



Reduksi miskonsepsi mahasiswa Teknik Elektro pada materi induksi elektromagnetik melalui laboratorium virtual *PhET*

Defrianto Pratama *

Program Studi DIII Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Indonesia
 Email: defrianto.pratama@polban.ac.id

* Penulis korespondensi

Informasi artikel

Sejarah artikel:
 Dikirim 08/06/23
 Revisi 16/07/23
 Diterima 29/07/23

Kata kunci:

Miskonsepsi
 Laboratorium virtual
 PhET
 Pemahaman Konsep
 Induksi Elektromagnetik

Keywords:

Misconceptions
 Virtual Lab
 PhET
 Concept Understanding
 Electromagnetic Induction

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mereduksi jumlah mahasiswa Jurusan Teknik Elektro yang mengalami miskonsepsi pada 7 konsep Induksi Elektromagnetik. Laboratorium Virtual *PhET* digunakan dalam perkuliahan untuk mengatasi miskonsepsi. Penelitian ini menggunakan desain *one-group pretest-posttest*. *Pretest* dan *posttest* menggunakan soal diagnostik miskonsepsi *Four-tier test*. Hasil tes diagnostik miskonsepsi menggunakan *Four-tier test* menunjukkan rata-rata sebanyak 39,86% mahasiswa mengalami miskonsepsi pada tiap konsep, kemudian setelah diterapkan kegiatan laboratorium virtual rata-rata jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi berkurang menjadi 10,71%. Uji *McNemar* menunjukkan bahwa terjadi perubahan yang signifikan jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi pada setiap konsep, setelah dilakukan kegiatan laboratorium virtual. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan laboratorium virtual *PhET* efektif dalam mereduksi miskonsepsi mahasiswa pada materi induksi elektromagnetik.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



ABSTRACT

Reducing misconceptions of electrical engineering students on electromagnetic induction concept through PhET virtual laboratory. This study aims to reduce the number of Electrical Engineering students who experience misconceptions about the 7 concepts of Electromagnetic Induction. The PhET Virtual Laboratory is used in lectures to overcome misconceptions. This study used a one-group pretest-posttest design. Pretest and posttest use misconception diagnostic test. The results of the misconception diagnostic test using the Four-tier test show that an average of 39.86% of students experience misconceptions about each concept, then after implementing virtual laboratory activities the average number of students who experience misconceptions decreases to 10.71%. The McNemar test shows that there is a significant change in the number of students who experience misconceptions about each concept, after the virtual laboratory activities are carried out. These results indicate that the implementation of the PhET virtual laboratory is effective in reducing student misconceptions about electromagnetic induction.

How to Cite:

Pratama, D. (2023). Reduksi miskonsepsi mahasiswa Teknik Elektro pada materi induksi elektromagnetik melalui laboratorium virtual PhET. *Berkala Fisika Indonesia: Jurnal Ilmiah Fisika, Pembelajaran Dan Aplikasinya*, 14(2), 100–112. <https://doi.org/10.12928/bfi-jifpa.v14i2.26397>

Pendahuluan

Pemahaman konsep induksi elektromagnetik sangat penting bagi mahasiswa Teknik elektro. Induksi elektromagnetik adalah salah satu prinsip dasar dalam bidang ini yang memainkan peran kunci dalam berbagai aplikasi teknologi modern (Susilo *et al.*, 2021). Konsep ini melibatkan pembentukan medan listrik dengan mengubah medan magnet atau sebaliknya melalui perubahan fluks magnetik yang melintasi suatu konduktor. Mahasiswa teknik elektro perlu memahami induksi elektromagnetik untuk menguasai berbagai aplikasi penting, seperti transformator, generator listrik, motor listrik, dan sistem tenaga (Mahardika *et al.*, 2021) Dalam transformator, pemahaman yang kuat tentang induksi elektromagnetik diperlukan untuk merancang dan menganalisis transformator yang efisien. Sementara itu, dalam generator listrik, prinsip induksi elektromagnetik digunakan untuk menghasilkan energi listrik dari energi mekanik, sedangkan dalam motor listrik, induksi elektromagnetik digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Selain itu, pemahaman konsep induksi elektromagnetik juga penting dalam sistem tenaga, terutama dalam kaitannya dengan distribusi dan transmisi energi listrik. Pemahaman yang baik tentang induksi elektromagnetik memungkinkan mahasiswa untuk merancang sistem tenaga yang efisien, memahami fenomena seperti sengatan listrik, dan mengidentifikasi masalah yang berkaitan dengan induksi elektromagnetik dalam sistem tenaga.

Secara keseluruhan, pemahaman konsep induksi elektromagnetik menjadi fondasi penting bagi mahasiswa Teknik elektro. Hal ini tidak hanya memberikan pengetahuan dasar tentang prinsip-prinsip yang mendasari teknologi modern, tetapi juga membantu dalam merancang sistem tenaga yang efisien, memecahkan masalah, dan mengembangkan kemampuan analitis yang kuat (Yunita & Ilyas, 2019). Dengan pemahaman yang baik tentang induksi elektromagnetik, mahasiswa Teknik elektro akan siap untuk menghadapi tantangan yang kompleks di bidang ini dan berkontribusi dalam mengembangkan teknologi masa depan.

Salah satu miskonsepsi umum yang sering terjadi pada mahasiswa adalah memahami induksi elektromagnetik hanya sebagai hubungan sebab-akibat antara medan magnet dan arus listrik (Shofiyah, 2021). Padahal, pemahaman yang lebih mendalam mengungkapkan bahwa induksi elektromagnetik melibatkan interaksi antara medan magnet yang berubah dan konduktor yang bergerak, serta prinsip dasar hukum Faraday dan hukum Lenz. Miskonsepsi lain yang sering muncul adalah menganggap bahwa induksi elektromagnetik hanya terjadi dalam suatu transformator atau generator listrik yang khusus dirancang untuk tujuan tertentu (Suma, 2019). Padahal, induksi elektromagnetik dapat terjadi dalam berbagai situasi sehari-hari, seperti saat seutas kawat bergerak melalui medan magnet atau saat medan magnet berubah dalam suatu kumparan.

Ketika mahasiswa memiliki pemahaman yang tidak akurat tentang konsep ini, mereka mungkin kesulitan dalam menganalisis dan merancang rangkaian atau sistem yang melibatkan induksi elektromagnetik. Selain itu, miskonsepsi ini juga dapat menghambat kemampuan mahasiswa untuk

memahami prinsip dasar lainnya dalam elektromagnetik yang bergantung pada pemahaman yang benar tentang induksi (Hidayatullah, 2020). Oleh karena itu, penting bagi mahasiswa teknik elektro untuk memperoleh pemahaman yang mendalam tentang konsep induksi elektromagnetik. Hal ini dapat dicapai melalui pendekatan pembelajaran yang aktif, seperti eksperimen laboratorium (Suwindra & Mardana, 2018), simulasi komputer (Upayogi & Juliawan, 2019), dan pembelajaran inkuiri (Kurniawan, 2021). Dengan memahami dengan baik konsep ini, mahasiswa akan dapat mengaplikasikan pengetahuan mereka dengan lebih efektif dalam memecahkan masalah nyata dan merancang sistem elektromagnetik yang kompleks.

Salah satu metode yang efektif untuk mengatasi miskonsepsi mahasiswa adalah menggunakan virtual lab *Physics Education Technology (PhET)* (Aida, 2023). *PhET (Physics Education Technology)* adalah *platform* pembelajaran interaktif yang menyediakan simulasi berbasis komputer untuk memvisualisasikan konsep fisika secara interaktif yang dikembangkan oleh *University of Colorado*. Dalam hal ini, mahasiswa dapat menggunakan simulasi *PhET* untuk secara visual dan interaktif mempelajari dan menguji konsep induksi elektromagnetik. Simulasi *PhET* dapat memungkinkan mahasiswa untuk melakukan percobaan virtual di mana mereka dapat mengubah medan magnet, menggerakkan konduktor, atau mengubah parameter lainnya yang terkait dengan induksi elektromagnetik. Dengan melakukan eksperimen virtual, mahasiswa dapat mengamati secara langsung bagaimana perubahan medan magnet dan gerakan konduktor berkontribusi terhadap terjadinya induksi elektromagnetik. Hal ini dapat membantu mahasiswa untuk melihat hubungan sebab-akibat antara perubahan medan magnet dan arus listrik yang dihasilkan.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah menguji pengaruh laboratorium virtual dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika dan mengurangi miskonsepsi pada mahasiswa. Penelitian yang dilakukan oleh Yunita dkk. (2019) menunjukkan peningkatan positif dari pemahaman konsep mahasiswa pada materi rangkaian listrik setelah diterapkannya laboratorium virtual *PhET*. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Hamdani (2022) menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual *PhET* secara signifikan dapat mereduksi miskonsepsi mahasiswa pada materi efek fotolistrik. Verawati dkk. (2022) menunjukkan bahwa penerapan laboratorium virtual *PhET* dalam perkuliahan fisika modern dapat membantu penalaran konsep mahasiswa. Halim dkk. (2020) menunjukkan bahwa penggunaan virtual lab *PhET* juga dapat mereduksi miskonsepsi mahasiswa pada perkuliahan fisika modern.

Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa laboratorium virtual dapat menjadi alat yang efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika dan mengurangi miskonsepsi pada siswa dan mahasiswa. Dengan menggunakan laboratorium virtual, siswa dapat mengalami pembelajaran yang lebih interaktif, visual, dan praktis, yang memungkinkan mereka untuk menguji konsep secara langsung dan memperoleh pemahaman yang lebih mendalam. Selain itu, laboratorium virtual juga memungkinkan siswa untuk melihat dampak dari kesalahan miskonsepsi mereka secara langsung,

sehingga dapat membantu mereka mengatasi pemahaman yang salah dan memperbaiki konsep yang keliru. Pada penelitian kali ini akan menggunakan simulasi laboratorium virtual *PhET* untuk mengatasi miskonsepsi mahasiswa pada materi induksi elektromagnetik. Keterbaharuan penelitian ini adalah mahasiswa melakukan kegiatan laboratorium virtual sebagai pengganti kegiatan laboratorium pada materi induksi elektromagnetik sebagai inovasi pembelajaran daring selama pandemi.

Penelitian ini bertujuan mengetahui penurunan jumlah mahasiswa teknik elektro yang mengalami miskonsepsi mengenai induksi elektromagnetik dengan menggunakan simulasi *PhET* sebagai pengganti kegiatan laboratorium, selama perkuliahan fisika terapan secara online dikarenakan pandemi.

Metode

Penelitian ini menggunakan desain *one-group pretest-posttest*. *Pretest* dan *posttest* menggunakan soal diagnostik miskonsepsi *Four-tier test*. Penelitian ini dilakukan pada 124 mahasiswa Jurusan Teknik Elektro tingkat pertama yang mengikuti perkuliahan Fisika Terapan. *Pretest* dilakukan setelah topik Induksi Elektromagnetik selesai dibahas, kemudian setelah itu mahasiswa diberikan kegiatan Virtual Lab menggunakan simulasi *PhET*, selanjutnya *posttest* dilakukan untuk mengetahui jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi setelah diberikan perlakuan.

Four-tier test merupakan jenis tes diagnostik yang digunakan untuk mengenali kesalahan pemahaman konsep (miskonsepsi) yang dialami oleh mahasiswa. Tes ini terdiri dari empat tingkat pertanyaan. Pada tingkat pertama, peserta tes dihadapkan dengan pertanyaan mengenai pemahaman konsep dan disediakan lima pilihan jawaban. Pada tingkat kedua, peserta diminta untuk menunjukkan keyakinan mereka dalam menjawab pertanyaan pada tingkat pertama. Tingkat ketiga mengandung opsi alasan mengapa peserta memilih jawaban pada tingkat pertama, dengan empat pilihan alasan yang disediakan. Pada tingkat keempat, peserta diminta untuk mengevaluasi tingkat keyakinan mereka terhadap alasan jawaban sebelumnya (Kaniawati *et al.*, 2019).

Four-tier test memiliki beberapa keunggulan dalam mengidentifikasi kemungkinan terjadinya miskonsepsi. Salah satu keunggulannya adalah kemampuannya dalam membedakan antara keyakinan peserta dalam menjawab konsep dan alasan yang mereka pilih. Hal ini memungkinkan pengukuran pemahaman peserta secara lebih mendalam serta analisis miskonsepsi yang lebih terperinci. Selain itu, *Four-tier test* juga efektif dalam mengidentifikasi bagian-bagian materi yang membutuhkan pemahaman lebih lanjut oleh peserta (Jannah *et al.*, 2020). Metode ini juga berguna dalam merencanakan pendekatan pengajaran yang lebih efektif dalam mencegah terjadinya miskonsepsi oleh peserta didik. Hasil tes diagnostik miskonsepsi kemudian akan dianalisis berdasarkan kriteria pengelompokkan miskonsepsi menggunakan *four-tier test* seperti pada Tabel 1.

Uji *McNemar* diterapkan dalam menguji hipotesis bahwa kegiatan Laboratorium Virtual *PhET* dapat mereduksi jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi. Uji *McNemar* adalah metode statistik yang digunakan untuk membandingkan proporsi atau frekuensi dua variabel biner yang diukur pada

waktu yang sama pada sampel yang sama, pada penelitian ini 0 untuk tidak mengalami miskonsepsi dan 1 untuk mengalami miskonsepsi. Uji *McNemar* biasanya digunakan dalam studi *kohort* atau penelitian dengan desain pasangan terkait, di mana data dikumpulkan dari subjek yang sama sebelum dan sesudah diberikan perlakuan.

Tabel 1. Kriteria pengelompokan pemahaman konsep menggunakan *four-tier test* (Kaniawati et al., 2019)

Tingkat 1	Pola jawaban			Kategori
	Tingkat 2	Tingkat 3	Tingkat 4	
Salah	Yakin	Salah	Yakin	Miskonsepsi
Benar	Yakin	Benar	Yakin	Paham konsep
Benar	Tidak yakin	Benar	Tidak Yakin	Paham konsep sebagian
Benar	Yakin	Benar	Tidak Yakin	
Benar	Tidak Yakin	Benar	Yakin	
Benar	Tidak Yakin	Salah	Tidak Yakin	
Salah	Tidak Yakin	Benar	Tidak Yakin	
Salah	Tidak Yakin	Benar	Yakin	
Benar	Yakin	Salah	Yakin	
Salah	Yakin	Benar	Yakin	
Benar	Yakin	Salah	Tidak yakin	
Salah	Tidak Yakin	Salah	Tidak yakin	Tidak paham konsep
Salah	Yakin	Salah	Tidak yakin	
Salah	Tidak Yakin	Salah	Yakin	
	Tidak menjawab penuh di semua tingkat			Tidak dapat dikodekan

Hasil dan Pembahasan

Tes diagnostik pertama (*pretest*) dilakukan sebelum mahasiswa melakukan kegiatan eksperimen virtual menggunakan simulasi *PhET*, untuk memetakan bagaimana pemahaman konsep mahasiswa pada 7 konsep mengenai induksi elektromagnetik yang telah diberikan di perkuliahan. Tes diagnostik yang diberikan terdiri dari 7 butir soal *Four-tier test* untuk mengukur tingkat pemahaman pada 7 konsep induksi elektromagnetik, contoh soal tes diagnostik dapat dilihat pada Gambar 1.

No. 1
Tingkat pertama:

I. Magnet digerakan ke kiri dan ke kanan di sisi luar kumparan
II. Magnet digerakan masuk dan keluar kumparan
III. Magnet digerakan ke atas dan ke bawah di sisi luar kumparan
IV. Magnet diputar di sisi luar kumparan

1.1 Perhatikan Gambar diatas! Cara yang dapat menghasilkan GGL induksi adalah No....
A. I dan III
B. II dan IV
C. II
D. I, II, dan III
E. I, II, III dan IV

Tingkat kedua
1.2 Apakah yakin dengan jawaban Anda pada soal 1.1?
A. Yakin B. Tidak

Tingkat ketiga
1.3 Apa alasan untuk jawaban pada soal 1.1?
A. Kecepatan magnet menyebabkan GGL induksi.
B. Perubahan fluks magnet yang menyebabkan GGL induksi.
C. GGL induksi terjadi hanya terjadi ketika magnet bergerak dalam kumparan.
D. Kumparan menyerap energi magnet ketika magnet bergerak dalam kumparan, sehingga muncul GGL induksi.

Tingkat keempat
1.4 Apakah Anda yakin dengan jawaban pada soal 1.3?
A. Yakin B. Tidak

No. 7
Tingkat pertama:

7.1 Perhatikan Gambar diatas! Sebuah kawat tembaga berbentuk lingkaran ditarik ke dalam medan magnet B seragam, maka arah arus induksi yang benar adalah pada no....
A. I dan IV
B. II dan III
C. II dan IV
D. I dan III
E. Tidak dapat ditentukan

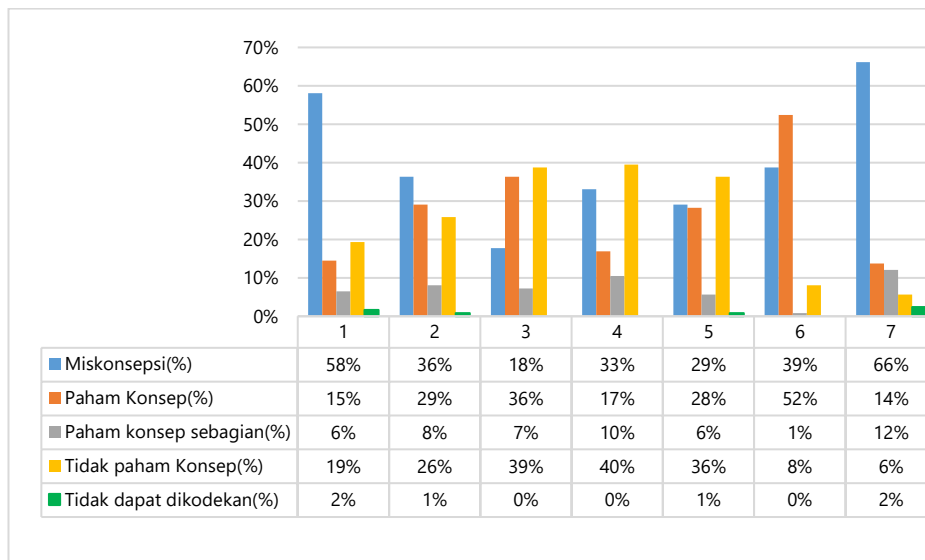
Tingkat kedua
7.2 Apakah Anda yakin dengan jawaban pada soal 7.1?
A. Yakin B. Tidak

Tingkat ketiga
7.3 Apa alasan untuk jawaban pada soal 7.1?
A. Arah arus induksi menggunakan kaidah tangan kanan berdasarkan arah medan B.
B. Arah arus induksi sesuai besarnya medan magnet B.
C. Arah arus induksi sedemikian rupa dengan tujuan memperkecil fluks magnet.
D. Arah arus induksi sedemikian rupa dengan tujuan memperbesar fluks magnet.

Tingkat keempat
7.4 Apakah Anda yakin dengan jawaban pada soal 7.3?
A. Yakin B. Tidak

Gambar 1. Contoh soal tes diagnostik *Four-tier test* pada materi induksi elektromagnetik.

Hasil pemetaan tes diagnostik dapat dilihat pada Gambar 2, terlihat bahwa pada setiap konsep yang diujikan terdapat mahasiswa mengalami miskonsepsi. Rata-rata sebanyak 39,86% mahasiswa mengalami miskonsepsi pada 7 konsep induksi elektromagnetik dan rata-rata persentase mahasiswa yang hanya benar-benar paham konsep sebesar 27,30%. Secara umum miskonsepsi yang dialami mahasiswa pada tiap konsep dapat dilihat pada Tabel 2.

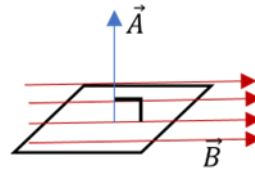


Gambar 2. Hasil pemetaan tes diagnostik miskonsepsi pada *pretest*

Dapat dilihat bahwa jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi pada konsep 1 dan konsep 7 melebihi 50%. Pada konsep 1, mahasiswa menganggap bahwa syarat terjadinya induksi elektromagnetik pada kumparan yaitu hanya dengan menggerakkan magnet ke dalam kumparan, padahal secara umum induksi elektromagnetik disebabkan oleh perubahan fluks. Perubahan fluks bisa terjadi juga jika magnet digerakkan ke sisi luar kumparan. Miskonsepsi ini terjadi karena pada berbagai sumber belajar fenomena yang dijadikan contoh biasanya magnet yang digerakan keluar masuk kumparan dan mahasiswa tidak mendapat pengalaman dengan mencoba secara eksperimen, sesuai dengan hasil penelitian bahwa miskonsepsi berasal dari penafsiran yang salah terhadap informasi (Antink & Meyer, 2016), dan pengalaman yang terbatas dalam suatu konsep, sehingga dengan mengandalkan pengetahuan yang terbatas tersebut dan membuat asumsi yang tidak akurat (Halim & Lestari, 2019). Pada konsep 7, mahasiswa menganggap bahwa arah arus induksi dapat dicari dengan kaidah tangan kanan berdasarkan arah medan magnet luar, padahal arah arus induksi sesuai arah medan magnet imbas yang muncul akibat melawan perubahan fluks sesuai hukum Lenz. Miskonsepsi ini terjadi akibat kesalahpahaman dalam menerapkan hukum Lenz karena tidak memahami prinsip-prinsip mendasar dari hukum Lenz, sesuai dengan penelitian bahwa pemahaman yang dangkal terhadap prinsip-prinsip mendasar dari sebuah konsep dapat menyebabkan miskonsepsi (Suprpto, 2020).

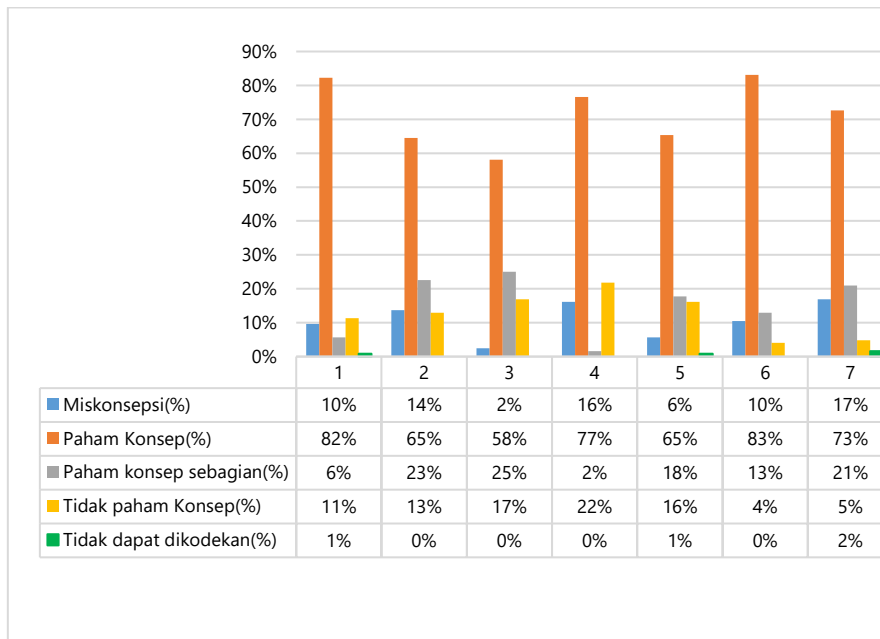
Tabel 2. Tipe miskonsepsi yang dialami mahasiswa

No. soal	Konsep	Miskonsepsi	Konsep yang benar
1.	Penyebab terjadinya GGL induksi.	GGL induksi tidak akan terjadi jika magnet digerakan diluar kumparan (tidak dimasukan ke dalam kumparan).	GGL induksi juga terjadi jika magnet di gerakan di sisi luar kumparan, karena yang menyebabkan GGL induksi adalah perubahan fluks magnet yang menembus kumparan, walaupun magnet digerakan di sisi luar kumparan juga bisa menyebabkan perubahan fluks magnet.
2.	Pengaruh arah gerak magnet terhadap GGL induksi.	GGL induksi pada kumparan akan lebih besar jika magnet digerakan mendekat kumparan dibandingkan magnet digerakan menjauhi kumparan.	Nilai GGL induksi hanya bergantung dengan laju gerak dari magnet (laju perubahan Fluks), kecepatan magnet sama tetapi arah gerak berbeda menyebabkan nilai GGL induksi negatif atau positif, bukan membesar atau mengecil.
3.	Pengaruh arah perubahan fluks magnet terhadap polaritas GGL Induksi	GGL Induksi bernilai positif jika magnet digerakan mendekati kumparan, dan negatif ketika dijauhkan dari kumparan.	Polaritas GGL induksi tergantung dari arah perubahan fluks magnet yang terjadi, dengan melawan perubahan fluks sesuai dengan hukum Lenz
4.	Pengaruh perubahan medan magnet terhadap arus induksi.	Kumparan yang bergerak lurus dalam medan magnet yang seragam akan menghasilkan arus induksi.	Tidak akan terjadi perubahan Fluks magnet ketika kumparan bergerak pada medan magnet yang seragam, sehingga nilai total GGL induksi nol dan tidak muncul arus listrik.
5.	Pengaruh perubahan luas loop terhadap GGL induksi.	Jika luas penampang kumparan membesar GGL induksi yang terjadi akan lebih besar dibandingkan ketika luas penampang mengecil pada medan magnet yang seragam.	Besar GGL induksi hanya bergantung pada laju perubahan luasnya (laju perubahan Fluks) bukan dari membesar atau mengecilnya luas.
6.	Pengaruh perubahan sudut loop terhadap GGL induksi	Besar GGL induksi maksimum yang terjadi untuk kasus kumparan yang di rotasikan dalam medan magnet seragam terjadi ketika posisi kumparan dan medan magnet searah (Fluks yang menembus maksimum) .	Menurut persamaan : $\varepsilon = NBA\omega \sin \theta$ bahwa nilai GGL maksimum terjadi ketika $\sin \theta = 1$ atau $\theta = 90^\circ$ atau 270° , yaitu ketika tidak ada fluks yang menembus kumparan.
7.	Penerapan Hukum Lenz untuk menentukan arah arus induksi	Arah arus induksi dapat dicari dengan kaidah tangan kanan berdasarkan dengan arah medan magnet luar	Arah arus induksi yang terjadi harus melawan perubahan fluks magnet dengan menghadirkan medan magnet imbas yang melawan perubahan fluks, jadi arah induksi arus berdasarkan dengan arah medan magnet imbas yang terjadi, bukan berdasarkan medan magnet luar.

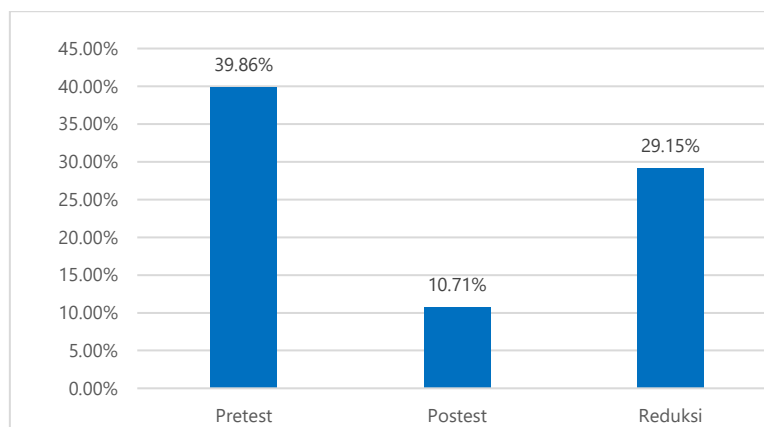


Pada Gambar 3, hasil pemetaan tes diagnostik setelah mahasiswa diberikan kegiatan eksperimen virtual menggunakan simulasi *PhET* menunjukkan penurunan persentase jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi pada setiap konsep rata-rata menjadi 10,71% dan rata-rata persentase jumlah mahasiswa yang paham konsep meningkat menjadi 71,77%.

Reduksi miskonsepsi dapat dilihat dari penurunan persentase jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi setelah melakukan kegiatan eksperimen virtual. Gambar 4 menunjukkan penerapan laboratorium virtual dapat mereduksi rata-rata persentase jumlah mahasiswa sebesar 29,15%.



Gambar 3. Hasil pemetaan tes diagnostik miskonsepsi pada *posttest*.

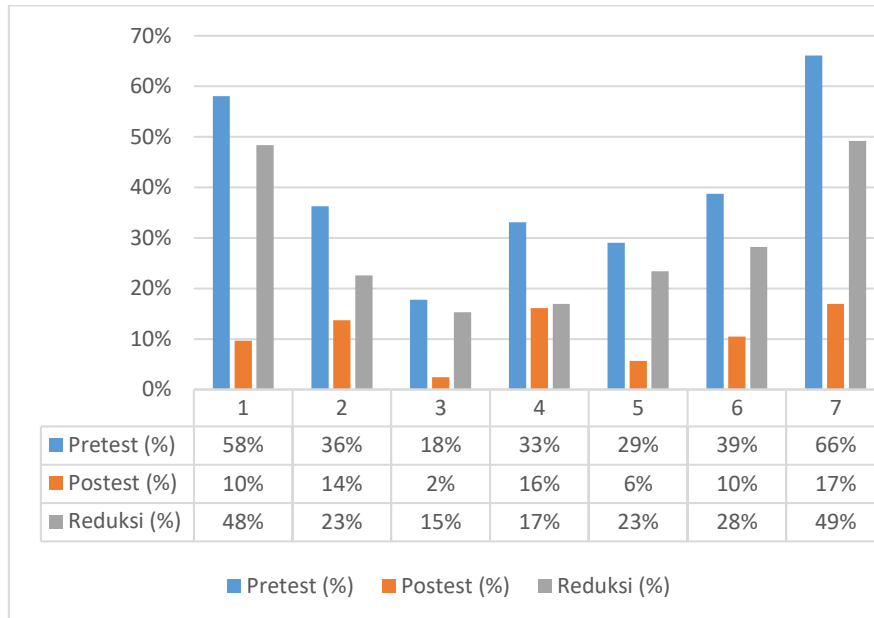


Gambar 4. Reduksi miskonsepsi setelah kegiatan laboratorium virtual

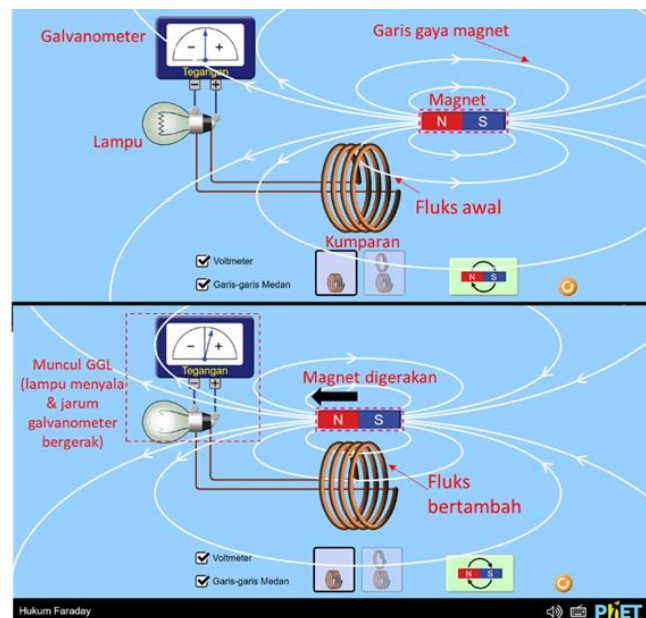
Gambar 5 menunjukan bahwa setelah dilakukannya kegiatan laboratorium virtual, terjadi reduksi persentase jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi pada setiap konsep yang diujikan. Awalnya persentase jumlah mahasiswa dengan miskonsepsi terbanyak yaitu pada konsep 1 dan konsep 7, setelah dilakukannya kegiatan laboratorium virtual penurunannya memiliki nilai terbesar yaitu berkurang 48% dan 49%. Hal tersebut menunjukkan bahwa kegiatan laboratorium virtual dapat membantu dalam membangun pemahaman konsep yang utuh, sehingga tepat dalam mengurangi miskonsepsi mahasiswa.

Sebelum diberikan perlakuan, 58% mahasiswa menganggap bahwa jika magnet digerakkan di luar kumparan maka GGL induksi tidak akan terjadi. Simulasi *PhET* dapat memodelkan bagaimana pergerakan magnet di sekitar kumparan dapat membuat galvanometer bergerak, dan bisa menampilkan bahwa ada perubahan fluks magnet yang menembus kumparan (digambarkan dengan

garis gaya magnet) ketika magnet digerakkan di sekitar kumparan. Pemodelan tersebut memberikan pemahaman bahwa syarat terjadi GGL induksi yaitu perubahan fluks magnetik yang menembus kumparan, walaupun magnet digerakkan di luar kumparan tetap akan mengalami GGL induksi karena terjadi juga perubahan fluks magnetik. Pada Gambar 6 memperlihatkan simulasi *PhET* yang dapat memodelkan perilaku induksi elektromagnetik pada kasus magnet yang bergerak di sekitar kumparan.



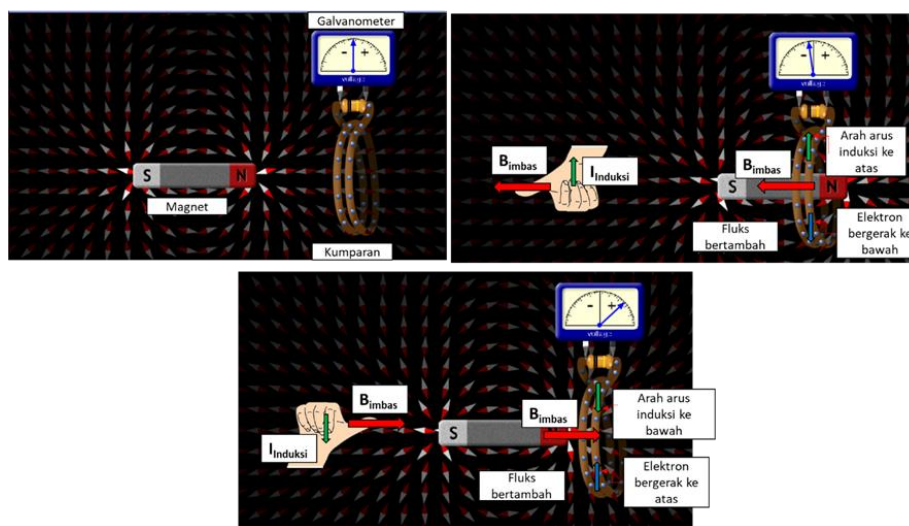
Gambar 5. Profil reduksi miskonsepsi pada setiap konsep.



Gambar 6. Simulasi *PhET* yang memodelkan pengaruh gerak magnet terhadap GGL induksi pada kumparan.

Sebanyak 66 % mahasiswa sebelum diberikan perlakuan menganggap bahwa arah arus induksi dapat dicari dengan kaidah tangan kanan berdasarkan dengan arah medan magnet luar. Simulasi *PhET* dapat memodelkan arah arus induksi ketika terjadi perubahan fluks magnet pada kumparan. Arus

induksi dapat dilihat dari gerak elektron pada kumparan dan arah arus induksi berlawanan arah dengan gerak elektron. Lampu akan menyala ketika magnet bergerak di sekitar kumparan dan arah arus induksi (elektron akan bergerak) memenuhi hukum Lenz. Gambar 7 menunjukan pemodelan arah arus induksi, ketika kutub utara magnet digerakkan mendekati kumparan, maka fluks magnet akan bertambah karena jumlah garis gaya magnet yang arahnya masuk ke kumparan bertambah (ke kanan). Menurut Hukum Lenz medan magnet imbas karena arus induksi harus melawan perubahan fluks magnet, karena fluks magnet bertambah dengan arah ke kanan maka arah medan magnet karena arus induksi harus ke kiri, tujuannya untuk mengurangi fluks magnet. Arah arus induksi berdasarkan pada arah medan magnet imbas yang terjadi, dengan begitu arah arus induksi ke atas atau elektron pada kumparan bergerak ke bawah. Sebaliknya, jika magnet bergerak menjauhi kumparan maka fluks magnet yang menembus kumparan akan berkurang, sehingga arah medan imbas harus searah dengan arah medan magnet luar yaitu ke kanan untuk menambah fluks magnet. Arah arus induksi akan ke bawah atau arah gerak elektron pada kumparan akan ke atas sesuai dengan arah medan magnet imbas yang terjadi.



Gambar 7. Simulasi *PhET* yang memodelkan arah arus induksi dengan perubahan fluks magnet.

Uji *McNemar* dilakukan untuk mengetahui signifikansi dari reduksi jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi setelah diterapkan kegiatan laboratorium virtual. Hasil uji *McNemar* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji *McNemar*

Konsep ke-	χ^2_{hitung}	χ^2_{tabel}	Keterangan
1	59,43	3,84	Ha Diterima
2	26,06	3,84	Ha Diterima
3	17,64	3,84	Ha Diterima
4	19,38	3,84	Ha Diterima
5	26,24	3,84	Ha Diterima
6	57,12	3,84	Ha Diterima
7	72,61	3,84	Ha Diterima

Tabel 3 menunjukkan bahwa $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{tabel}$ untuk setiap konsep yang diujikan. Terdapat perubahan yang signifikan antara jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi sebelum diterapkan kegiatan laboratorium virtual dengan jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi setelah diterapkan kegiatan laboratorium virtual. Melalui laboratorium virtual, mahasiswa dapat melihat secara langsung bagaimana konsep-konsep yang diajarkan diterapkan dalam situasi nyata. Melalui simulasi atau percobaan virtual, mahasiswa dapat mengamati bagaimana perubahan variabel atau interaksi antara konsep-konsep yang berbeda mempengaruhi hasil (Haryadi & Pujiastuti 2020). Pengamatan visual ini dapat membantu mahasiswa memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang konsep-konsep tersebut dan mengoreksi miskonsepsi yang mungkin mereka miliki sebelumnya. Mahasiswa juga dapat melakukan percobaan atau simulasi berulang kali tanpa batasan waktu atau sumber daya yang terbatas. Mereka dapat menguji berbagai skenario dan melihat hasilnya secara langsung. Dengan berulang kali berlatih dan mengamati hasilnya, mahasiswa dapat mencoba memahami konsep-konsep yang lebih baik dan memperbaiki miskonsepsi yang mungkin mereka miliki sebelumnya (Hapsari et al., 2021). Laboratorium virtual dapat memberikan umpan balik secara langsung kepada mahasiswa tentang hasil percobaan atau simulasi yang mereka lakukan. Umpan balik tersebut dapat memberikan informasi yang jelas tentang pemahaman mereka yang benar atau miskonsepsi yang perlu diperbaiki (Menéndez, et al., 2019). Dengan menerima umpan balik secara *real-time*, mahasiswa dapat langsung melakukan perubahan dalam pemahaman mereka dan mengoreksi miskonsepsi segera setelah terdeteksi.

Simpulan

Penerapan laboratorium virtual *PhET* efektif dalam mereduksi miskonsepsi mahasiswa Teknik Elektro pada materi induksi elektromagnetik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah diberikan perlakuan menggunakan laboratorium virtual *PhET*, jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi mengalami penurunan signifikan pada setiap konsep mengenai induksi elektromagnetik. Penggunaan uji *McNemar* juga menunjukkan perubahan yang signifikan antara jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi sebelum dan setelah perlakuan. Hal tersebut menunjukkan bahwa penerapan laboratorium virtual *PhET* memiliki dampak positif dalam mengurangi miskonsepsi pada mahasiswa dalam memahami konsep-konsep yang terkait dengan induksi elektromagnetik.

Temuan ini menunjukkan pentingnya menggunakan metode pembelajaran yang interaktif dan visual seperti laboratorium virtual *PhET* dalam memperbaiki pemahaman mahasiswa tentang konsep-konsep yang kompleks seperti induksi elektromagnetik. Dengan demikian, penerapan teknologi laboratorium virtual *PhET* dapat menjadi alternatif yang efektif untuk meningkatkan pembelajaran dalam bidang teknik elektro dan membantu mengurangi miskonsepsi mahasiswa.

Penelitian ini memiliki dampak signifikan dalam upaya pengembangan perkuliahan pada konsep-konsep fisika yang rumit. Pemanfaatan laboratorium virtual *PhET* bisa menjadi sarana yang efisien dalam mengurangi miskonsepsi mahasiswa dan meningkatkan pemahaman mereka terhadap materi yang

kompleks. Karena itu untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar pendekatan ini diadopsi dalam topik fisika lainnya guna mengetahui bagaimana efektivitas laboratorium virtual *PhET* dapat membantu mahasiswa meraih pemahaman konsep fisika yang lebih baik.

Referensi

- Aida, N. (2023). Literasi Digital dengan Penggunaan PHET Untuk Remediasi Miskonsepsi Mahasiswa Pada Materi Rangkaian Arus Searah. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, 11(1), 16-23. <https://doi.org/10.24252/jpf.v11i1.33635>
- Antink-Meyer, A., & Meyer, D. Z. (2016). Science Teachers' Misconceptions In Science and Engineering Distinctions: Reflections On Modern Research Examples. *Journal of Science Teacher Education*, 27(6), 625-647. <https://doi.org/10.1007/s10972-016-9478-z>
- Halim, A., & Lestari, D. (2019). Identification of The Causes of Misconception on The Concept Of Dynamic Electricity. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1280, No. 5, p. 052060). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1280/5/052060>
- Halim, A., Soewarno, S., Elmi, E., Zainuddin, Z., Huda, I., & Irwandi, I. (2020). The Impact of the E-Learning Module on Remediation of Misconceptions in Modern Physics Courses. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 6(2), 203-216. . <https://doi.org/10.21009/1.06207>
- Hamdani, H. (2022). Penerapan Virtual Laboratory untuk Mereduksi Jumlah Mahasiswa Calon Guru Fisika yang Mengalami Miskonsepsi Tentang Efek Foto Listrik. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(2), 275-282. <https://doi.org/10.20527/jjpf.v6i2.4810>
- Hapsari, A. S., Rohim, I. R. F., & Zahrah, Q. F. (2021). Meta Analisis Efektivitas Pembelajaran Fisika Secara Daring Menggunakan Virtual Laboratorium. *Edu Cendikia: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 1(03), 155-163. <https://doi.org/10.47709/educendikia.v1i3.1190>
- Haryadi, R., & Pujiastuti, H. (2020, April). PhET Simulation Software-Based Learning to Improve Science Process Skills. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1521, No. 2, p. 022017). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/2/022017>
- Hernández-de-Menéndez, M., Vallejo Guevara, A., & Morales-Menendez, R. (2019). Virtual Reality Laboratories: A Review of Experiences. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 13, 947-966. <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00558-7>
- Hidayatullah, Z., Jumadi, J., Nadhiroh, N., Kartika, E., Nuha, A. A., & Erlangga, S. Y. (2020). Identifikasi Miskonsepsi dan Konflik Kognitif Fisika: Kasus Terkait Perubahan Konseptual. *Edusains*, 12(1), 64-71. <https://doi.org/10.15408/es.v12i1.13504>
- Jannah, R., Putra, S., & Abrar, M. (2020, November). Development of four-tier tet formatted diagnostic test instruments to identify misconceptions in gas kinetic theory materials and termdynamic law. In *International Conference Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Imam Bonjol Padang* (pp. 153-161). Redwhite Press. <https://doi.org/10.32698/GCS-PSSHERS341>
- Kaniawati, I., Fratiwi, N. J., Danawan, A., Suyana, I., Samsudin, A., & Suhendi, E. (2019). Analyzing Students' Misconceptions about Newton's Laws Through Four-Tier Newtonian Test (FTNT). *Journal of Turkish Science Education*, 16(1), 110-122. <https://www.tused.org/index.php/tused/article/view/224>
- Kurniawan, A. (2021). Peningkatan HOTS dan Reduksi Miskonsepsi Pembelajaran Fisika dengan Mengkomparasi Inquiry Learning dan Problem Solving: Studi Meta-Analisis. *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah)*, 5(2), 80-86. <https://doi.org/10.30599/jipfri.v5i2.1108>
- Mahardika, G. G., Ratnaya, I. G., & Wiratama, W. M. P. (2021). Media Pembelajaran Motor Induksi 1 Fasa Pada Mata Kuliah Praktikum Mesin Listrik di Program Studi S1 Pendidikan Teknik Elektro. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro Undiksha*, 10(2), 91-103. <https://doi.org/10.23887/jjpte.v10i2.36935>
- Shofiyah, N. (2021). A Misconception Investigation of Ninth Grade Students about Magnetism. *Pedagogia: Jurnal Pendidikan*, 10(2), 79-88. <https://doi.org/10.21070/pedagogia.v10i2.781>
- Suma, K., Sadia, I. W., Pujani, N. M., & Rapi, N. K. (2019, October). Investigating Students' Preconception of Some Electromagnet Topics. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1317, No. 1, p. 012203). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1317/1/012203>
- Suprpto, N. (2020). Do we experience misconceptions?: An ontological review of misconceptions in science. *Studies in Philosophy of Science and Education*, 1(2), 50-55. <https://doi.org/10.46627/sipose.v1i2.24>
- Susilo, S., Yusuf, Y., Ula, S., Hermawan, B. A., & Ghifari, M. R. (2021). Pengaruh Variasi Diameter dan Jumlah Lilitan Tembaga terhadap Tegangan Listrik yang Dihasilkan pada Alat Peredam Kejut Regeneratif Skala Laboratorium. : *Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, 5(2), 25-31. <https://doi.org/10.32528/jp.v5i2.4356>

- Suwindra, I. N. P., & Mardana, I. B. P. (2018). Strategi Pembelajaran Guru: Relevansinya dalam Mereduksi Miskonsepsi dan Peningkatan Prestasi Belajar Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 8(1), 21-30. <https://doi.org/10.23887/jjpf.v8i1.20247>
- Upayogi, I. N. T., & Juliawan, I. W. (2019). Reduksi Miskonsepsi Melalui Pembelajaran Berbasis Virtual Lab. *Journal of Teaching and Learning Physics*, 4(2), 45-53. <https://doi.org/10.15575/jotalp.v4i2.5611>
- Verawati, N. N. S. P., Hikmawati, H., Wahyudi, W., & Prayogi, S. (2022). Pengalaman Mengajar Fisika Modern Menggunakan Simulasi Virtual PhET: Analisis Kinerja Keterampilan Penalaran Mahasiswa. *Empiricism Journal*, 3(2), 188-195. <https://doi.org/10.36312/ej.v3i2.997>
- Yunita, I., & Ilyas, A. (2019). Efektivitas Alat Peraga Induksi Elektromagnetik Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 245-253. <https://doi.org/10.24042/ijsme.v2i2.4349>
- Yunita, Y., Halim, A., & Safitri, R. (2019). Meningkatkan Penguasaan Konsep Mahasiswa Dengan Simulasi Physics Eduaction and Technology (PhET). *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 7(1), 16-22. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v7i1.13492>