

Reduksi Miskonsepsi Mahasiswa pada Prinsip Kerja Kapasitor melalui Penerapan Simulasi PhET

Defrianto Pratama[#]

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung

[#]Email: defrianto.pratama@polban.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mereduksi jumlah mahasiswa yang memiliki miskonsepsi pada prinsip kerja kapasitor. Simulasi PhET digunakan pada perkuliahan untuk mengatasi miskonsepsi tersebut. Penelitian ini memiliki kebaruan dalam pendekatan metode reduksi miskonsepsi dengan menggunakan laboratorium virtual pada kegiatan perkuliahan. Hasil tes diagnostik menggunakan *Four-Tier Test* menunjukkan bahwa rata-rata 41,3% mahasiswa mengalami miskonsepsi pada setiap konsep yang diujikan. Namun, setelah dilaksanakan perkuliahan berbantuan simulasi PhET, rata-rata jumlah mahasiswa yang memiliki miskonsepsi mengalami penurunan menjadi 6,9 %. Uji McNemar menunjukkan bahwa terjadi perubahan yang signifikan dalam jumlah mahasiswa yang memiliki miskonsepsi pada setiap konsep setelah mengikuti perkuliahan berbantuan simulasi PhET. Dengan demikian, hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan simulasi PhET pada perkuliahan efektif dalam mengurangi miskonsepsi mahasiswa pada prinsip kerja kapasitor. Hasil penelitian ini dapat menjadi landasan untuk pengembangan lebih lanjut dalam penggunaan simulasi virtual untuk pembelajaran konsep-konsep fisika yang kompleks.

Kata kunci: Miskonsepsi, PhET, Kapasitor, *Four-Tier Test*, Laboratorium virtual.

Abstract

This study aims to reduce the number of students who have misconceptions about the working principle of capacitors. PhET simulations are used in lectures to overcome these misconceptions. This research has a novelty in the misconception reduction method approach by using a virtual laboratory in lecture activities. Diagnostic test results using the Four-Tier Test show that an average of 41.3% of students experience misconceptions about each of the concepts tested. However, after the PhET simulation-assisted lectures were held, the average number of students who had misconceptions decreased to 6.9%. The McNemar test shows that there is a significant change in the number of students who have misconceptions about each concept after attending the PhET simulation-assisted lectures. Thus, these results indicate that the application of PhET simulations in lectures is effective in reducing student misconceptions about the working principle of capacitors. The results of this study can become the basis for further development in the use of virtual simulations for learning complex physics concepts.

Keywords: *Misconceptions, PhET, Capacitors, Four-Tier Test, Virtual Laboratory.*

PENDAHULUAN

Pemahaman yang tepat tentang prinsip kerja kapasitor merupakan aspek yang krusial dalam pendidikan teknik elektro. Namun, terdapat miskonsepsi yang umum terkait dengan konsep ini di kalangan mahasiswa. Miskonsepsi dapat didefinisikan sebagai pemahaman yang salah atau tidak akurat tentang konsep tertentu. Dalam hal prinsip kerja kapasitor, miskonsepsi yang sering terjadi

termasuk pemahaman yang salah tentang pengisian dan pengosongan kapasitor (Saputro et al., 2018), perbedaan antara kapasitor dan baterai, serta pemahaman yang terbatas tentang hubungan antara tegangan, arus, dan muatan dalam kapasitor (Erol et al, 2021).

Miskonsepsi mahasiswa dalam prinsip kerja kapasitor dapat menghambat kemampuan mereka untuk memahami konsep yang lebih kompleks dalam bidang

teknik elektro. Tanpa pemahaman yang benar tentang prinsip kerja kapasitor, mahasiswa mungkin kesulitan dalam mempelajari topik-topik seperti rangkaian listrik, sirkuit resonansi, atau aplikasi kapasitor dalam elektronika.

Metode pengajaran tradisional yang sering hanya terbatas pada kuliah teoritis dan demonstrasi praktikum konvensional belum cukup efektif dalam mengatasi miskonsepsi ini (Theasy, 2021). Mahasiswa membutuhkan pendekatan yang lebih interaktif, praktis, dan terlibat secara visual untuk membantu mereka memperoleh pemahaman yang benar tentang prinsip kerja kapasitor.

Dalam hal ini, penggunaan simulasi PHET dapat menjadi solusi yang menjanjikan. Simulasi PHET adalah alat pembelajaran berbasis komputer yang memungkinkan mahasiswa untuk berinteraksi dengan konsep fisika secara langsung. Dengan menggunakan simulasi ini, mahasiswa dapat menjalankan eksperimen virtual yang melibatkan prinsip kerja kapasitor, mengamati perubahan tegangan dan arus, serta memanipulasi variabel-variabel yang terkait (El-Tawary & Elshabaan, 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Eveline & Permatasari (2022) menunjukkan bahwa simulasi PhET dapat membantu dalam menggali miskonsepsi mahasiswa pada topik rangkaian listrik sederhana. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Aida (2023) menunjukkan bahwa simulasi PhET dapat digunakan untuk remediasi miskonsepsi mahasiswa pada topik rangkaian arus searah. Hikmawati et al. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan simulasi PhET dalam perkuliahan dapat meningkatkan penguasaan konsep mahasiswa pada topik gelombang dan optik. Hamdani (2022) menunjukkan bahwa penerapan kegiatan laboratorium virtual PhET dapat mereduksi jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi pada topik efek fotolistrik. Namun, belum banyak penelitian yang secara khusus melibatkan penggunaan simulasi PhET untuk mereduksi miskonsepsi mahasiswa pada prinsip kerja kapasitor. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih mendalam untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan simulasi PhET dalam mengatasi miskonsepsi tersebut.

Diharapkan bahwa penelitian ini akan memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang jenis miskonsepsi yang umum terkait dengan prinsip kerja kapasitor di kalangan mahasiswa teknik elektro. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat mengidentifikasi sejauh mana penggunaan simulasi PHET dapat membantu mereduksi miskonsepsi tersebut dan meningkatkan pemahaman mahasiswa terkait prinsip kerja kapasitor. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan pedoman yang berharga bagi pengembangan metode pengajaran yang lebih efektif

dalam memperbaiki pemahaman mahasiswa dan mengurangi miskonsepsi dalam bidang teknik elektro.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi desain "*one-group pretest-posttest design*" yang menggunakan *Four-Tier Test* sebagai alat diagnostik untuk mengidentifikasi miskonsepsi (Frans & Wasis, 2022). Partisipan penelitian terdiri dari 124 mahasiswa semester pertama dari 4 kelas yang mengikuti perkuliahan Fisika Terapan di Jurusan Teknik Elektro. Pertama, mahasiswa diberikan tes diagnostik awal (*pretest*) untuk mengidentifikasi miskonsepsi mahasiswa setelah diberikan perkuliahan secara konvensional pada topik kapasitor. Kedua, mahasiswa diberikan perkuliahan dengan berbantuan simulasi PhET bertujuan untuk mereduksi miskonsepsi yang terjadi. Ketiga, mahasiswa kembali diberikan tes diagnostik (*posttest*) setelah diberikan perkuliahan dengan berbantuan simulasi PhET.

Four-Tier Test adalah jenis tes diagnostik yang terdiri dari empat tingkat pertanyaan. Pada tingkat pertama, peserta menjawab pertanyaan mengenai pemahaman konsep dengan lima pilihan jawaban. Tingkat kedua meminta peserta menunjukkan keyakinan mereka terhadap jawaban pada tingkat pertama. Pada tingkat ketiga, peserta diminta memberikan alasan untuk memilih jawaban pada tingkat pertama, dengan empat pilihan alasan yang disediakan. Pada tingkat keempat, peserta mengevaluasi tingkat keyakinan mereka terhadap alasan jawaban sebelumnya (Kaniawati et al, 2019). *Four-Tier Test* memiliki keunggulan dalam mengidentifikasi miskonsepsi dengan lebih mendalam dan detail serta memperlihatkan pemahaman yang membutuhkan perbaikan (Kiray & Simsek, 2021). Hasil tes diagnostik miskonsepsi kemudian akan dianalisis berdasarkan kriteria pengelompokan miskonsepsi menggunakan *four-tier test* seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria pengelompokan pemahaman konsep berdasarkan pola jawaban menggunakan *Four-Tier Test* (Kaniawati et al., 2019)

Tk 1	Pola jawaban			Kategori
	Tk 2	Tk 3	Tk 4	
S	Y	S	Y	Miskonsepsi
B	Y	B	Y	Paham konsep
B	TY	B	TY	Paham konsep sebagian
B	Y	B	TY	
B	TY	B	Y	
B	TY	S	TY	
S	TY	B	TY	
S	TY	B	Y	
B	Y	S	Y	
S	Y	B	Y	
B	Y	S	TY	

S	TY	S	TY	Tidak paham konsep
S	Y	S	TY	
S	TY	S	Y	
Tidak menjawab penuh di semua tingkat				Tidak dapat dikodekan

*Ket : B =Benar, S=Salah, Y=Yakin, TY=Tidak Yakin.

Untuk menguji hipotesis bahwa kegiatan Laboratorium Virtual PHET dapat mengurangi jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi, digunakan uji McNemar. Uji McNemar adalah metode statistik yang membandingkan proporsi atau frekuensi dua variabel biner yang diukur pada waktu yang sama pada sampel yang sama. Dalam penelitian ini, variabel biner adalah "0" untuk tidak mengalami miskonsepsi dan "1" untuk mengalami miskonsepsi. Uji McNemar umumnya digunakan dalam studi kohort atau penelitian dengan desain pasangan terkait, di mana data dikumpulkan dari subjek yang sama sebelum dan sesudah perlakuan diberikan (Hamid & Prasetyowati, 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

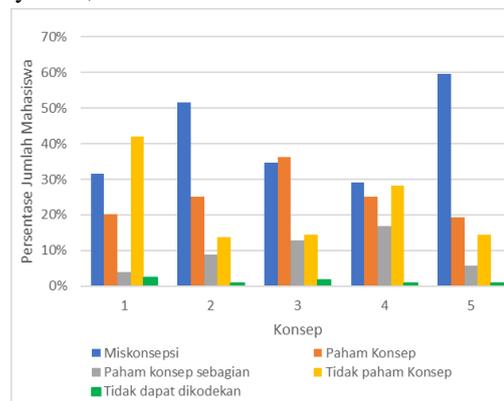
Tes diagnostik yang diujikan pada 5 konsep mengenai prinsip kerja kapasitor, masing-masing terdiri dari 1 soal untuk setiap konsep. Contoh tes diagnostik dapat dilihat pada Gambar 1.

No. 2
Tingkat pertama: 2.1 Jika kedua plat kapasitor yang sudah terisi muatan didekatkan maka yang terjadi adalah... A. Kapasitansi membesar dan total muatan mengecil B. Kapasitansi membesar dan total muatan membesar C. Kapasitansi membesar dan total muatan tetap D. Kapasitansi mengecil dan total muatan membesar E. Kapasitansi mengecil dan total muatan mengecil
Tingkat kedua 2.2 Apakah yakin dengan jawaban Anda pada soal 2.1? A. Yakin B. Tidak
Tingkat ketiga 2.3 Apa alasan untuk jawaban pada soal 2.1? A. Kapasitansi berbanding terbalik dengan jarak dan kapasitansi berbanding lurus dengan total muatan B. Kapasitansi berbanding lurus dengan jarak dan kapasitansi berbanding terbalik total muatan C. Beda potensial mengecil, sehingga kapasitansi membesar. D. Beda potensial membesar, sehingga kapasitansi mengecil
Tingkat keempat 2.4 Apakah Anda yakin dengan jawaban pada soal 2.3? A. Yakin B. Tidak
No. 5
Tingkat pertama: 5.1 Jika kapasitor yang sudah terisi muatan disisipkan dielektrik diantara kedua plat kapasitor tersebut, maka yang terjadi adalah... A. Kapasitansi membesar dan Energi listrik yang tersimpan bertambah B. Kapasitansi membesar dan Energi listrik yang tersimpan berkurang C. Kapasitansi membesar dan Energi listrik yang tersimpan tetap D. Kapasitansi mengecil dan Energi listrik yang tersimpan berkurang E. Kapasitansi mengecil dan Energi listrik yang tersimpan berkurang
Tingkat kedua 5.2 Apakah yakin dengan jawaban Anda pada soal 5.2? A. Yakin B. Tidak
Tingkat ketiga 5.3 Apa alasan untuk jawaban pada soal 5.1? A. jika nilai kapasitansi membesar maka energi listrik akan membesar B. jika nilai kapasitansi mengecil maka energi listrik akan membesar C. jika medan listrik mengecil maka energi listrik mengecil D. jika medan listrik membesar maka energi listrik mengecil
Tingkat keempat 5.4 Apakah Anda yakin dengan jawaban pada soal 5.3? A. Yakin B. Tidak

Gambar 1. Contoh soal diagnostik miskonsepsi menggunakan Four-Tier Test.

Hasil tes diagnostik miskonsepsi dengan *Four-Tier Test* dilakukan untuk memetakan jumlah mahasiswa yang

mengalami miskonsepsi sebelum diberikan perkuliahan dengan berbantuan simulasi PhET dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat mahasiswa yang mengalami miskonsepsi pada setiap konsep yang diujikan, dengan rata-rata sebanyak 41,3% dan jumlah mahasiswa yang paham konsep rata-rata sebanyak 25,2 %.



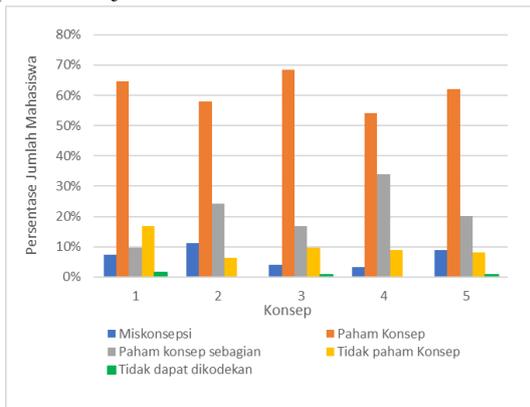
Gambar 2. Pemetaan pemahaman konsep mahasiswa berdasarkan hasil tes diagnostik awal (*pretest*)

Secara umum miskonsepsi yang terjadi untuk setiap 5 konsep yang diujikan dapat dilihat pada Tabel 2.

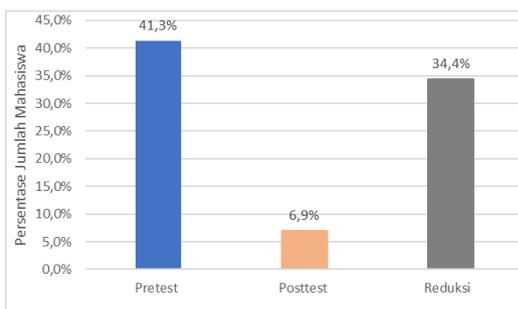
Tabel 2. Miskonsepsi yang terjadi pada mahasiswa

No.	Konsep	Miskonsepsi
1	Kapasitansi	Berdasarkan persamaan $C = Q/V$, mahasiswa menganggap jika muatan pada kapasitor bertambah maka nilai kapasitansi kapasitor membesar.
2	Kapasitor Plat Sejajar	Mahasiswa menganggap ketika jarak antara kapasitor yang sudah terisi muatan diperkecil, maka sesuai persamaan $C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$ maka nilai kapasitansi membesar, sehingga muatan akan bertambah $Q = CV$.
3	Pengisian kapasitor	Mahasiswa menganggap ketika kapasitor dihubungkan dengan baterai arus yang mengalir tidak akan mengalami perubahan.
4	Pengosongan kapasitor	Mahasiswa menganggap ketika kapasitor yang sudah terisi kemudian dipasang dirangkaian tertutup, kapasitor menjadi sebagai sumber tegangan dan arus akan terus ada.
5	Penambahan dielektrik	Mahasiswa menganggap ketika dielektrik dimasukkan pada kapasitor yang terisi penuh maka kapasitansi membesar sehingga energi listrik yang tersimpan membesar menurut persamaan $U = \frac{1}{2} CV^2$.

Pada Gambar 2, pemetaan pemahaman konsep mahasiswa mengalami perubahan setelah diberikan perkuliahan dengan berbantuan simulasi PhET. Jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi mengalami penurunan pada setiap konsep. Rata-rata jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi menjadi 6,9 % dan rata-rata jumlah mahasiswa yang paham konsep meningkat menjadi 61,4%. Reduksi miskonsepsi dapat dilihat dari penurunan persentase jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi setelah diberikan perkuliahan berbantuan simulasi PhET. Gambar 4 menunjukkan dapat perkuliahan berbantuan simulasi PhET mereduksi rata-rata persentase jumlah mahasiswa sebesar 34,4%.

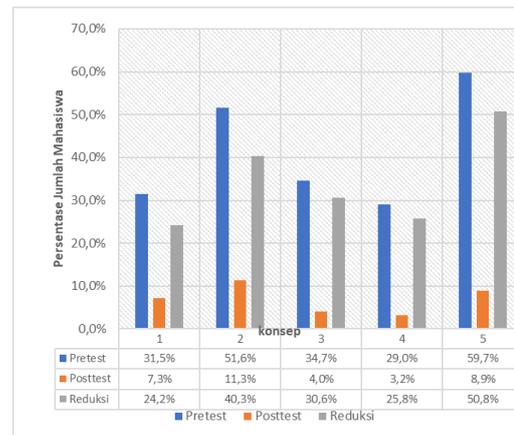


Gambar 3. Pemetaan pemahaman konsep mahasiswa setelah diberikan perlakuan (*posttest*)



Gambar 4. Reduksi miskonsepsi setelah diberikan perlakuan.

Gambar 5 menunjukan bahwa setelah dilakukannya diberikan perkuliahan berbantuan simulasi PhET, terjadi reduksi presentase jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi pada setiap konsep yang diujikan.

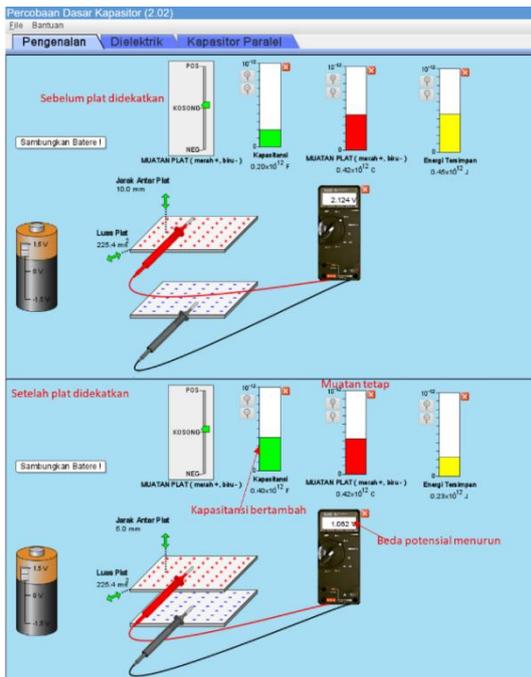


Gambar 5. Reduksi miskonsepsi setelah diberikan perlakuan.

Miskonsepsi terbanyak terjadi pada konsep 2 dan konsep 5, terdapat lebih dari 50% mahasiswa mengalami miskonsepsi, setelah diberikan perlakuan jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi pada konsep 2 turun menjadi 11,3% dan pada konsep 4 turun menjadi 3,2%.

Awalnya sebanyak 51,6% mahasiswa mengalami miskonsepsi pada konsep 2 mengenai kapasitor plat sejajar, mahasiswa menganggap bahwa ketika jarak antara plat kapasitor diperkecil maka kapasitansi membesar sehingga muatan yang berada dalam kapasitor bertambah, padahal walaupun kapasitansi bertambah, muatan yang berada didalam kapasitor akan tetap, tetapi beda potensial berkurang. Miskonsepsi ini terjadi akibat mahasiswa mempelajari konsep fisika hanya dengan menghafal rumus dan definisi tanpa benar-benar memahami prinsip-prinsip yang mendasarinya (Negoro et al., 2018). Hal ini dapat menyebabkan miskonsepsi dan kesulitan dalam menerapkan konsep fisika dalam situasi nyata.

Setelah diberikan perkuliahan berbantuan simulasi PhET, jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi pada konsep 2 mengalami reduksi sebesar 40,3%. Simulasi PhET dapat memodelkan perubahan kapasitansi, jumlah muatan dan beda potensial ketika kedua plat kapasitor yang terisi penuh didekatkan. Pemodelan tersebut memberikan pemahaman bagaimana semakin dekat jarak antara plat dapat memperbesar nilai kapasitansi, tetapi jumlah muatan akan tetap, dan beda potensial yang berkurang. Pada Gambar 6 memperlihatkan simulasi PhET yang dapat memodelkan percobaan kapasitor plat sejajar.

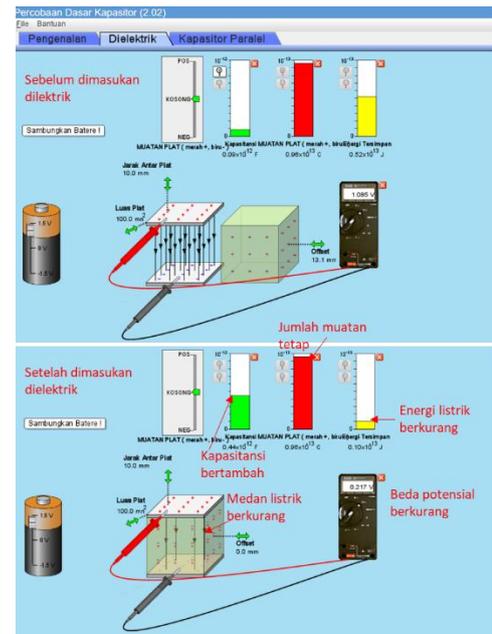


Gambar 6. Simulasi PhET yang memodelkan percobaan kapasitor plat sejajar.

Awalnya sebanyak 59,7% mahasiswa mengalami miskonsepsi pada konsep 5 mengenai penambahan dielektrik pada kapasitor. Mahasiswa menganggap bahwa ketika dielektrik dimasukkan diantara kedua plat kapasitor yang sudah terisi muatan, energi listrik yang tersimpan pada kapasitor akan membesar karena kapasitansi membesar. Konsep yang benar adalah ketika dielektrik dimasukkan di antara kedua plat kapasitor yang sudah terisi muatan, energi listrik yang tersimpan pada kapasitor akan berkurang, tetapi menyebabkan kapasitansi kapasitor bertambah. Ketika dielektrik hadir, medan listrik yang terbentuk antara kedua plat akan berkurang atau beda potesialnya berkurang, hal ini menyebabkan peningkatan kapasitansi kapasitor dan energi yang tersimpan akan menurun, karena energi listrik sebanding dengan medan listrik. Miskonsepsi tersebut terjadi karena pemahaman yang keliru tentang peran dielektrik dalam kapasitor. Peserta didik dapat membuat kesalahan dalam menginterpretasikan informasi yang mereka terima. Mereka mungkin salah memahami atau menghubungkan informasi dengan cara yang tidak tepat, yang dapat mengarah pada miskonsepsi (Suprpto, 2020).

Setelah diberikan perkuliahan berbantuan simulasi PhET, jumlah mahasiwa yang mengalami miskonsepsi pada konsep 5 mengalami reduksi sebesar 50,8%. Simulasi PhET dapat memodelkan pengaruh dielektrik terhadap kapasitansi, beda potensial, jumlah muatan, energi listrik, dan medan listrik kapasitor. Pemodelan tersebut memberikan pemahaman fungsi dari dielektrik dan bagaimana dielektrik dapat memperbesar kapasitansi

kapasitor. Pada Gambar 7 memperlihatkan simulasi PhET yang dapat memodelkan penerapan dielektrik pada kapasitor.



Gambar 7. Simulasi PhET yang memodelkan penerapan dielektrik pada kapasitor

Analisis McNemar digunakan untuk mengevaluasi signifikansi dari pengurangan jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi setelah dilakukan perkuliahan berbantuan simulasi PhET. Hasil uji McNemar terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji McNemar

Konsep	χ^2_{hitung}	χ^2_{tabel}	Keterangan
1	27,39	3,84	H ₀ ditolak
2	48,51	3,84	H ₀ ditolak
3	35,35	3,84	H ₀ ditolak
4	29,28	3,84	H ₀ ditolak
5	59,52	3,84	H ₀ ditolak

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 dengan sesudah perkuliahan berbantuan simulasi PhET. Hasil ini menunjukkan bahwa perkuliahan berbantuan simulasi PhET secara signifikan dapat membantu mengurangi jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi prinsip kerja kapasitor. Secara spesifik, hasil ini menunjukkan adanya perbaikan pemahaman mahasiswa terhadap prinsip kerja kapasitor setelah mengikuti perkuliahan berbantuan simulasi PhET. Simulasi PhET menyajikan konsep fisika dalam bentuk visual yang menarik dan interaktif. Ini memungkinkan mahasiswa untuk melihat efek langsung dari perubahan parameter dan variabel dalam simulasi. Dengan melihat dan mengalami sendiri bagaimana

konsep-konsep fisika bekerja dalam simulasi, mahasiswa dapat memperoleh pemahaman yang lebih baik dan mengurangi miskonsepsi (Saputra, 2022). Simulasi PhET memungkinkan menerima umpan balik secara langsung. Jika mahasiswa membuat asumsi atau miskonsepsi tertentu, mereka dapat melihat hasilnya dalam simulasi dan menyadari kesalahan mereka. Umpan balik ini membantu mereka merefleksikan dan memperbaiki pemahaman mereka tentang konsep fisika, menggantikan miskonsepsi dengan konsepsi yang benar (Menéndez et al., 2019). Simulasi PhET memberikan representasi konkret untuk konsep yang abstrak melalui simulasi interaktif (Riantoni et al., 2019). Misalnya, mahasiswa dapat mengamati perubahan medan listrik, muatan listrik, atau energi listrik selama simulasi, yang membantu mereka memahami konsep abstrak ini secara lebih nyata.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan simulasi PhET pada perkuliahan dapat mengurangi miskonsepsi mahasiswa pada konsep prinsip kerja kapasitor. Hasil uji McNemar mengindikasikan bahwa perlakuan ini memiliki dampak positif dalam mereduksi jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi.

Penelitian ini memiliki implikasi penting dalam pengembangan pembelajaran konsep-konsep fisika yang kompleks. Penggunaan simulasi PhET dapat menjadi alat yang efektif untuk mengurangi miskonsepsi mahasiswa dan meningkatkan pemahaman mereka pada materi yang sulit. Oleh karena itu, disarankan agar pendekatan ini diterapkan dalam topik fisika lainnya untuk membantu mahasiswa memperoleh pemahaman yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

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.

El-Tawargy, A. S., & Elshabaan, M. M. (2023). Charging and discharging a capacitor through a DC circuit: "PHET" demonstration and data analysis. *Scientific Journal for Damietta Faculty of Science*.

Erol, M., & A-nder, E. B. (2021). Conceptual framework on teaching capacitors and inductors. *Momentum: Physics Education Journal*, 182-193.

Eveline, E., & Permatasari, E. (2022). Miskonsepsi pada konsep rangkaian listrik sederhana: digali menggunakan individual demonstration interview berbantuan phet simulation. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 10(1), 114-123.

Frans, B. U., & Wasis, W. (2022). Penerapan LKS Berbasis PhET untuk Mereduksi Miskonsepsi

Siswa pada Materi Arus Listrik Bolak Balik. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 13(1), 31-40.

Hamdani, Hamdani. "Penerapan Virtual Laboratory untuk Mereduksi Jumlah Mahasiswa Calon Guru Fisika yang Mengalami Miskonsepsi Tentang Efek Foto Listrik." *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika* 6, no. 2 (2022): 275-282.

Hamid, A., & Prasetyowati, R. A. (2021). *Metodologi Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, Dan Eksperimen*. CV Literasi Nusantara Abadi.

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.

Hikmawati, H., Kosim, K., & Ayub, S. (2023). Analisis Ketuntasan Hasil Belajar Ranah Kognitif Mahasiswa Pada Perkuliahan Gelombang dan Optik Dengan Menggunakan Media Simulasi PhET. *Journal of Classroom Action Research*, 5(2), 360-365.

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.

Kiray, S. A., & Simsek, S. (2021). Determination and evaluation of the science teacher candidates' misconceptions about density by using four-tier diagnostic test. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 19, 935-955.

Negoro, R. A., Hidayah, H., Subali, B., & Rusilowati, A. (2018). Upaya membangun ketrampilan berpikir kritis menggunakan peta konsep untuk mereduksi miskonsepsi fisika. *JP (Jurnal Pendidikan): Teori dan Praktik*, 3(1), 45-51.

Riantoni, C., Astalini, A., & Darmaji, D. (2019). Studi penggunaan PhET Interactive Simulations dalam pembelajaran fisika. *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika*, 6(2), 71-75.

Saputra, O. (2022). Development of Virtual Simulation to Reduce the Number of High School Students' Misconceptions about Fluid Topics. *JPPS (Jurnal Penelitian Pendidikan Sains)*, 12(1), 100-107.

Saputro, D. E., Sarwanto, S., Sukarmin, S., & Ratnasari, D. (2018, May). Students' conceptions analysis on several electricity concepts. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1013, No. 1, p. 012043). IOP Publishing.

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.

Theasy, Y., Bustan, A., & Nawir, M. (2021). Penggunaan media laboratorium virtual phet simulation untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika mahasiswa pada mata kuliah eksperimen fisika sekolah. *Variabel*, 4(2), 39-45.