan topik praktikum yang terdiri dari tugas awal (dijawab sebelum praktikum) dan tugas akhir (dijawab setelah praktikum). Susunan modul tersebut belum disesuaikan dengan model pembelajaran yang menjadikan mahasiswa aktif menemukan konsep topik praktikum secara mandiri. Hal tersebut membuat modul praktikum terasa kurang komunikatif dan mahasiswa hanya sekedar melakukan kegiatan praktikum sesuai petunjuk.

Tahap Desain (Design)

Desain alat praktikum yang dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain akhir alat praktikum GGL induksi elektromagnetik berbantuan Visual Analyser

Komponen-komponen yang ada dalam desain alat praktikum yaitu: (1) meja praktikum ; (2) magnet yang terintegrasi dengan poros motor listrik; (3) kumparan yang bersifat moveable sepanjang track guide; (4) track guide gerak kumparan; (5) mistar sebagai alat ukur jarak

muka kumparan ke magnet; (6) panel depan berisi tombol-tombol kontrol dan power; (7) Laptop/ PC yang telah dipasang software Visual Analyser, (8) loker penyimpanan/ storage; serta (9); (10); dan (11) merupakan kabel-kabel konektor.

Desain alat praktikum GGL induksi elektromagnetik yang dikembangkan memenuhi lima kriteria berikut: (1) menggunakan penggerak magnet otomatis dengan bantuan motor listrik, (2) kumparan bersifat moveable, (3) dikemas secara praktis dan portable, (4) dapat menghasilkan data kualitatif maupun data kuantitatif dengan bantuan software Visual Analyser, serta (5) dapat digunakan untuk kegiatan praktikum induksi elektromagnetik dengan empat jenis variasi pengambilan data.

Buku manual alat praktikum GGL induksi elektromagnetik yang dikembangkan didesain dengan empat isi pokok, yaitu: (1) bagian pengenalan alat praktikum, (2) bagian pengenalan Visual Analyser, (3) bagian prosedur penggunaan alat praktikum, (4) bagian prosedur perawatan dan penyimpanan alat praktikum. Sementara modul praktikum yang dikembangkan didesain berdasarkan sintaks discovery learning yang memuat enam bagian meliputi: (1) stimulasi, (2) identifikasi masalah, (3) pengumpulan data, pengolahan data, (5) verifikasi, dan (6) kesimpulan.

Tahap Pengembangan (Development)

Alat Praktikum

Komponen-komponen Alat Praktikum

Alat praktikum GGL induksi elektromagnetik yang dikembangkan dirakit dalam kotak kayu berukuran $40\text{ cm} \times 20\text{ cm} \times 18\text{ cm}$ yang dilapisi scoultite berwarna hitam. Kotak ini diberi sekat sehingga terbagi menjadi dua bagian, (1) kotak kontrol dan (2) drawer/ laci penyimpanan, seperti yang terlihat pada Gambar 2.

Kotak kontrol didesain tertutup, menyisakan sedikit lubang di bagian bawah untuk mempermudah ketika proses pengecekan atau penggantian komponen di dalamnya. Komponen-komponen di dalam kotak kontrol terdiri dari motor listrik, rangkaian catu daya, rangkaian pengendali kecepatan motor listrik, dan rangkaian penghubung input ke output. Kotak kontrol ini dilengkapi panel depan dan panel belakang. Tampilan panel depan dan belakang kotak kontrol secara detail ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 2. Tampilan alat praktikum GGL induksi elektromagnetik tampak dari depan

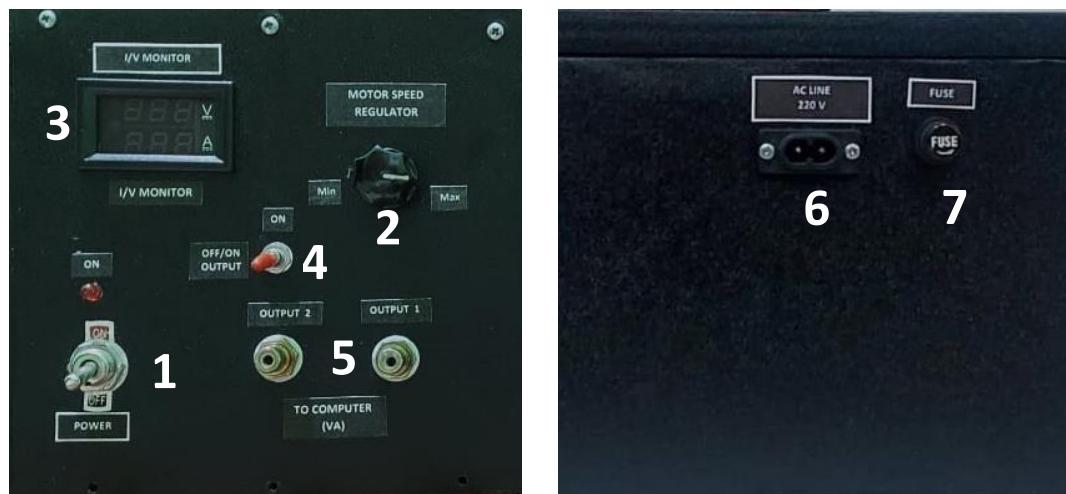
Panel depan terdiri dari bagian-bagian berikut.

1. Saklar POWER, untuk mengaktifkan (ON) atau menonaktifkan (OFF) alat praktikum secara keseluruhan.

2. Kenop MOTOR SPEED REGULATOR, digunakan untuk mengatur suplai arus dan tegangan motor listrik yang besarnya akan ditampilkan pada I/V MONITOR.
3. I/V MONITOR.
4. Sakelar ON/OFF OUTPUT, untuk mengaktifkan (ON) atau menonaktifkan (OFF) jalur output ke PC/laptop.
5. Porta OUTPUT 1 & OUTPUT 2, berupa female RCA jack yang difungsikan untuk mengeluarkan sinyal listrik (GGL induksi) dari porta INPUT 1 & INPUT 2 menuju PC/laptop.

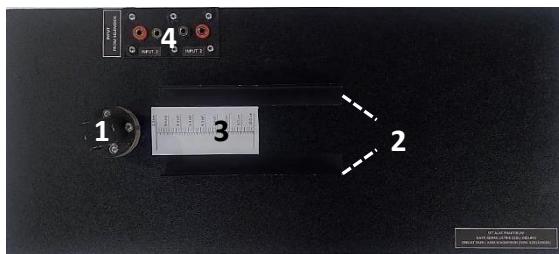
Sementara itu, pada panel belakang hanya terdapat (6) soket AC POWER sebagai

soket input arus AC 220 V dan (7) FUSE sebagai pengaman komponen elektronik yang ada di dalam kotak kontrol.



Gambar 3. Tampilan (a) panel depan/ panel kontrol dan (b) panel belakang

Drawer/ laci penyimpanan digunakan sebagai tempat penyimpanan komponen-komponen yang dapat dibongkar pasang seperti, kabel-kabel konektor dan kumparan-kumparan. Laci ini memiliki kapasitas kurang lebih 22 cm × 20 cm × 14 cm yang dilengkapi pintu beserta handle-nya.



Gambar 4. Tampilan bagian atas kotak praktikum GGL induksi elektromagnetik yang dikembangkan

Bagian atas kotak alat praktikum secara keseluruhan digunakan sebagai meja praktikum. Komponen-komponen yang terpasang pada bagian ini yaitu (1) magnet, (2) tempat kumparan, (3) mistar, dan (4) porta input dari kumparan. Tampilan bagian atas kotak praktikum dapat dilihat pada Gambar 4.

Alat praktikum yang dikembangkan menyediakan satu buah kumparan multitab dengan delapan pilihan jumlah lilitan (Gambar 5 (a)) dan enam buah kumparan dengan jumlah lilitan sama namun luas penampang berbeda-beda (Gambar 5 (b)). Ketujuh kumparan tersebut dibuat menggunakan kawat tembaga berdiameter 0,3 mm yang digulung pada kerangka dari pipa PVC berbagai ukuran. Kerangka kumparan kemudian diberi kaki berbahan akrilik hitam $2 \times (2 \text{ mm} \times 70 \text{ mm} \times 70 \text{ mm})$. Kemudian bagian atasnya ditutup menggunakan aluminium setebal 0,5 mm dilapisi scoultite hitam. Tutup tersebut digunakan sebagai tempat pelekatan sepasang female banana jack yang terhubung ke ujung-ujung kumparan. Khusus untuk kumparan multitab, female banana jack yang dipasang ada sembilan buah. Delapan buah mewakili delapan

pilihan jumlah lilitan dan satu buah lainnya sebagai common. Bentuk fisik kumparan yang dikembangkan terlihat seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Dua jenis kumparan yang tersedia pada alat praktikum GGL induksi elektromagnetik yang dikembangkan

Komponen alat praktikum yang berupa porta atau soket memerlukan konektor untuk menghubungkannya dengan komponen lainnya. Konektor-konektor tersebut yaitu (1) konektor input dari kumparan, (2) konektor output ke PC/laptop, dan (3) konektor input AC Power, seperti yang ditampilkan Gambar 6.



Gambar 6. Konektor-konektor alat praktikum GGL induksi elektromagnetik

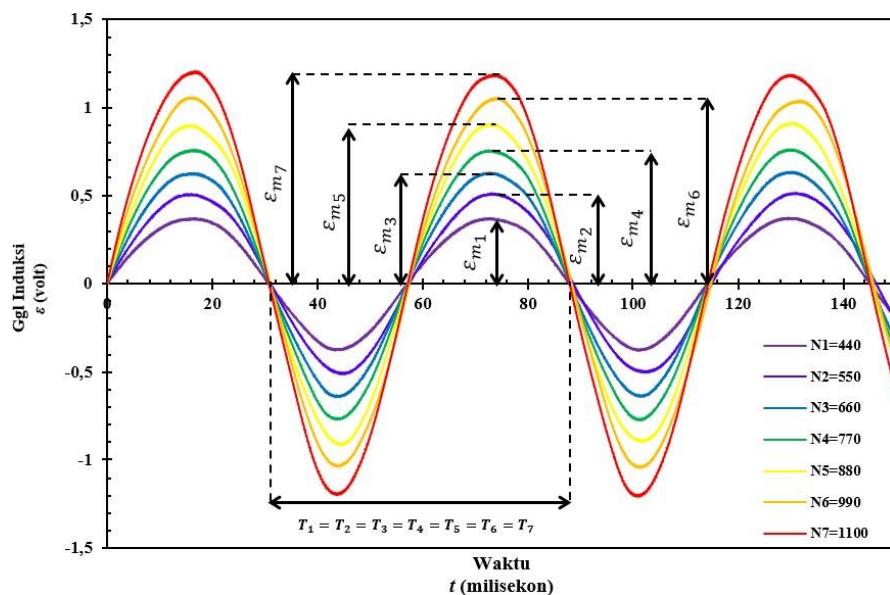
Mekanisme Kerja Alat Praktikum

Shaft motor listrik mulai berputar ketika motor listrik mendapat suplai arus dan tegangan yang berasal dari rangkaian catu daya. Besar

suplai tegangan dan arus tersebut diatur oleh rangkaian pengandali tegangan. Nilai tegangan dan arus yang tersuplai ke motor listrik akan ditampilkan pada I/V MONITOR. Semakin besar arus dan tegangan yang disuplai ke motor listrik, semakin besar pula frekuensi putarnya. Magnet yang terintegrasi langsung dengan shaft secara coaxial, akan ikut berputar dengan frekuensi putar yang sama. Perputaran magnet akan menyebabkan besar medan magnet yang menembus kumparan senantiasa berubah-ubah. Sifat perubahan medan tersebut berselang-seling antara bertambah dan berkurang secara kontinu. Akibatnya, GGL induksi akan timbul di ujung-ujung kumparan. GGL ini akan membentuk gelombang listrik sinusoidal karena nilainya berubah-ubah antara maksimum positif dan maksimum negatif secara kontinu pula

dengan frekuensi yang sama dengan frekuensi putaran magnet.

Gelombang listrik GGL induksi tersebut akan disalurkan menuju porta input melalui konektor input. Sinyal listrik yang masuk ke porta input akan dikeluarkan melalui porta output. Sinyal keluaran tersebut akan diteruskan ke PC/laptop melalui konektor output. Jendela Scope pada Visual Analyser akan menampilkan bentuk gelombang sinyal listrik yang masuk ke PC/laptop. Gelombang listrik tersebut dapat diidentifikasi amplitudo dan frekuensinya melalui fitur Capture Scope. Informasi mengenai amplitudo dan frekuensi juga dapat dilihat melalui tampilan jendela Volt Meter dan Multifunction Counter.



Gambar 7. Grafik hubungan GGL induksi (ε) terhadap waktu (t) pada beberapa variasi jumlah lilitan kumparan

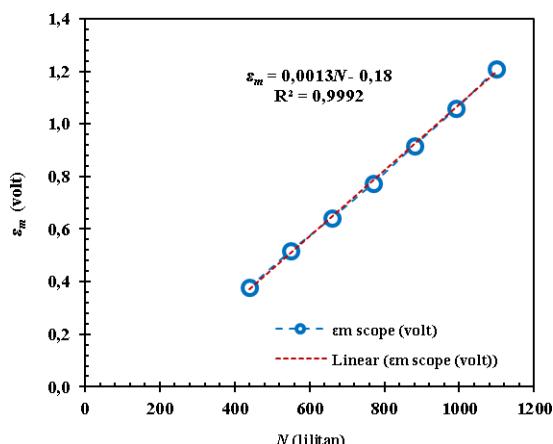
Hasil Uji Empiris Alat Praktikum

Uji empiris yang dilakukan berupa uji coba pengambilan data untuk tiap variasi variabel, yaitu variasi jumlah lilitan kumparan, variasi luas penampang kumparan, variasi jarak kumparan terhadap magnet, dan variasi frekuensi putar magnet. Pada uji empiris dengan variasi jumlah lilitan diperoleh data gelombang listrik GGL induksi seperti yang ditampilkan oleh Gambar 7.

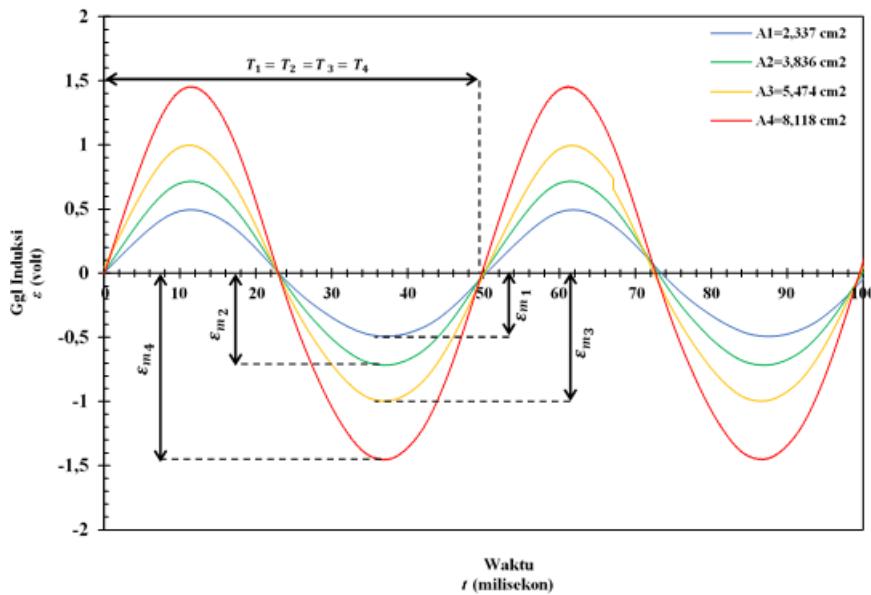
Berdasarkan Gambar 7, dapat dikatakan bahwa semakin banyak jumlah lilitan kumparan yang digunakan, GGL induksi maksimum yang dihasilkan alat praktikum semakin besar. Hubungan ini bersifat linear sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 8.

Uji empiris variasi luas penampang kumparan diperoleh data gelombang listrik GGL induksi seperti yang ditampilkan oleh Gambar 9. Semakin besar luas penampang kumparan, GGL induksi maksimum yang dihasilkan semakin besar.

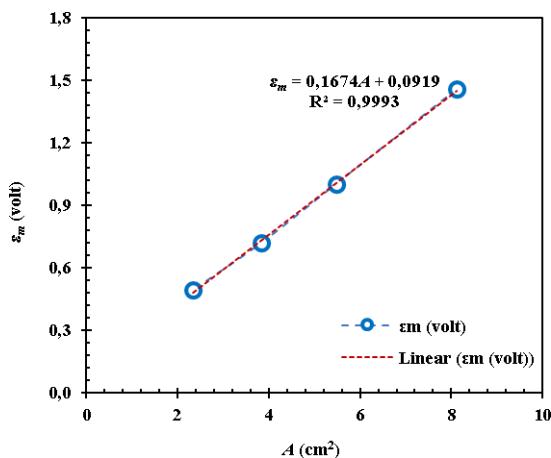
Hubungan dan pengaruh luas penampang kumparan terhadap GGL induksi yang dihasilkan alat praktikum ditunjukkan oleh Gambar 10. Diperoleh informasi bahwa nilai GGL induksi maksimum yang dihasilkan alat praktikum linear terhadap variabel luas penampang kumparan.



Gambar 8. Grafik hubungan GGL induksi maksimum (ε_{maks}) terhadap jumlah lilitan (N)



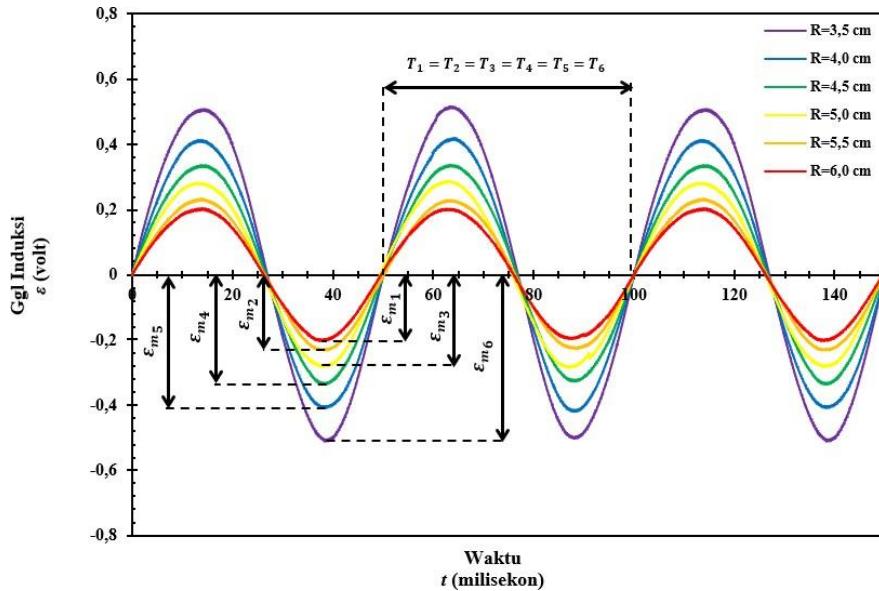
Gambar 9. Grafik hubungan GGL induksi (ε) terhadap waktu (t) pada beberapa variasi luas penampang kumparan (A)



Gambar 10.Grafik hubungan GGL induksi maksimum (ε_{maks}) terhadap luas penampang kumparan (A)

Uji empiris dengan variasi jarak kumparan terhadap magnet memperoleh gelombang GGL induksi hasil Capture Scope seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 11. Terlihat bahwa semakin besar jarak kumparan terhadap magnet, semakin kecil amplitudo gelombangnya.

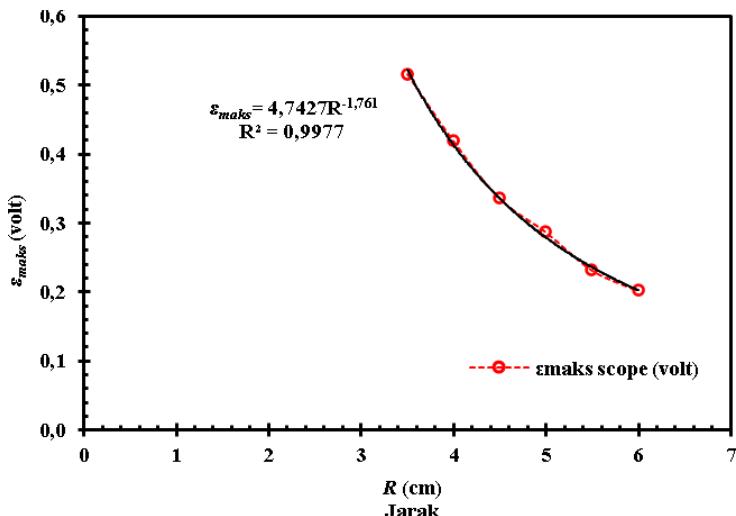
Gambar 11 menunjukkan hubungan bahwa semakin besar jarak kumparan terhadap magnet, semakin kecil GGL induksi maksimumnya. Hubungan tersebut belum dapat dianalisis apakah bersifat linear, kuadratik, eksponensial, atau lainnya. Sifat hubungan tersebut ditunjukkan melalui grafik pada Gambar 12.



Gambar 11.Grafik hubungan GGL induksi (ε) terhadap waktu (t) pada beberapa variasi jarak kumparan terhadap magnet (R)

Besar medan magnet di suatu titik sebanding dengan pangkat -2 jarak titik terhadap magnet ($\sim \frac{1}{R^2}$) (Camacho & Sosa, 2013, p.11). GGL induksi maksimum berbanding lurus dengan besar medan magnet ($\varepsilon_{maks} \sim B$), sehingga dapat dikatakan bahwa GGL induksi maksimum juga sebanding dengan pangkat -2 jarak titik

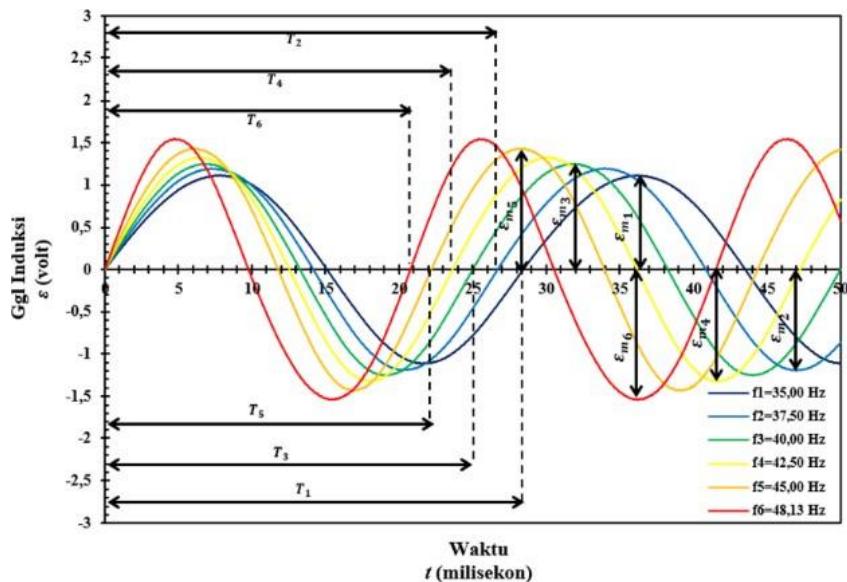
terhadap magnet ($\varepsilon_{maks} \sim \frac{1}{R^4}$). Gambar 12 memberikan informasi bahwa nilai GGL induksi maksimum yang dihasilkan alat praktikum sebanding dengan pangkat $-1,761$ dari variabel jarak kumparan ke magnet, dimana nilai pangkat ini mendekati nilai teori seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.



Gambar 12.Grafik hubungan GGL induksi maksimum (ε_{maks}) terhadap jarak kumparan ke magnet (R)

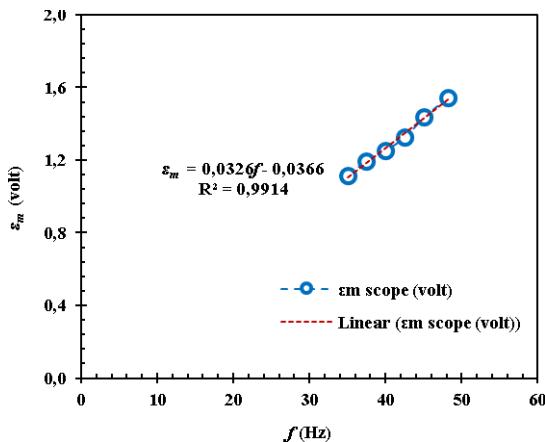
Uji empiris dengan variasi frekuensi kecepatan putar magnet medapatkan data gelombang GGL induksi hasil Capture Scope

seperti Gambar 13. Terlihat bahwa semakin besar frekuensinya, semakin besar GGL induksi maksimum yang dihasilkan.



Gambar 13.Grafik hubungan GGL induksi (ε) terhadap waktu (t) pada beberapa variasi frekuensi putar magnet (f)

Hubungan dan pengaruh jumlah lilitan kumparan terhadap GGL induksi yang dihasilkan alat praktikum ditunjukkan oleh Gambar 14.



Gambar 14.Grafik hubungan GGL induksi maksimum (ε_{maks}) terhadap frekuensi putus magnet (f)



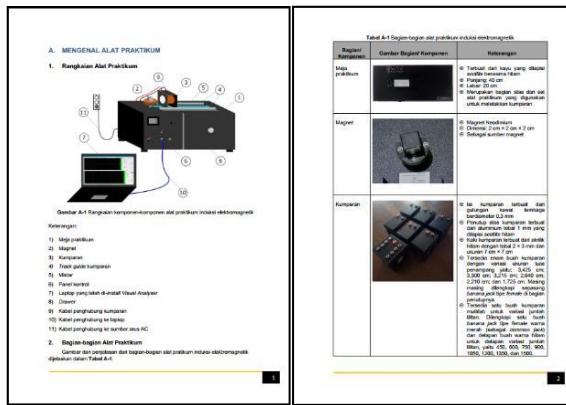
Gambar 15.Tampilan sampul buku manual alat praktikum yang dikembangkan

Buku Manual Alat Praktikum

Tujuan utama pembuatan buku manual ini adalah untuk memberikan informasi mengenai bagian-bagian alat praktikum dan fungsinya, serta cara pengoperasian alat praktikum. Buku manual ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu halaman sampul, Prakata, Daftar Isi, bagian 'Informasi Keselamatan Kerja', bab 'Mengenal Alat Praktikum', bab 'Mengenal Visual Analyser', bab 'Praktikum Induksi Elektromagnetik', dan bab 'Petunjuk Penyimpanan & Perawatan Alat Praktikum'. Tampilan sampul buku manual alat praktikum yang dikembangkan ditunjukkan oleh Gambar 15.

Bab 'Mengenal Alat Praktikum' terdiri dari dua subbab. Subbab pertama yaitu 'Rangkaian Alat Praktikum' (Gambar 16 (a)) yang berisi gambar ilustrasi rangkaian alat praktikum GGL induksi elektromagnetik berbasis Visual Analiser berserta keterangannya. Praktikan diharapkan lebih mudah memahami bagaimana rangkaian alat praktikum yang benar melalui subbab ini. Subbab ke dua berjudul 'Bagian-bagian Alat Praktikum' (Gambar 16 (b)) yang menyajikan tabel berisi nama-nama bagian atau komponen alat praktikum beserta gambar dan fungsinya. Melalui subbab ini, diharapkan praktikan dapat memahami fungsi dari masing-masing komponen alat praktikum, sehingga praktikum dapat berjalan dengan lancar. Cuplikan isi bab 'Mengenal Alat Praktikum'

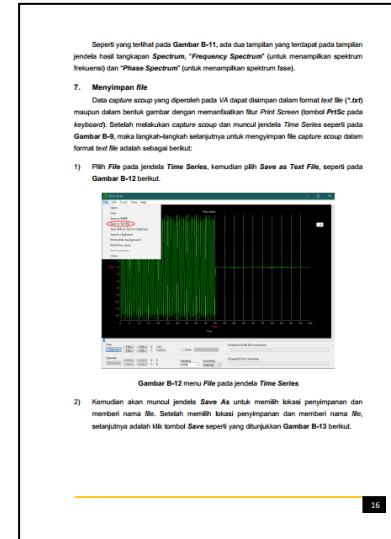
ditampilkan oleh Gambar 16.



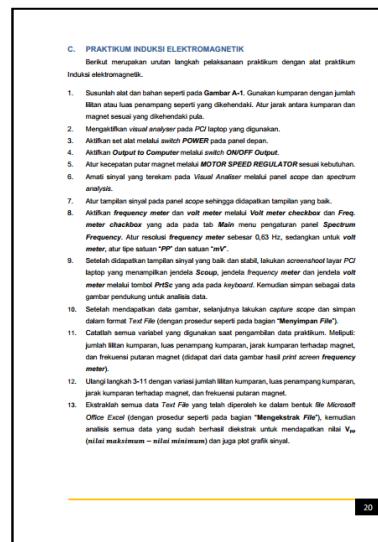
Gambar 16.Cuplikan isi bab ‘Mengenal Alat Praktikum’ dalam buku manual

Bab ‘Mengenal Visual Analyser’ terdiri dari delapan subbab mengenai prosedur penggunaan visual Analyser untuk keperluan pengambilan, penyimpanan, dan pengekstrakan data praktikum. Delapan subbab tersebut adalah ‘Mengaktifkan Visual Analyser’, ‘Mengenal tombol-tombol pada Command Bar’, ‘Mengatur tampilan panel Scope/Oscilloscope’, ‘Menangkap tampilan panel Scope/ Oscilloscop’, ‘Mengatur tampilan panel Spectrum Analysis’, ‘Menangkap tampilan panel Spectrum Analysis’, ‘Menyimpan file’, dan ‘Mengekstrak file’. Cuplikan isi bab ‘Mengenal Visual Analyser’ ditampilkan oleh Gambar 17.

Langkah-langkah pelaksanaan praktikum menggunakan alat praktikum GGL induksi elektromagnetik berbantuan Viusal Analyser dijelaskan dalam bab Praktikum Induksi Elektromagnetik. Cuplikan isi bab ini disajikan dalam Gambar 18.

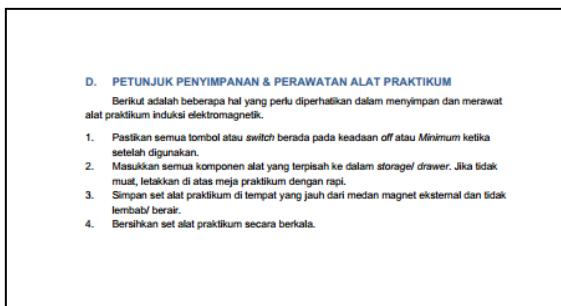


Gambar 17.Cuplikan isi bab ‘Mengenal Visual Analyser’ dalam buku manual



Gambar 18.Cuplikan isi bab ‘Praktikum Induksi elektromagnetik’ dalam buku manual

Bagian terakhir dari buku manual ini adalah bab ‘Petunjuk Penyimpanan & Perawatan Alat Praktikum’, yang berisi beberapa poin-poin penting terkait tata cara penyimpanan dan perawatan alat praktikum. Cuplikan isi bab ini diperlihatkan oleh Gambar 19.



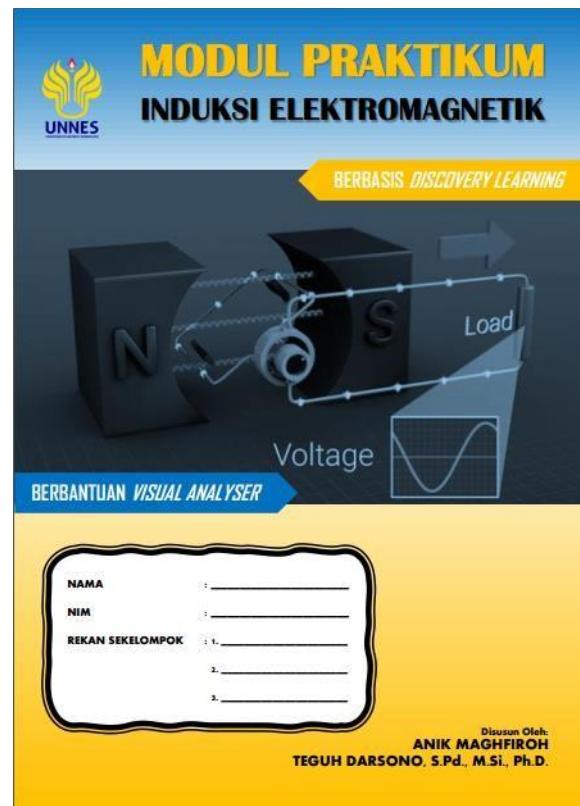
Gambar 19.Cuplikan isi bab 'Petunjuk Penyimpanan & Perawatan Alat Praktikum' dalam buku manual

Modul Praktikum

Modul praktikum ini menjadi panduan pelaksanaan praktikum berbasis discovery learning menggunakan alat praktikum GGL induksi elektromagnetik berbantuan Visual Analyser yang dikembangkan.

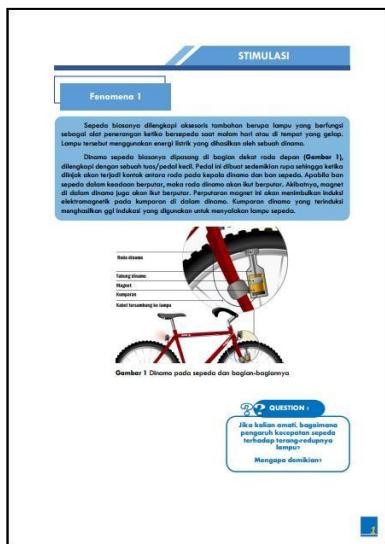
Modul ini disusun berbasis pembelajaran discovery learning, dengan tujuan agar mahasiswa dapat menemukan konsep GGL induksi elektromagnetik secara aktif dan mandiri saat pelaksanaan praktikum.

Bagian-bagian yang ada dalam modul praktikum ini meliputi halaman sampul, Prakata, Daftar Isi, bab 'Stimulasi', bab 'Identifikasi Masalah', 'bab' 'Pengumpulan Data', bab 'Pengolahan Data', bab 'Verifikasi', bab 'Kesimpulan', dan yang terakhir adalah Daftar Pustaka. Tampilan sampul modul praktikum ini ditunjukkan oleh Gambar 20.



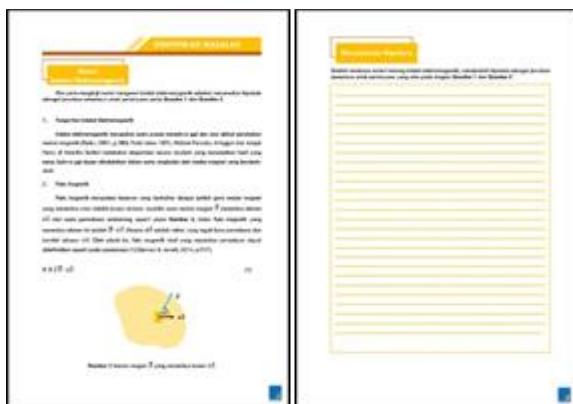
Gambar 20.Tampilan sampul modul praktikum yang dikembangkan

Bab 'Stimulasi' menyajikan dua fenomena terkait topik praktikum, 'Fenomena 1' dan Fenomena 2'. Kedua fenomena ini disertai pertanyaan, 'Question 1' dan 'Question 2', sebagai stimulus agar siswa melakukan praktikum induksi elektromagnetik untuk mengetahui jawabannya. Cuplikan isi bab Stimulasi ditunjukkan oleh Gambar 21.



Gambar 21.Cuplikan isi bab ‘Stimulasi’ dalam modul praktikum

Bab ‘Identifikasi Masalah’ menyajikan materi induksi magnetik dan kolom rumusan masalah. Cuplikan isi bagian ‘Materi Induksi Elektromagnetik’ dan ‘Merumuskan Hipotesis’ disajikan pada Gambar 22 (a) dan (b).

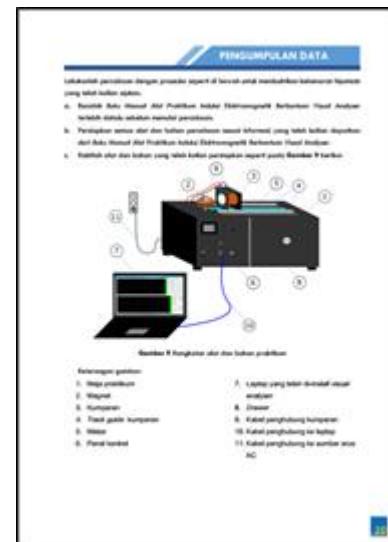


Gambar 22.Cuplikan isi bagian (a) ‘Materi Induksi Elektromagnetik’ dan (b) ‘Merumuskan Masalah’ dalam bab ‘Identifikasi Masalah’ modul praktikum.

Setelah membaca bagian materi ‘induksi Elektromagnetik’, praktikan diharapkan mampu mengidentifikasi permasalahan yang disajikan pada bab sebelumnya kemudian

menuliskan hipotesis pada bagian ‘Merumuskan Hipotesis’.

Pada bab ‘Pengumpulan Data’, praktikan diarahkan untuk melakukan praktikum menggunakan alat praktikum GGL induksi elektromagnetik berbantuan Visual Analyser. Hasil praktikum ini digunakan untuk menguji kebenaran hipotesis yang sudah dirumuskan pada bab ‘Identifikasi Masalah’. Cuplikan isi dari bab ini ditampilkan oleh Gambar 23.

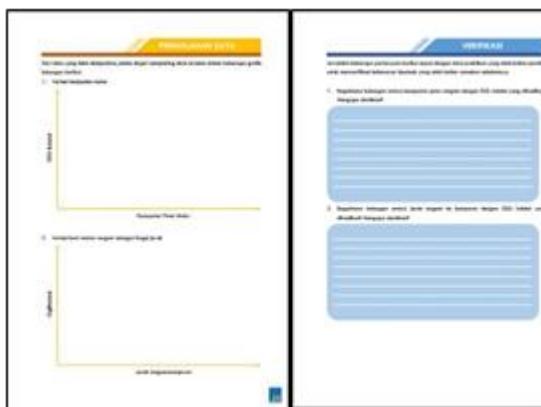


Gambar 23.Cuplikan isi bab ‘Pengumpulan Data’ dalam modul praktikum

Pada bab ‘Pengolahan Data’ praktikan diarahkan untuk membuat beberapa grafik hubungan GGL induksi terhadap beberapa variable seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 24 (a). Secara tidak langsung, arahan tersebut mengharuskan praktikan mengolah atau menganalisis data praktikum dahulu agar bisa membuat grafik hubungan tersebut.

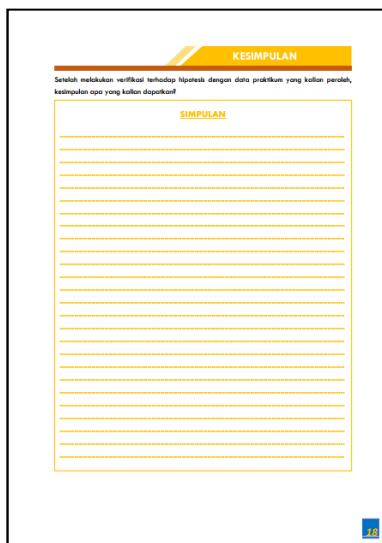
Pada bab ‘Verifikasi’ disajikan beberapa pertanyaan. Jawaban dari pertanyaan tersebut mewakili interpretasi grafik pada bab ‘Pengolahan Data’ sekaligus data praktikum yang didapatkan. Apabila hipotesis sesuai dengan jawaban tersebut, maka hipotesis dinyatakan benar dan sebaliknya.

Cuplikan isi yang disajikan dalam bab 'Verifikasi' ditampilkan oleh Gambar 24 (b).



Gambar 24.Cuplikan isi bab (a) 'Pengolahan Data' dan (b) 'Verifikasi' dalam modul praktikum

Pada bab 'Kesimpulan' disajikan kolom kosong seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 25. Kolom simpulan tersebut digunakan untuk penulisan kesimpulan berkaitan dengan jawaban/solusi dari pertanyaan/ permasalahan yang disajikan pada bab 'Stimulasi'.



Gambar 25.Cuplikan isi bab 'Kesimpulan' dalam modul praktikum

Uji Kelayakan Perangkat Praktikum

Uji kelayakan dilakukan kepada seluruh komponen alat praktikum, mulai dari alat praktikum, buku manual, sampai modul praktikum yang telah dikembangkan. Uji kelayakan dilakukan oleh dua validator, yang terdiri dari seorang dosen ahli media dan dosen pembimbing. Keseluruhan hasil penilaian uji kelayakan perangkat praktikum dirangkum dalam Tabel 3.

Hasil penilaian keseluruhan aspek perangkat praktikum diperoleh indeks persentase sebesar 86,02% dengan kategori sangat layak. Alat praktikum memperoleh persentase skor paling tinggi, yaitu 88,75%, kemudian disusul oleh modul praktikum dengan persentase skor 85,50%, dan yang paling rendah buku manual alat praktikum dengan persentase skor 83,82%. Ketiganya mendapat kriteria sangat layak.

Tabel 3. Rangkuman hasil uji kelayakan perangkat praktikum Hasil penilaian keseluruhan aspek perangkat praktikum diperoleh indeks persentase sebesar 86,02% dengan kategori sangat layak. Alat praktikum memperoleh persentase skor paling tinggi, yaitu 88,75%, kemudian disusul oleh modul praktikum dengan persentase skor 85,50%, dan yang paling rendah buku manual alat praktikum dengan persentase skor 83,82%. Ketiganya mendapat kriteria sangat layak.

Tabel 3. Rangkuman hasil uji kelayakan perangkat praktikum

Aspek Penilaian	Indeks Persentasi Skor			Kriteria Kelayakan
	Validator 1	Validator 2	Rata-rata	

Alat Praktikum	87,50%	90,00%	88,75%	Sangat Layak
Buku Manual Alat Praktikum	82,35%	85,29%	83,82%	Sangat Layak
Modul Praktikum	85,00%	86,00%	85,50%	Sangat Layak
Rata-rata			86,02%	Sangat Layak

Hasil ini didukung oleh adanya beberapa karakteristik unggulan dari perangkat praktikum yang dikembangkan dibandingkan dengan perangkat praktikum yang tersedia di Laboratorium Fisika UNNES seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Beberapa penelitian pengembangan perangkat praktikum GGL induksi elektromagnetik dengan mekanisme penggerak magnet juga pernah dilakukan, seperti oleh Warjanto (2015), Amalia et. al. (2015), dan Rahmawati et. al. (2019). Ketiga penelitian tersebut menghasilkan produk berupa satu set alat praktikum GGL induksi elektromagnetik saja tanpa dilengkapi oleh buku petunjuk penggunaan alat maupun modul praktikum. Set alat praktikum yang dihasilkan dari ketiga penelitian tersebut juga belum mampu menampilkan gejala GGL induksi elektromagnetik secara real time dalam bentuk gelombang listrik.

Penilaian Respon Mahasiswa

Penilaian respon mahasiswa diikuti oleh 34 mahasiswa Fisika UNNES yang telah menempuh mata kuliah Fisika Dasar 2. Hasil penilaian respon mahasiswa terhadap perangkat praktikum yang dikembangkan memperoleh rata-rata indeks persentasi skor sebesar 90,47% termasuk

kategori sangat baik, seperti yang disajikan pada Tabel 4.

Alat praktikum yang dikembangkan mampu menunjukkan hubungan GGL induksi dengan lebih banyak variabel dibandingkan alat praktikum yang tersedia di Laboratorium Fisika UNNES, sehingga membantu mahasiswa memperoleh pemahaman yang lebih mengenai fenomena GGL induksi elektromagnetik.

Tabel 4. Rangkuman hasil penilaian respon mahasiswa terhadap perangkat praktikum yang dikembangkan

Aspek Penilaian	Indeks Prestasi Skor	Kriteria
Kebermanfaatan alat praktikum dalam pembelajaran fisika.	97,66%	Sangat Baik
Bentuk dan tampilan alat praktikum.	89,06%	Sangat Baik
Kemudahan penggunaan alat praktikum.	82,81%	Sangat Baik
Keterbacaan skala pengukuran alat praktikum.	90,63%	Sangat Baik
Keefektifan alat praktikum dalam menambah pengetahuan tentang induksi elektromagnetik.	92,19%	Sangat Baik
Kesesuaian isi buku manual dengan fungsinya dalam pelaksanaan praktikum.	92,19%	Sangat Baik
Ketepatan penyusunan kalimat dalam buku manual dan modul praktikum.	92,97%	Sangat Baik
Ketepatan pemilihan ukuran dan font dalam buku manual dan modul praktikum.	89,84%	Sangat Baik
Ketepatan pemilihan fenomena yang dicantumkan dalam modul praktikum.	87,50%	Sangat Baik
Keefektifan pertanyaan-pertanyaan dalam modul praktikum pada proses penarikan kesimpulan.	89,84%	Sangat Baik
Rata-rata	90,47%	Sangat Baik

Materi induksi elektromagnetik termasuk materi yang sukar dipahami karena mengkaji besaran-besaran abstrak yang saling berhubungan dengan waktu (Meilani, 2016, p.58), sehingga visualisasi GGL induksi yang dihasilkan alat praktikum secara real-time dapat mempermudah mahasiswa dalam memahami materi induksi elektromagnetik ini. Tampilan, penyajian, dan isi dari buku manual alat praktikum dan modul praktikum yang dikembangkan sudah sangat baik, didukung dengan hasil uji kelayakan yang menunjukkan kategori sangat layak. Modul praktikum yang dikembangkan disusun berdasarkan sintaks discovery learning. Penggunaan modul berbasis discovery learning ini dapat mempermudah mahasiswa dalam memahami konsep-konsep fisika (Brigenta, Handhika, & Huriawati, 2017, p.168), termasuk konsep GGL induksi elektromagnetik. Beberapa hal tersebut menjadi pendukung diperolehnya respon mahasiswa yang sangat baik terhadap perangkat praktikum yang dikembangkan.

KESIMPULAN

Alat praktikum GGL induksi elektromagnetik berbantuan Visual Analyser yang telah dikembangkan memiliki karakteristik: (1) dapat menghasilkan data kualitatif maupun data kuantitatif dengan bantuan Visual Analyser, (2) komponen-komponen alat praktikum dikemas terintegrasi, (3) dilengkapi satu buah kumparan multitap untuk variasi jumlah lilitan dan enam buah kumparan singletap untuk variasi luas penempang, yang dapat diatur jaraknya terhadap magnet, (4) dilengkapi mekanisme

pemutar magnet dengan bantuan motor listrik yang dapat diubah-ubah frekuensi putarnya dalam nilai-nilai tertentu, (5) dapat digunakan untuk kegiatan praktikum GGL induksi elektromagnetik dengan empat jenis variasi variabel bebas (variasi jumlah lilitan kumparan, luas penampang kumparan, jarak kumparan terhadap magnet, serta frekuensi putaran magnet), (6) dilengkapi dengan buku manual untuk memudahkan dalam mengoperasikan alat praktikum.

Isi modul praktikum GGL induksi elektromagnetik yang dikembangkan disusun berdasarkan model pembelajaran discovery learning, dengan tujuan mengarahkan mahasiswa untuk menemukan konsep GGL induksi elektromagnetik secara aktif dan mandiri. Isi modul memuat ‘Prakata’ dan ‘Daftar Isi’ di halaman, enam bab isi yang sesuai dengan sintaks discovery learning (‘Stimulasi’, ‘identifikasi masalah’, ‘Pengumpulan Data’, ‘Pengolahan Data’, ‘verifikasi’, dan ‘Kesimpulan’).

Perangkat praktikum induksi elektromagnetik yang dikembangkan memperoleh indeks persentasi skor rata-rata uji kelayakan sebesar 86,02% dengan kriteria sangat layak. Penilaian respon mahasiswa diikuti oleh 34 responden dengan hasil rata-rata persentasi skor sebesar 90,47% dalam kriteria sangat baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdilla, N., Mulyatno, B. S., Zaenudin, A., & Haris, M. I. (2017). Pemetaan Distribusi Reservoir Sandstone Menggunakan Metode Seismik Inversi Acoustic Impedance (AI) Pada Lapangan ABL Formasi Menggala Cekungan Sumatera

Tengah. Jurnal Geofisika Eksplorasi, 3(1),
30-44.

Ahadia, L. (2016). Kelayakan Kit Praktikum Sederhana sebagai Media Pembelajaran pada Materi Listrik Statis. PENSA E-JURNAL: PENDIDIKAN SAINS, 4(02), 1-7.

Retrieved from

<https://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/pensa/article/view/15002/13577>.

Alexander, A., Rahayu, H. M., & Kurniawan, A. D. (2018). Pengembangan Penuntun Praktikum Fotosintesis Berbasis Audio Visual Menggunakan Program Camtacia Studio di SMAN 1 Hulu Gurung. Jurnal Pendidikan Sains Indonesia (Indonesian Journal of Science Education), 6(2), 75-82.
Retrieved