

# Analisis Pemahaman Konsep Fisika Mahasiswa pada Materi Induksi Elektromagnetik

Retno Cahyaningrum<sup>1</sup>, Arif Hidayat<sup>1</sup>, Sutopo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pendidikan Fisika-Pascasarjana Universitas Negeri Malang

---

## INFO ARTIKEL

### Riwayat Artikel:

Diterima: 10-04-2018  
Disetujui: 19-10-2018

### Kata kunci:

*understanding of physics concepts;  
electromagnetic induction;  
pemahaman konsep fisika;  
induksi elektromagnetik*

---

## ABSTRAK

**Abstract:** A lot of students' difficulties are caused by a poor understanding of the concept. It caused by the poor understanding of basic concepts and misconceptions. Electromagnetic inductions' concept is one of the difficulties. The purpose of this research is to analyze the understanding of the physics education student concept. A total of 102 respondents from bachelor and postgraduate level were given three optional questions. The results show that there is a difference in the achievement of the correct answer on each item. Through the explanation of this reason it is known that the students' understanding who have taken the course previously uneven. Therefore it is necessary to be given a lesson that facilitates students to learn well and maximally.

**Abstrak:** Berbagai kesulitan yang dialami mahasiswa disebabkan oleh pemahaman konsep yang kurang baik. Pemahaman konsep dasar yang tidak baik dan miskonsepsi menjadi penyebabnya. Konsep induksi elektromagnetik merupakan salah satu yang masih banyak memiliki kesulitan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pemahaman konsep mahasiswa pendidikan Fisika tentang konsep tersebut. Sebanyak 102 responden dari jenjang sarjana dan pascasarjana diberikan tiga soal pilihan ganda beralasan. Hasilnya menunjukkan terdapat perbedaan capaian jawaban benar pada setiap butir. Melalui uraian alasan ini diketahui bahwa pemahaman konsep mahasiswa yang telah menempuh matakuliah tersebut sebelumnya tidak merata. Oleh sebab itu, perlu diberikan pembelajaran yang memfasilitasi mahasiswa agar belajar dengan baik dan maksimal.

---

### Alamat Korespondensi:

Retno Cahyaningrum  
Pendidikan Fisika  
Pascasarjana Universitas Negeri Malang  
Jalan Semarang 5 Malang  
E-mail: retnoahyani93@gmail.com

---

Abad 21 telah banyak penelitian yang dilakukan untuk mengetahui kesulitan-kesulitan dalam mempelajari fisika (Duit, 2007). Kesulitan tersebut dapat terjadi pada semua jenjang, baik SMA hingga mahasiswa fisika. Banyak kemungkinan yang menyebabkan kesulitan siswa, di antaranya siswa salah dalam membayangkan konsepsinya ketika ia mengikuti pelajaran (Halim et al., 2014; Saifullah et al., 2017) atau mereka tidak memahami konsep dasarnya sebelum mempelajari konsep berikutnya (Turányi & Tóth, 2013). Kondisi demikian dinyatakan bahwa siswa mengalami miskonsepsi (Doktor & Mestre, 2014). Menurut teori miskonsepsi atau *naïve theory*, siswa yang mengalami hal tersebut akan sulit diubah pemikirannya. Siswa yang mengalami miskonsepsi cenderung resisten dan sulit untuk menerima konsep baru yang benar (Doktor & Mestre, 2014). Dalam fisika, miskonsepsi juga sangat resisten meskipun telah diberikan pembelajaran dalam pembelajaran fisika secara formal (Hung & Jonassen, 2006).

Menurut Saifulloh (2017) banyak topik yang melakukan penelitian untuk mengidentifikasi kesulitan dalam bidang fisika, diantaranya mekanika, dinamika rotasi kelistrikan dan kemagnetan. Dewasa ini topik kemagnetan menjadi intens diteliti karena banyak menimbulkan kesulitan dan miskonsepsi pada siswa (Albe et al., 2014; Guisasola, et al., 2013). Beberapa ahli menganalisis kesulitan mahasiswa pada konsep induksi elektromagnetik, khususnya hukum *Faraday* melalui berbagai teknik pengajaran (Galili et al., 2006; Kuo & Wieman, 2016; Salehi, et al., 2015). Hasil kajian lebih lanjut juga menyatakan bahwa pemahaman siswa tentang konsep induksi elektromagnetik masih rendah (Guisasola et al., 2013; Thong & Gunstone, 2008; Zuza et al., 2014).

Pemahaman konsep fisika yang baik, khususnya konsep induksi elektromagnetik mutlak dimiliki oleh siswa. Hal tersebut dikarenakan salah satu tujuan penting dalam pembelajaran ini adalah untuk memfasilitasi siswa menguasai konsep-konsep fundamental dan dapat menerapkannya dalam menyelesaikan permasalahan sehari-hari (Saifullah et al., 2017). Penerapan konsep induksi elektromagnetik banyak digunakan dalam kehidupan, seperti dinamo dan motor listrik.

Berdasarkan uraian di atas, maka diperlukan suatu analisis tentang pemahaman konsep mahasiswa untuk mengetahui kesulitan yang masih dimiliki pada konsep induksi elektromagnetik. Hal ini dimaksudkan agar para pendidik dapat mengajarkan konsep tersebut pada mahasiswa dengan baik dan menanggulangi miskonsepsi yang dimilikinya. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis mendalam tentang pemahaman konseptual yang dimiliki siswa dan alur berpikirnya pada konsep induksi elektromagnetik.

### METODE

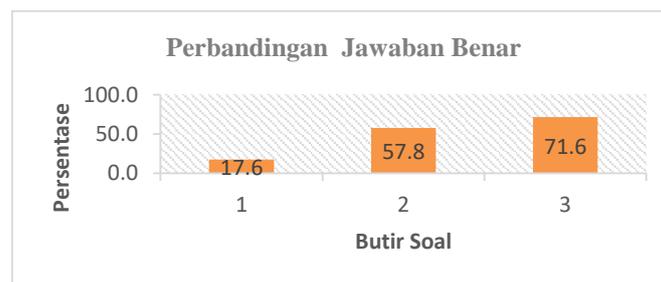
Penelitian ini merupakan studi diskriptif yang dilakukan 102 mahasiswa yang telah menempuh matakuliah elektromagnetik. Responden tersebut terdiri atas 57 mahasiswa yang menempuh perkuliahan sarjana dan 45 mahasiswa yang menempuh perkuliahan pascasarjana di jurusan pendidikan Fisika. Teknik yang digunakan dalam pengumpulan data tersebut adalah teknik survei.

Pengumpulan data dilakukan dengan memberikan tes pemahaman konsep tentang induksi elektromagnetik sebanyak tiga butir. Responden diminta menjawab soal dengan memilih salah satu opsi jawaban dan menuliskan alasan pemilihan jawaban tersebut. Kesinkronan antara pemilihan opsi jawaban dan alasan yang menyertai digunakan untuk menganalisis kesulitan yang dialami mahasiswa. Uraian alasan juga bertujuan untuk mengetahui alur pemikiran mahasiswa saat memilih opsi jawaban tersebut.

Analisis data dilakukan dengan memberikan persentase nilai jawaban benar yang dicapai oleh responden. Alasan pemilihan jawaban dianalisis dengan metode konstan komparatif, yaitu dengan memberikan label pada alasan jawaban yang memiliki maksud yang sama. Hasil analisis alasan ini merepresentasikan pemahaman konseptual mahasiswa pendidikan Fisika pada konsep induksi elektromagnetik.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketiga soal pilihan ganda beralasan diberikan kepada mahasiswa pada konsep induksi elektromagnetik. Berdasarkan tiga soal tersebut, didapatkan hasil yang menyatakan bahwa ada konsep yang memperoleh persentase jawaban benar yang masih rendah. Hasil tersebut dideskripsikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Perbandingan Jawaban Benar Mahasiswa pada Tiga Butir Soal

#### Menentukan Faktor Penyebab Timbulnya Arus Listrik Induksi pada Loop

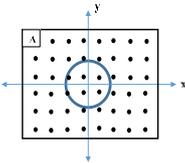
Konsep induksi elektromagnetik termasuk dalam konsep yang memiliki persentase jawaban benar sangat rendah, yaitu kurang dari 25%. Butir soal tersebut mengakses pengetahuan mahasiswa tentang faktor-faktor yang dapat menimbulkan arus listrik induksi. Jawaban benar pada butir soal ini mencapai 17,6% jawaban benar. Mahasiswa diminta untuk menganalisis dari beberapa eksperimen yang diduga dapat menyebabkan timbulnya arus listrik induksi. Butir soal ini disajikan pada Gambar 2.

Sebanyak 18 mahasiswa memilih opsi yang benar pada soal penentuan faktor penyebab timbulnya arus listrik induksi. Beberapa mahasiswa yang menjawab benar dapat dipastikan memahami konsep di atas, yaitu opsi C. Akan tetapi, banyak juga yang belum memahami konsep tersebut yang ditunjukkan dengan kesalahan memilih opsi jawaban dan penguasaan alasan yang kurang tepat. Bahkan beberapa opsi yang abstain juga ditemukan dari responden yang digunakan. Arus listrik induksi akan mengalir apabila ada beda potensial (GGL induksi) dalam loop. GGL induksi pada loop akan timbul jika ada perubahan fluks terhadap waktu. Perubahan fluks ini dapat disebabkan oleh beberapa hal, seperti perubahan jumlah garis medan yang menembus luasan loop, orientasi loop, dan jumlah lilitan pada loop.

Sehubungan dengan hal tersebut, pada soal Gambar 2 disajikan tiga eksperimen yang diduga dapat menghasilkan arus listrik induksi. Eksperimen pertama dengan mengubah kekuatan medan magnet yang menembus bidang A. Perubahan medan magnet akan menimbulkan perubahan fluks magnetik sehingga akan menimbulkan GGL induksi yang dapat mengalirkan arus listrik induksi. Eksperimen kedua menyatakan bahwa loop digeser keluar dari posisi awal sampai keluar bidang A. Pada eksperimen ini jumlah garis medan yang menembus luasan loop berkurang atau jumlah fluksnya berkurang seiring dengan waktu. Fenomena ini akan menyebabkan timbulnya GGL induksi dan arus listrik induksi. Eksperimen ketiga menjelaskan bahwa loop diputar terhadap sumbu Y. Putaran loop tersebut mengubah orientasinya sehingga garis medan yang menembus

luasannya  $A$  tidak selalu tegak lurus. Perbedaan sudut yang dibentuk oleh garis medan magnet ( $\vec{B}$ ) dengan luasannya ( $\vec{A}$ ) menyebabkan perubahan nilai fluks. Berubahnya nilai fluks ini akan menimbulkan GGL induksi dan arus induksi. Oleh sebab itu, ketiga eksperimen pada soal telah teruji kebenarannya dan dapat menimbulkan arus listrik induksi.

Sebuah kawat loop ditempatkan dalam medan magnet homogen seperti pada gambar berikut.



Pada kawat loop tersebut dilakukan beberapa eksperimen yang meliputi.

1. Kekuatan medan magnetik dalam bidang A diubah-ubah
2. Loop digeser keluar dari posisi awal sampai keluar bidang A
3. Loop diputar di tempatnya terhadap sumbu Y

Arus listrik induksi akan mengalir di dalam loop sebagai hasil dari percobaan dengan nomor....

A. 1 saja  
B. 1 dan 2  
C. 1, 2, dan 3  
D. Tidak satupun dapat mengalirkan arus listrik induksi

**Gambar 2. Faktor Timbulnya Arus Induksi**

**Tabel 1. Pemilihan Opsi dan Uraian Alasan Mahasiswa Soal Penentuan Faktor Penyebab Arus Listrik Induksi**

Opsi Jawaban	Jumlah Mahasiswa	Alasan
A	28	1) Arus induksi hanya dipengaruhi oleh medan magnet, maka saat medan magnet diubah-ubah maka arus induksi akan terus mengalir 2) Ketika kuat medan magnet pada bidang A diubah-ubah arus akan tetap mengalir
B	30	1) Sesuai dengan perumusan berikut $\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt}$ Saat loop diputar maka tidak ada nilai yang berubah 2) Kekuatan medan magnetik dalam bidang A yang diubah-ubah akan menimbulkan arus listrik induksi karena kerapatan garis medannya berubah sehingga timbul ggl induksi dan arus listrik induksi
C*	18	1) Arus listrik dihasilkan ketika loop bergerak 2) GGL induksi dapat berubah jika diberikan perlakuan sebagai berikut, (a) $\vec{B}$ yang berubah, (b) digeser keluar bidang yang memengaruhi $\vec{B}$ dan (c) putaran loop yang memengaruhi sudut $\theta$
D	15	Eksperimen 1, 2, dan 3 tidak satupun yang dapat mengalirkan arus listrik induksi
abstain	11	-

Berdasarkan data pada Tabel 1, sebanyak 28 mahasiswa, 30 mahasiswa, dan 15 mahasiswa memilih opsi yang keliru. Kesalahan ini dikarenakan mereka tidak memahami konsep induksi dengan menyeluruh. Berdasarkan informasi yang telah disebutkan pada soal maka mahasiswa diharapkan dengan mudah untuk menentukan eksperimen mana yang dapat menimbulkan arus listrik induksi.

Beberapa mahasiswa yang memilih opsi A diperkirakan mereka hanya berfokus pada medan magnet tanpa melihat jumlah garis medan yang menembus permukaan loop. Semakin besar atau kecil kekuatan medan magnet itu saja yang dapat memengaruhi timbulnya arus induksi. Kekeliruan ini dipacu oleh kurangnya pemahaman tentang fluks sebagai jumlah garis medan yang menembus luasan tertentu sehingga tidak hanya berfokus pada medan magnet saja. Senada dengan penjelasan sebelumnya, pemilihan opsi B juga mengindikasikan bahwa mahasiswa hanya mengetahui bahwa perubahan fluks pada fenomena soal nomor 16 hanya dibatasi oleh medan magnet dan luasannya. Mereka tidak menganalisis lebih dalam tentang bagaimana jumlah riil garis medan yang menembus loop dan apa saja perlakuan loop sehingga jumlah garis medan yang menembus luasannya berubah dan berakibat pada perubahan fluks.

Pemilihan opsi A atau B menyatakan bahwa mahasiswa masih memahami maksud dari sebuah kosep dari sebuah pertanyaan dengan terpotong-potong atau kurang terangkai. Mereka memisahkan dan tidak mengaitkan hubungan antara medan magnet, luasannya, jumlah lilitan dan sudut yang dibentuk antara medan magnet dan luasannya. Pemilihan opsi D dan abstain dinyatakan bahwa mahasiswa tidak memahami konsep dasar GGL induksi dalam induksi elektromagnetik. Mereka tidak menganalisis secara mendalam dan tidak memaknai perumusan hukum *Faraday* dengan tepat.

**Pengaruh Orientasi Sudut pada Besarnya Arus Listrik Induksi**

Butir soal berikutnya meminta siswa untuk menganalisis pengaruh sudut putaran loop terhadap timbulnya arus listrik induksi. Disajikan dua gambar yang masing-masing menampilkan fenomena loop yang berada di dalam daerah yang dipengaruhi garis medan magnet, lalu diputar dengan sudut tertentu pada detik berikutnya. Soal tersebut disajikan pada Gambar 3.

Sebuah loop berada dalam medan magnet  $\vec{B}$  dan diputar dengan kecepatan sudut konstan dari keadaan awal seperti pada gambar. Orientasi loop pada detik ke-1 dan ke-2 juga ditunjukkan pada gambar.

Perbandingan arus induksi ( $I_{ind}$ ) yang dihasilkan pada detik pertama dan kedua adalah ...

A. $I_{ind}(1) > I_{ind}(2)$	C. $I_{ind}(1) = I_{ind}(2)$
B. $I_{ind}(1) < I_{ind}(2)$	D. Tidak dapat ditentukan

**Gambar 3. Orientasi Sudut Pemutaran Loop terhadap Timbulnya Arus Induksi**

GGL induksi terjadi ketika ada perubahan fluks magnet per satuan waktu. Perubahan fluks dapat disebabkan oleh perubahan jumlah garis medan magnetnya ( $\vec{B}$ ) menembus luas permukaan loop ( $\vec{A}$ ). Sebagaimana dirumuskan dalam Hukum Faraday, bahwa GGL yang dipetoleh tiap satuan waktu adalah:

$$\begin{aligned} \varepsilon_t &= - \frac{d\Phi}{dt} \\ \varepsilon_t &= - \frac{d(B \cdot A \cdot \cos \theta)}{dt} \\ \varepsilon_t &= -B \cdot A \frac{d(\cos \theta)}{dt} \\ \varepsilon_t &= -B \cdot A \frac{d(\cos(\omega t))}{dt} \\ \varepsilon_t &= -B \cdot A \cdot \omega \cdot (-\sin(\omega t)) \\ \varepsilon_t &= B \cdot A \cdot \omega \cdot \sin \theta \end{aligned}$$

Persentase jawaban benar yang diperoleh mencapai 57,8%. Berdasarkan perbandingan tersebut dapat dinyatakan bahwa terdapat keseimbangan data antara responden yang menjawab benar dan salah. Soal yang memiliki tingkat kebenaran dan kesalahan yang seimbang merupakan soal yang bagus karena dapat menguji pengetahuan mahasiswa dengan sebenarnya. Perolehan jawaban yang disampaikan siswa cukup beragam. Tabulasi jawaban siswa pada butir soal ini disajikan pada Tabel 2. Sejumlah 60 dari 102 siswa menjawab benar dengan memilih opsi B. Mahasiswa yang memilih opsi tersebut belum tentu sudah memahami perihal konsep orientasi sudut loop terhadap timbulnya arus induksi. Sebuah loop yang berada di dalam medan magnet akan timbul arus induksi jika ada beda potensial induksi (GGL induksi). GGL induksi yang menggerakkan muatan-muatan hingga dapat mengalir di dalam loop. Aliran muatan ini disebut dengan arus listrik induksi, sedangkan GGL induksi sendiri timbul akibat adanya perubahan fluks tiap waktu.

Alasan pemilihan jawaban pada poin 1, 2, dan 3 menyiratkan bahwa responden memahami soal tersebut berdasarkan posisi loop. Saat loop memiliki posisi yang tegak saat detik kedua ( $\vec{B}$  dan  $\vec{A}$  searah) akan memiliki nilai fluks lebih besar daripada pada detik sebelumnya. Kondisi ini akan menghasilkan perubahan fluks yang lebih besar sehingga arus induksi pada detik ke-2 juga akan lebih besar. Responden yang mengemukakan alasan ini diduga sudah memahami makna orientasi sudut terhadap timbulnya GGL induksi.

**Tabel 2. Pemilihan Opsi dan Uraian Alasan Mahasiswa Soal Pengaruh Orientasi Sudut pada Besarnya Arus Listrik Induksi**

Opsis Jawaban	Jumlah Mahasiswa	Alasan
A	30	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Karena pada gambar (1), gaya tarik medan magnet lebih kecil daripada gaya Tarik medan magnet <math>\vec{B}</math>. Hal ini menyebabkan perbedaan perputaran benda pada 1 detik berikutnya</li> <li>2) Karena t pada peristiwa tersebut sama, maka arus induksinya berbeda. Gambar (1) arus induksinya lebih besar daripada gambar (2), diakibatkan karena posisi lempengan.</li> <li>3) Berdasarkan persamaan matematis menyatakan bahwa <math>\varepsilon = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d(BA \cos \theta)}{dt}</math>, pada saat detik ke-1 memiliki <math>\theta</math> kurang dari pada detik ke-2.</li> </ol>
B*	60	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Karena perubahan posisi detik ke-2 lebih besar dari perubahan posisi loop detik ke-1, sehingga arus induksi yang mengalir pada detik ke-2 &gt; detik ke-1</li> <li>2) Jumlah fluks yang menembus permukaan loop pada detik ke-2 lebih banyak, sehingga arus induksi yang dihasilkan lebih besar.</li> <li>3) Karena menurut persamaan matematis <math>\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt}</math> atau <math>\varepsilon = -NBA \sin \theta</math> akan bernilai maksimum jika loop tegak lurus <math>\vec{B}</math></li> <li>4) Arus induksi = perkalian crossproduct, sehingga perkalian cross akan menjadi cosinus sudut. Hasil cosinus sudut <math>90^\circ</math> bernilai nol, maka saat <math>\vec{B}</math> dan <math>\vec{A}</math> saling tegak lurus, tidak ada arus induksi yang mengalir</li> <li>5) Arah arus induksi mengikuti arah gaya listriknnya</li> <li>6) Jika arus induksi searah dengan medan magnet maka akan menghasilkan arus yang besar.</li> </ol>
C	4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Karena kecepatan keduanya sama, hanya arahnya yang berbeda sehingga arus yang dihasilkan sama</li> <li>2) Karena posisi loop tidak berpengaruh</li> </ol>
D	2	-
abstain	6	-

Berdasarkan data pada Tabel 2 di atas, alasan poin ketiga tampak bahwa responden belum memahami konsep arus induksi dan GGL induksi. Mereka memahami arus induksi merupakan hasil dari *crossproduct*. Namun, tidak jelaskan besaran apa saja yang diaplikasikan *cross product*nya. Alasan ini muncul diduga karena responden menganggap bahwa arus listrik induksi berdasarkan persamaan matematis dari hukum Ampere,  $\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$ . Pada konsep tersebut besaran  $J$  merupakan rapat arus listrik, dan memiliki hubungan dengan arus listrik yang memenuhi persamaan  $\vec{J} = J \cdot \vec{A}$ . Kesimpulan pada alasan ini menjelaskan bahwa responden memiliki konsep yang keliru karena menganggap arus induksi dan rapat arus induksi sebagai besaran yang sama.

Alasan yang dikemukakan responden yang menyatakan bahwa arus induksi mengikuti arah gaya listriknnya mengungkapkan bahwa pemikiran yang dimiliki responden tersebut tidak jelas. Konsep yang diaktifkan untuk menyelesaikan soal tersebut tidak tepat. Seharusnya mereka menggunakan konsep GGL induksi untuk menyelesaikannya. Sebaliknya pada alasan poin 6 pemilihan opsi B menyatakan bahwa jika arus induksi searah dengan medan magnet maka akan menghasilkan arus yang besar. Konsep yang diaktivasi responden tersebut jelas keliru. Tidak mungkin arus listrik yang mengalir searah dengan arah medan magnet. Arus listrik mengalir di dalam loop sehingga arahnya antara searah dengan jarum jam atau berlawanan arah jarum jam, sedangkan pada soal diketahui bahwa arah medan magnet menuju ke arah sumbu x.

Sebanyak 30 responden memilih opsi A. Pada opsi tersebut ada tiga alasan utama yang dikemukakan responden yang merepresentasikan pemahaman konsep fisika dan kesulitan yang dimilikinya. Poin pertama, responden menyatakan bahwa karena pada Gambar 1, gaya tarik medan magnet lebih kecil daripada gaya tarik medan magnet  $\vec{B}$  maka menyebabkan perbedaan perputaran benda pada satu detik berikutnya. Alasan ini tentunya tidak tepat, karena responden meninjau pada konsep gaya magnet. Konsep tersebut akan berlaku pada muatan yang bergerak di dalam medan magnet dan kawat berarus listrik yang mengalir dalam kumparan, sedangkan pada soal dikaji tentang arus listrik induksi yang merupakan hasil dari adanya GGL induksi.

Alasan kedua pada opsi A menyatakan bahwa waktu (t) pada peristiwa tersebut sama, maka arus induksinya berbeda. Gambar (1) arus induksinya lebih besar daripada gambar (2), diakibatkan karena posisi lempengan. Pada alasan kedua ini terlihat bahwa responden belum memahami konsep orientasi sudut pada timbulnya GGL induksi. Berdasarkan fenomena ini terlihat bahwa mahasiswa belum memahami konsep dasar dalam menyelesaikan soal (Turányi & Tóth, 2013). Poin alasan ketiga menyatakan melalui persamaan matematis tentang hukum *Faraday*. Namun, penggunaan perumusan matematis tersebut tidak sempurna karena arah arus induksi yang dapat dikaji lebih lanjut tidak dicantumkan. Alasan ketiga ini juga menyaratkan bahwa responden tidak menggunakan aplikasi perumusan hukum *Faraday* pada permasalahan yang tetap.

Opsis jawaban C dipilih oleh sebanyak empat responden. Mereka menyatakan bahwa arus induksi yang dihasilkan sama karena kecepatan putaran loop sama dan arahnya berbeda sehingga posisi loop tidak berpengaruh pada arus induksi. Hasil ini mensiratkan bahwa responden tidak memahami secara menyeluruh tentang konsep GGL induksi. Arus induksi akan timbul

karena diakibatkan adanya GGL induksi. Fenomena GGL induksi akan timbul saat ada perubahan fluks setiap waktu. Saat loop diputar (diubah orientasinya) maka medan magnet yang dihasilkan akan berubah sehingga fluks akan berubah. Nilai cosinus sudutnya akan berpengaruh, karena jika  $\vec{B}$  dan  $\vec{A}$  sejajar maka nilai fluksnya akan maksimal ( $\theta = 0^\circ$ ). Oleh sebab itu, saat loop diputar hingga posisinya tegak lurus medan magnet  $\vec{B}$ , maka nilai arus induksinya terbesar.

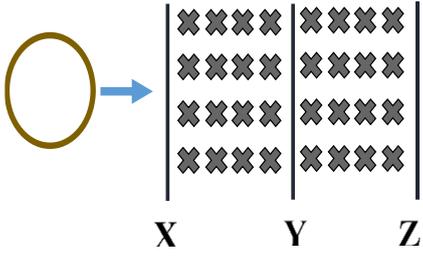
### Pengaruh Medan Magnet pada Timbulnya Arus Listrik Induksi

Butir soal ketiga mengakses pengetahuan responden tentang arus listrik induksi. Responden diminta menganalisis penyebab timbulnya arus listrik induksi pada loop yang bergerak memasuki dan keluar dari medan magnet. Secara lebih rinci soal tersaji pada Gambar 4.

Sebuah loop lingkaran bergerak ke arah kanan dari daerah dimana  $\vec{B} = 0$  (sebelah kiri garis X) dan melewati daerah dengan medan magnet homogen. Loop terus bergerak hingga keluar menuju daerah dengan  $\vec{B} = 0$  (sebelah kanan garis Z) seperti pada gambar berikut.

Arus induksi yang mengalir di dalam loop lingkaran dihasilkan saat ...

- Hanya saat loop melewati garis X
- Hanya saat loop melewati garis Y
- Hanya saat loop melewati garis Z
- Saat loop melewati garis X dan garis Z



Gambar 4. Perubahan Medan Magnet terhadap Arus Listrik Induksi

Sebanyak 73 reponden menjawab dengan tepat yakni dengan memilih opsi D. Persentase jawaban benar yang dicapai sebesar 71,6%. Butir soal tersebut termasuk soal konseptual yang cukup sederhana sehingga bagi responden yang telah menguasai konsep dasar induksi maka akan tergolong soal yang mudah. Tidak mengherankan bahwa soal ini memiliki tingkat kebenaran yang tinggi.

Pembahasan soal ketiga ini hampir sama dengan soal-soal induksi elektromagnetik sebelumnya. Arus induksi akan dihasilkan jika ada beda potensial yang timbul pada loop tersebut atau GGL induksi. Sesuai dengan perumusan matematis pada hukum Faraday bahwa GGL induksi dapat timbul ketika ada perubahan fluks magnetik setiap waktu. Salah satu penyebab perubahan fluks tersebut adalah berubahnya jumlah garis medan yang menembus permukaan loop atau dikenal dengan perubahan medan magnet. Konsep ini juga disinggung dalam beberapa alasan pemilihan jawaban oleh responden. Tabulasi jawaban dan alasannya disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pemilihan Opsi dan Uraian Alasan Mahasiswa Soal Pengaruh Medan Magnet terhadap Arus Listrik Induksi

Opsi Jawaban	Jumlah Mahasiswa	Alasan
A	9	1) Hanya saat loop melewati garis X, karena pada garis X, loop akan dialiri arus induksi lebih banyak di X, walaupun $\vec{B} = 0$ 2) Karena pada saat loop melewati garis X, maka nilai B tidak lagi nol sehingga akan timbul arus induksi dan pada saat melewati garis y dan z, arus tersebut konstan 3) Karena arus induksi dihasilkan saat pertama melewati garis
B	9	1) Karena pada garis Y sebelah kanan dan kiri medan magnet homogen 2) Hanya saat melewati garis Y, karena loop melewati daerah dengan $\vec{B} \neq 0$ 3) Karena di garis Y nilai $\vec{B} \neq 0$ dan di garis X dan Z ada yang $\vec{B} = 0$
C	2	Hanya pada garis Y yang arus induksinya mengalir dalam loop
D*	73	1) Arus induksi yang mengalir di dalam loop lingkaran hanya dihasilkan saat loop melewati garis 1 dan 2, dan saat melewati garis Y tidak timbul arus induksi. 2) Saat loop lingkaran melewati $\vec{B} = 0$ kemudian melewati medan homogeni sehingga arus induksi terjadi ketika loop melewati medan magnet tersebut, yaitu pada saat garis X dan Z 3) Terjadi perubahan fluks magnet
abstain	9	-

Berdasarkan data pada Tabel 3, sejumlah sembilan responden dalam soal tersebut menjawab opsi A, yaitu arus induksi akan timbul hanya saat loop melewati garis X. Ada tiga label jawaban secara umum dalam pemilihan opsi tersebut. Pertama menyatakan bahwa saat melewati garis X maka loop akan dialiri arus lebih banyak, meskipun medan magnetnya nol. Alasan ini

menyiratkan bahwa responden tidak memahami konsep GGL induksi dan tidak mengetahui bahwa sebelum di garis X tidak ada garis medan yang menembus loop hingga masuk garis X yang ada garis medan yang menembus. Alasan kedua dan ketiga menyatakan bahwa hanya saat loop melewati garis X maka akan timbul arus induksi, karena setelah melewati garis tersebut  $\vec{B} \neq 0$ . Pemilihan alasan tersebut sudah benar, tetapi kurang lengkap. Arus listrik induksi tidak hanya terjadi saat melewati garis X, tetapi juga saat melewati garis Z. Sembilan responden lainnya menjawab opsi B yang menyatakan bahwa saat memasuki garis Y saja terjadi arus induksi. Ketiga alasan yang dikemukakan responden seperti pada Tabel 3, tidak mencerminkan pemahaman yang baik dari responden. Mereka menganggap bahwa arus induksi akan muncul saat loop berada di daerah yang dipengaruhi medan magnet homogen. Konsep ini jelas keliru, karena arus induksi akan timbul akibat adanya GGL induksi yang ditimbulkan oleh perubahan fluks terhadap waktu. Munculnya alasan ini diduga karena responden tidak memahami sepenuhnya tentang konsep GGL induksi.

Ada pula dua responden yang memilih opsi C, yaitu hanya saat loop melewati garis Z akan timbul arus induksi. Pemahaman ini kurang utuh, karena dalam fenomena yang disajikan oleh soal, arus listrik induksi akan timbul saat melewati garis X dan Z. Saat melewati garis X maka loop bergerak dari daerah dengan  $\vec{B} = 0$  menuju daerah dengan  $\vec{B} \neq 0$ , sedangkan saat melewati garis Z maka loop bergerak dari daerah dengan  $\vec{B} \neq 0$  menuju daerah dengan  $\vec{B} = 0$ . Perubahan medan magnetik ini akan menghasilkan GGL induksi dan memunculkan arus listrik induksi.

Ketiga konsep yang telah dibahas tersebut menyatakan bahwa pemahaman konsep mahasiswa pendidikan Fisika tentang induksi elektromagnetik belum merata. Hal ini ditunjukkan dari beragamnya persentase jawaban benar yang dicapai oleh mahasiswa pendidikan Fisika dalam menyelesaikan permasalahan konsep fisika yang sama. Pada soal dengan beberapa bentuk yang berbeda menghasilkan alur pemikiran yang berbeda. Soal-soal yang umum dan sering dibahas dalam buku-buku mencapai persentase tertinggi dari perolehan jawaban benar, sedangkan soal yang tidak cukup umum mendapatkan persentase jawaban benar yang rendah.

### SIMPULAN

Berdasarkan survei dengan memberikan tiga permasalahan konseptual induksi elektromagnetik soal pada 102 mahasiswa Pendidikan Fisika diketahui bahwa pemahaman konsepnya belum merata. Merujuk pada Gambar 1 yang menunjukkan pada soal dengan konsep yang sama, pencapaian jawaban benar dari beberapa responden berbeda. Persentase yang kurang dari 25% menunjukkan bahwa responden belum memahami konsep dengan baik, sedangkan persentase yang melampaui 75% bisa dinyatakan bahwa responden memahami konsep tersebut dengan baik. Hasil ini juga mencerminkan masih terdapat kesulitan dalam memahami konsep Fisika oleh mahasiswa pendidikan Fisika setelah mempelajari konsep tersebut pada jenjang sebelumnya.

Uraian di atas menyatakan bahwa walaupun telah menempuh matakuliah yang mempelajari konsep induksi elektromagnetik, tetapi belum semua menguasai konsep tersebut dan masih ada kesulitan yang dialami. Beberapa hal yang dapat disarankan untuk penelitian selanjutnya adalah agar mendesain sebuah pembelajaran yang dapat memfasilitasi siswa untuk mencapai pemahaman konsep yang baik. Saran kedua yaitu dengan memberikan latihan soal atau pendalaman materi yang lebih lanjut untuk memperkokoh pemahaman konsep mahasiswa dan memperbaiki konsepsi yang masih keliru.

### DAFTAR RUJUKAN

- Albe, V., Venturini, P., Lascours, J., Albe, V., Venturini, P., Lascours, J., & Concepts, E. (2014). Electromagnetic Concepts in Mathematical Representation of Physics To cite this version : Electromagnetic Concepts in Mathematical Representation of Physics.
- Docktor, J. L., & Mestre, J. P. (2014). Synthesis of dicipline-based education research in physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 10(2), 1–58. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.020119>
- Galili, I., Kaplan, D., & Lehavi, Y. (2006). Teaching Faraday's law of electromagnetic induction in an introductory physics course. *American Journal of Physics*, 74(4), 337–343. <https://doi.org/10.1119/1.2180283>
- Guisasola, J., Almudi, J. M., & Zuza, K. (2013). University students' understanding of electromagnetic induction. *International Journal of Science Education*, 35(16), 2692–2717. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.624134>
- Halim, L., Yong, T. K., Subahan, T., & Meerah, M. (2014). Overcoming Students' Misconceptions on Forces in Equilibrium: An Action Research Study. *Creative Education*, 5(June), 1032–1042. <https://doi.org/dx.doi.org/10.4236/ce.2014.511117>
- Hung, W., & Jonassen, D. H. (2006). Conceptual understanding of causal reasoning in physics. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1601–1621. <https://doi.org/10.1080/09500690600560902>
- Kuo, E., & Wieman, C. E. (2016). Toward instructional design principles: Inducing Faraday's law with contrasting cases. *Physical Review Physics Education Research*, 12(1), 1–14. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010128>
- Saifullah, A. M., Sutopo, S., & Wisodo, H. (2017). Senior high school students' difficulties in solving impulse and momentum problems. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.15294/jpii.v6i1.9593>
- Salehi, S., Keil, M., Kuo, E., & Wieman, C. E. (2015). How to structure an unstructured activity: Generating physics rules from simulation or contrasting cases. *2015 Physics Education Research Conference Proceedings*, (September), 291–294. <https://doi.org/10.1119/perc.2015.pr.068>

- Thong, W. M., & Gunstone, R. (2008). Some student conceptions of electromagnetic induction. *Research in Science Education*, 38(1), 31–44. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9038-9>
- Turányi, T., & Tóth, Z. (2013). Hungarian university students' misunderstandings in thermodynamics and chemical kinetics. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 14(1), 105–116. <https://doi.org/10.1039/C2RP20015E>
- Zuza, K., Almudí, J. M., Leniz, A., & Guisasola, J. (2014). Addressing students' difficulties with Faraday's law: A guided problem solving approach. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 10(1), 1–16. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.010122>