GRAVITASI
Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains
Vol (8) No (01) Edisi Juni Tahun 2025

https://ejurnalunsam.id/index.php/JPFS

Pengaruh Pendekatan Multirepresentasi Terhadap Pemahaman Konsep Fisika Mahasiswa Pendidikan Fisika

Usman Sambiri[1], Aji Saputra[2], Hutri Handayani Isra[3]

[1,2,3]Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Khairun
Jln. Akehuda, Kecamatan Ternate Utara, Kota Ternate, Propinsi Maluku Utara, 97735
Email Korespondensi: usmansambiri@gmail.com

ABSTRAK

Pemahaman konsep fisika merupakan hal penting dalam mempelajari fisika. Pemahaman konsep yang baik akan memudahkan dalam memahami pengetahuan yang lebih mendalam. Namun, kenyataannya mahasiswa kesulitan dalam memahami konsep-konsep fisika yang abstrak dan membutuhkan kemampuan representasi yang baik. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah pendekatan multirepresentasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pendekatan multirepresentasi dalam pembelajaran fisika terhadap pemahaman konsep fisika mahasiswa pendidikan fisika FKIP Universitas Khairun. Jenis penelitian ini adalah pra eksperimen dengan menggunakan satu kelas. Desain penelitian menggunakan one group pretest posttest only yaitu sampel akan diberikan tes di awal dan di akhir setelah diberikan perlakuan. Sampel penelitian ini adalah mahasiswa pendidikan fisika semester 4 yang mengambil mata kuliah alat ukur listrik. Mahasiswa akan diberikan tes pemahaman konsep di awal dan di akhir pembelajaran. Data dianalisis menggunakan N-gain untuk melihat perbedaan skor pretest dan posttest dan dilakukan uji t berpasangan untuk melihat signifikansi antara skor pretest dan posttest. Hasil analisis data menunjukkan N-gain diperoleh 0.29 yang berada pada kategori rendah. Hasil uji statistik diperoleh nilai $t_{hitung} = 9.77$ *dengan* $p_{value} = 0.0007$. *Nilai tersebut lebih besar dari nilai* $t_{tabel} = 2{,}667$ *dengan derajat kebebasan 6 dan* $\alpha = 0.005$. *Oleh karena itu, secara statistik terdapat perbedaan yang signifikan antara pretest dan posttest. Hal tersebut mengindikasikan bahwa pendekatan multirepresentasi memiliki pengaruh yang efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa meskipun skor N-gain masih dalam kategori rendah.*

Kata kunci: Pemahaman Konsep Fisika, Pendekatan Multirepresentasi.

ABSTRACT

Understanding of physics concepts is important in studying physics. A good understanding of concepts will make it easier to understand deeper knowledge. However, in reality, students have difficulty in understanding abstract physics concepts that require good representation skills. One approach that can be used is the multi-representation approach. The purpose of this study was to determine the effect of the multirepresentation approach in learning on the understanding of physics concepts of physics education students at the Faculty of Teacher Training and Education, Khairun University. This type of research is a pre-experimental study using one class. The research design uses one group pretest posttest only, namely the sample will be given a test at the beginning and at the end after being given treatment. The sample of this study was 4th semester physics education students who program the electrical measuring instrument course. The data were analyzed using N-gain to see the difference in pretest and posttest scores and a paired t-test was conducted to see the significance between pretest and posttest scores. The results of the data analysis showed that the N-gain was 0.29 which was in the low category. The results of the statistical test obtained a t count value = 9.77 with a p value = 0.0007. This value is greater than the t table value = 2.447 with a degree of freedom of 6 and a significance level of 0.005. Therefore, statistically there is a significant difference in scores between the pretest and posttest results. This indicates that the multirepresentation approach has an influence in improving students' conceptual understanding eventhough the N-gain score is still in the low category.

Keywords: understanding of physics concepts, multirepresentation skill.

A. PENDAHULUAN

Pembelajaran fisika secara umum hanya menekankan kepada bagaimana menggunakan persamaan dalam menyelesaikan soal, menghafal persamaan fisika, dan tidak mengajarkan bagaimana implementasi dari fisika dalam kehidupan sehari-hari atau menganalisis hukum fisika kaitannya dengan peristiwa dalam kehidupan sehari-hari (Cari et al., 2019). Hal tersebut membuat siswa kesulitan untuk menghubungkan teori dengan fenomena nyata. Selain itu, mahasiswa juga mengalami kesulitan dalam memahami pemahaman konsep yang abstrak dan kompleks (Najib et al., 2020).

Pemahaman konsep sangat penting dalam mempelajari fisika karena dengan pemahaman konsep yang baik mahasiswa dapat memahami permasalahan rumit maupun yang sederhana menjadi lebih mudah. Pemahaman konsep menjadi dasar dalam struktur kognitif untuk dapat menyimpan informasi dalam jangka waktu yang lama. Pemahaman konsep yang utuh terhadap suatu topik akan memudahkan mahasiswa mempelajari topik-topik selanjutnya (Putri et al., 2020), memudahkan siswa untuk menerapkan konsep dalam menjawab pertanyaan dengan redaksi yang berbeda (Suryani & Muliyani, 2019). Mahasiswa yang memiliki pemahaman konsep yang utuh akan memiliki kerangka berpikir ilmiah yang bagus. Hal tersebut akan berpengaruh kepada kemampuan mahasiswa dalam mengaitkan fisika dalam kehidupan sehari-hari.

Pemahaman konsep menurut anderson adalah kemampuan mahasiswa dapat menghubungkan ilmu atau konsep yang telah dipahami dengan fenomena atau kejadian sehari-hari, sedangkan menurut (Suryani & Muliyani, 2019) pemahaman konsep adalah kemampuan mahasiswa untuk dapat memberikan pemahaman yang lebih sederhana dalam bentuk tulisan maupun gambar. Pemahaman konsep dalam sains, termasuk fisika, menurut (Chi et al., 1981) adalah kemampuan untuk mengklasifikasi, menjelaskan dan menghubungkan topik-topik tertentu secara sistematis dan sederhana. Sementara itu, menurut (Duit & Treagust, 2010) menyatakan bahwa pemahaman konsep fisika bukan hanya meliputi pengetahuan deklaratif tetapi juga bagaimana mahasiswa dapat menerapkannya dalam konteks nyata. Jadi berdasarkan pendapat di atas pemahaman konsep fisika adalah kemampuan untuk mengklasifikasi, menjelaskan topik-topik tertentu secara sistematis dan sederhana serta dapat menghubungkan konsep yang ada dengan kehidupan nyata.

Pemahaman konsep fisika masih menjadi masalah oleh mahasiswa pendidikan fisika FKIP Unkhair. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil skor rata-rata ujian mahasiswa setiap semester yang masih rendah. Hasil wawancara dan diskusi di dalam kelas juga menunjukkan pemahaman konsep fisika mahasiswa masih rendah. Misalnya mahasiswa belum dapat membedakan karakteristik rangkaian seri dan paralel, menjelaskan hukum ohm melalui grafik ataupun belum dapat menerapkan konsep rangkaian seri dan paralel dalam menghitung arus dan tegangan. Selama ini, dosen dalam memberikan matakuliah hanya menggunakan metode ceramah dengan berbantuan power point. Sementara itu, fisika membutuhkan berbagai representasi dalam menjelaskan konsep fisika. Oleh karena itu dibutuhkan pendekatan, model pembelajaran ataupun metode yang sesuai untuk mengajarkan fisika.

Salah satu pendekatan yang dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa adalah penggunaan multirepresentasi, yaitu penyajian konsep melalui berbagai bentuk representasi, seperti verbal, matematis, grafis, dan diagramatik (Ainsworth, 2006). Multirepresentasi memungkinkan siswa untuk menghubungkan berbagai aspek konsep fisika, sehingga meningkatkan pemahaman konseptual mereka (Opfermann et al., 2017)

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan multirepresentasi dalam pembelajaran fisika dapat membantu siswa dalam membangun pemahaman konseptual yang lebih baik serta mengurangi miskonsepsi (Chang et al., 2018). Misalnya, ketika mempelajari gerak lurus, siswa yang diberikan berbagai bentuk representasi—grafik kecepatan, persamaan matematika,

dan deskripsi verbal—lebih mampu mengkonstruksi pemahaman yang lebih komprehensif dibandingkan dengan siswa yang hanya diberikan satu jenis representasi (Van Meter & Firetto, 2013). Penelitian lain yang dilakukan oleh (Hahn & Klein, 2023) memperoleh hasil bahwa multirepresentasi dengan berbantuan sketsa dan simulasi komputer memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pemahaman konsep fisika pada materi vektor. Hal yang sama diperoleh (Orulebaja et al., 2021) menunjukkan pembelajaran berbasis multirepresentasi dapat meningkatkan pemahaman konsep fisika mahasiswa. Hal tersebut ditunjukkan dengan kemampuan pemecahan masalah yang juga meningkat.

Meskipun berbagai penelitian telah membuktikan efektivitas multirepresentasi dalam pembelajaran fisika, masih terdapat kesenjangan dalam memahami bagaimana berbagai jenis representasi tersebut berkontribusi secara spesifik terhadap pemahaman konsep siswa. Selain itu, belum banyak penelitian yang mengeksplorasi bagaimana tingkat kemampuan awal siswa mempengaruhi efektivitas strategi multirepresentasi dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika (Rosengrant et al., 2009).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh pendekatan multirepresentasi terhadap pemahaman konsep fisika mahasiswa. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan lebih dalam mengenai efektivitas pendekatan multirepresentasi dalam pembelajaran fisika serta memberikan implikasi praktis bagi pengembangan strategi pembelajaran yang lebih efektif di kelas.

B. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian adalah penelitian pra eksperimen dengan desain penelitian *one group pretest-posttest.* Design yaitu desain yang menggunakan satu kelompok dimana kelompok akan diberikan pretest sebelum diberi perlakuan dan posttest setelah perlakuan. Tujuannya adalah melihat perubahan hasil belajar mahasiswa tersebut setelah diberikan perlakuan yaitu pembelajaran menggunakan pendekatan multirepresentasi (Sugiyono, 2017).

Sampel dalam penelitian ini adalah mahasiswa semester 4 Pendidikan Fisika FKIP Universitas Khairun yang mengambil mata kuliah alat ukur listrik. Sampel dipilih dengan teknik purposive sampling, yaitu teknik pengambilan sampling berdasarkan pertimbangan tertentu seperti ketersediaan kelas, kesiapan pengajar, dan kesesuaian materi (Arikunto, 2013). Variabel penelitian terdiri atas variabel bebas yaitu pendekatan multirepresentasi dan variabel terikat yaitu pemahaman konsep mahasiswa pendidikan fisika.

Instrumen dalam penelitian ini berupa soal essay. Soal yang diberikan berupa soal pemahaman konsep mulai dari C1 sampai C6 berdasarkan taksonomi Bloom revisi dan juga berdasarkan representasi (Verbal, visual, matematis dan simbolik) sesuai dengan pendekatan multirepresentasi. Satu butir soal mewakili satu atau lebih representasi (Ainsworth, 2006). Soal dinilai dengan menggunakan rubrik penilaian.

Data hasil penelitian dianalisis untuk diperoleh nilai N-Gain, yaitu untuk melihat peningkatan skor pemahaman konsep mahasiswa. Skor N-gain dihitung dengan menggunakan rumus (Hake, 1998).

$$N - Gain = \frac{Skor\ posttes - Skor\ pretest}{Sko\ Max - Skir\ Min} \qquad (1)$$

Interpretasi N-gain dengan menggunakan kategori di bawah ini:

Tabel 1. Pengkategorian N-gain

Rentang N-gain	Kategori
$g \geq 0{,}7$	Tinggi
$0{,}3 \leq g < 0{,}7$	Sedang
$g < 0{,}3$	Rendah

(Sumber: (Hake, 1998)

Selain itu, data juga dianalisis menggunakan uji inferensial berupa uji t berpasangan untuk melihat signifikansi skor antara pretest dan posttest. Uji t berpasangan dilakukan karena data berasal dari sumber yang sama, data terdistribusi normal dengan menggunakan uji normalitas Shapiro-Wilk, dan data nya merupakan data berskala interval (Azwar, 2012). Persamaan yang digunakan untuk uji t berpasangan adalah

$$t = \frac{\bar{d}}{Sd/\sqrt{n}} \quad (2)$$

Dengan $\bar{d}$ adalah rata-rata dari selisih posttest dan pretest,
Sd adalah standar deviasi, dan N adalah jumlah sampel.

Keputusan diambil dengan membandingkan antara nilai t hitung dan t tabel dengan derajat kebebasan $df = n - 1$ dan taraf signifikansi $\alpha = 0.05$. Jika $t_{hitung} > t_{tabel}$, maka terdapat perbedaan yang signifikan antara posttest dan pretest (Sugiyono, 2017).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Data deskriptif *pretest* dan *posttest* pemahaman konsep fisika mahasiswa pendidikan fisika ditunjukkan pada tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Data Deskriptif Hasil Tes Pemahaman Konsep Fisika Mahasiswa

Statistik	Nilai
Jumlah sampel	7
Rata-rata pretest	26
Rata-rata posttest	47.6
Rata-rata selisih	21.79
Standar Deviasi pretest	11.75
Standar Deviasi posttest	7.10
Standar Deviasi selisih	5.9
t-hitung	9.77
P Value	0.00007
Keterangan	Signifikan ($p <$ .05)

Tabel di atas menunjukan skor rata-rata *posttest* yang diperoleh mahasiswa lebih tinggi dibandingkan dengan skor rata-rata *pretest* dengan nilai standar deviasi yang cenderung mengecil. Standar deviasi yang mengecil berarti kemampuan pemahaman konsep mahasiswa semakin merata setelah diberikan perlakuan. Peningkatan skor rata-rata *pretest* dan *posttest* menunjukkan bahwa pendekatan multirepresentasi berpengaruh terhadap skor pemahaman konsep fisika.

Selanjutnya dilakukan perhitungan N-gain untuk mengetahui efektivitas pendekatan multirepresentasi dalam meningkatkan kemampuan pemahaman konsep fisika mahasiswa. Hasil analisis N-gain seperti yang ditunjukan pada tabel 3 di bawah ini:

Tabel 3. Hasil Analisis N-gain

Sampel	Nilai Prestest	Nilai Postest	N-gain	Kategori
Sampel	26	47.5	0.29	Rendah

Nilai rata-rata *pretest* dan *posttest* skor pemahaman konsep mahasiswa berdasarkan tabel di atas adalah 26 dan 47.5, sehingga diperoleh N-gain 0.29. Nilai N-gain di atas berada pada kategori rendah berdasarkan tabel 1 yang berarti pendekatan multirepresentasi memiliki pengaruh yang rendah terhadap pemahaman konsep fisika mahasiswa.

Selanjutnya, untuk mengetahui tingkat perbedaan antara skor *pretest* dan *posttest* dilakukan uji t berpasangan. Hasil analisis uji t berpasangan dengan $\alpha = 0.05$ menggunakan excel menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan antara skor *pretest* dan *posttest* setelah diberikan perlakuan. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan multirepresentasi efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika mahasiswa walaupun diperoleh N-gain yang rendah.

Pembahasan

Skor N-gain 0.29 yang berada pada kategori rendah mengindikasikan pendekatan multirepresentasi belum optimal dalam meningkatkan skor pemahaman konsep fisika mahasiswa. Rendahnya skor N-gain disebabkan oleh berbagai faktor, diantaranya adalah jumlah pertemuan belum banyak atau keterbatasan waktu pembelajaran, terdapat beberapa mahasiswa tidak mengikuti perkuliahan secara utuh, dan kedalaman materi. Selain itu, operasi dasar matematika seperti perkalian, pembagian, dan penjumlahan juga belum optimal. Hasil wawancara dengan mahasiswa menunjukkan 6 dari 7 mahasiswa belum menguasai perkalian, mahasiswa masih membutuhkan alat bantu kalkulator dalam menghitung.

Namun, hasil uji t berpasangan memiliki hasil yang sedikit berbeda dengan hasil analisis N-gain. Hasil uji t berpasangan menunjukkan perbedaan skor rata-rata

pretest dan posttest memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik walaupun hasil analisis N-gain perbedaannya masih dalam kategori rendah. Hasil ini memberikan arti bahwa pendekatan multirepesentasi memiliki dampak atau pengaruh terhadap kemampuan pemahaman konsep fisika mahasiswa. Dalam teori kognitif Dual Coding dari Paivio (Clark & Paivio, 1991) menyampaikan bahwa penyajian informasi secara verbal dan visual secara bersamaan dapat membuat pemahaman konsep meningkat. Representasi verbal dan visual diproses oleh dua sistem kognitif yang berbeda namun saling mendukung. Sehingga, walaupun hasil N-gain rendah, kemampuan kognitif mahasiswa telah mengalami sedikit perubahan. Hal tersebutlah yang menyebabkan secara statistik kemampuan pemahaman konsep mahasiswa mengalami peningkatan yang signifikan.

Beberapa hasil penelitian telah menunjukkan pendekatan multirepresentasi berpengaruh terhadap pemahaman konsep mahasiswa. Misalnya, penelitian yang dilakukan oleh (Mahardika, 2016; Putri et al., 2020; Suhandi & Wibowo, 2012) menunjukkan pendekatan multirepresentasi efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika. Penelitian berbeda yang dilakukan oleh (Najib et al., 2020) untuk melihat pengaruh pendekatan multirepresentasi terhadap kemampuan kognitif siswa. Hasilnya diperoleh kemampuan kognitif siswa dalam belajar fisika mengalami peningkatan yang signifikan setelah diajar menggunakan pendekatan multirepresentasi. Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Feribertus Nikat et al., 2021) menunjukkan bahwa kemampuan multirepresentasi sangat membantu mahasiswa dalam menjawab soal fisika.

Hasil N-gain yang rendah dapat dijelaskan dengan menggunakan teori kognitif load yang dikemukakan oleh (Sweller, 1988). Pendekatan multirepresentasi efektif dalam mengurangi *ekstranous load* dan mengoptimalkan germane load dalam membantu mahasiswa dalam membangun cara berpikir yang terstruktur. *Extranous load* (beban kognitif ekstrinsik) adalah beban kognitif yang tidak relevan dengan tujuan pembelajaran, sedangkan *germane load* (beban kognitif germane) adalah beban kognitif yang berkaitan langsung dengan tujuan pembelajaran dan membantu proses pembelajaran. Mengoptimalkan *germane load* berarti memaksimalkan penggunaan sumber daya kognitif untuk proses belajar, sementara meminimalkan *extraneous load*. *Germane load* dapat optimal dan *extranous load* dikurangi jika mahasiswa dapat menggunakan kemampuan representasi dengan optimal. Namun, jika kemampuan mahasiswa tidak dapat menggunakan kemampuan representasi dengan optimal, maka yang terjadi adalah *extranous load* dapat meningkat sementara *germane load* menurun. Hal tersebut dapat menghasilkan N-gain yang rendah. Oleh karena itu dibutuhkan pelatihan agar mahasiswa terbiasa menggunakan kemampuan representasi dalam pembelajaran.

Pendapat di atas telah sesuai dengan beberapa hasil riset terbaru tentang kemampuan representasi. Diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh (Nieminen et al., 2023), yang menyatakan bahwa walaupun pendekatan multirepresentasi membantu dalam proses pembelajaran akan tetapi tanpa pelatihan dan pembelajaran yang optimal dalam menggunakan kemampuan representasi, hasilnya akan tidak maksimal. Hal yang serupa disampaikan oleh (Rau, 2017) bahwa pelatihan menghubungkan kemampuan representasi dibutuhkan agar pendekatan multirepresentasi dapat optimal. Jadi pendekatan representasi akan memiliki dampak dalam pembelajaran jika kemampuan multirepresentasi mahasiswa telah optimal dan dapat digunakan dalam proses pembalajaran.

D. KESIMPULAN

Hasil analisis data menunjukkan nilai N-gain sebesar 0.29 yang berada pada kategori rendah. Namun demikian, hasil uji statistik menunjukkan nilai $t_{hitung} = 9.77, sedangkan$ nilai $t_{tabel} = 2.447$ dengan derajat kebebasan 6 dan taraf signifikansi 0.005. Nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$ yang berarti terdapat perbedaan skor yang signifikan antara skor pretest dan posttest.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pendekatan multirepresentasi memiliki pengaruh terhadap peningkatan kemampuan pemahaman konsep mahasiswa meskipun diperoleh nilai N-gain yang rendah.

Penelitian selanjutnya disarankan agar tidak hanya mengukur pemahaman konsep fisika tetapi juga mengukur kemampuan representasi mahasiswa, serta dilakukan analisis miskonsepsi.

E. DAFTAR PUSTAKA

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, *16*(3), 183–198. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001

Arikunto, S. (2013). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta.

Azwar, S. (2012). *Reliabilitas dan Validitas. .* Pustaka Pelajar.

Cari, C., Wulandari, P. S., Aminah, N. S., Handhika, J., & Nugraha, D. A. (2019). Students' understanding level of friction force direction concept on rolling object. *J. Phys. Conf. Series*.

Chang, J. Y., Quintana, C., & Krajcik, J. (2018). The impact of designing and evaluating molecular animations on how well middle school students understand the particulate nature of matter. *Science Education*, *102*(4), 921–957. https://doi.org/10.1002/sce.21345

Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, *5*(2), 121–152. https://doi.org/10.1207/s15516709cog0502_2

Clark, J. M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, *3*(3), 149–170.

Duit, R., & Treagust, D. F. (2010). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, *25(6)*, 671–688. https://doi.org/10.1080/09500690305016

Feribertus Nikat, R., Loupatty, M., & Himatuz Zahroh, S. (2021). Overview of research on multirepresentasi terhadap kemampuan pemahaman konsep fisika - Open Knowledge Maps.pdf. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, *01*(02), 45–53.

Hahn, L., & Klein, P. (2023). Implementation of simulations and sketching activities into lecture-based recitations in undergraduate physics. *Frontiers in Psychology*.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, *66*(1), 64–74.

Mahardika, I. K. (2016). Penggunaan Pendekatan Multirepresentasi dengan Setting Quantum Teaching dalam Pembelajaran Gerak Melingkar dan Dampaknya Terhadap Pemahaman Konsep Mahasiswa Calon Guru Fisika. *SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016"Peran Pendidikan, Sains, Dan Teknologi Dalam Membangun Intelektual Bangsa Dan Menjaga Budaya Nasional Di Era MEA," 1*, 545–554.

Najib, K., Siswanto, J., & Saefan, J. (2020). Pengaruh Pendekatan Multirepresentasi Terhadap Kemampuan Kognitif Siswa dalam Pembelajaran Fisika. *Journal of Banua Science Education*, *1*(1).

Nieminen, P., Savinainen, A., & Viiri, J. (2023). The role of representational competence in learning physics A systematic review. *International Journal of Science Education, 45*(1), 1–28.

Opfermann, M., Schmeck, A., & Fischer, H. E. (2017). Multiple Representations in Physics and Science Education – Why Should We Use Them? In *Multiple Representations in Physics Education* (pp. 1–22). https://doi.org/10.1007/978-3-319-58914-5_1

Orulebaja, Y., Owilabi, T., & Akintoye, H. (2021). Effects of Multiple representations and Problem- solving learning strategies on Physics students' problem-solving abilities. *International Journal for Innovation Education and Research*, *9*(4), 350–365. https://doi.org/10.31686/ijier.vol9.iss4.3045

Putri, A. H., Sutrisno, S., & Chandra, D. T. (2020). Efektivitas Pendekatan Multirepresentasi dalam Pembelajaran Berbasis Masalah untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa SMA pada Materi Gaya dan Gerak. *Journal of Natural Science and Integration*, *3*(2), 205. https://doi.org/10.24014/jnsi.v3i2.9400

Rau, M. A. (2017). Conditions for the effectiveness of multiple visual representations in enhancing STEM learning. *Educational Psychology Review*, *29*(4), 717–761. https://doi.org/10.1007/s10648-016-9365-3

Rosengrant, D., Van Heuvelen, A., & Etkina, E. (2009). Do students use and understand

free-body diagrams? *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, *5*(1). https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.5.010108

Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Alfabeta.

Suhandi, A., & Wibowo, F. C. (2012). Pendekatan Multirepresentasi dalam Pembelajaran Usaha Energi dan Dampak terhadap Pemahaman Konsep Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, *8*, 1–7.

Suryani, I., & Muliyani, R. (2019). Penerapan Model Pembelajaran Heuristic Vee terhadap Peningkatan Pemahaman Konsep Siswa Pada Materi Fluida Statis. In *Journal of Natural Science and Integration* (Vol. 2, Issue 2, p. 52). https://doi.org/10.24014/jnsi.v2i2.7885

Sweller, J. (1988). Beban kognitif selama pemecahan masalah: Efek pada pembelajaran. *Cognitive Science*, *12*(2), 257–258. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4

Van Meter, P., & Firetto, C. M. (2013). *Cognitive model of multiple external representations.* In D. Robinson,.