

Pemetaan Pemahaman Konsep Analisis Pengukuran Fisika dan Mekanika Analitik Pada Mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika Tahun Pertama

Latiifah Nur'Aini¹, Faradiva Anggraena Putri², dan Bayu Setiaji^{3*}

^{1,2,3} Universitas Negeri Yogyakarta; latiifahnuraini.2023@student.uny.ac.id, faradivaanggraena.2023@student.uny.ac.id, bayu.setiaji@uny.ac.id

Abstrak: Bagi mahasiswa program studi pendidikan fisika sudah seharusnya memiliki tingkat pemahaman konsep fisika yang tinggi. Namun, pada kenyataannya tingkat pemahaman konsep fisika mahasiswa program studi pendidikan fisika masih rendah. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui persebaran tingkat pemahaman konsep mahasiswa program studi pendidikan fisika pada tahun pertamanya. Metode penelitian yang digunakan oleh penulis yaitu deskriptif kuantitatif. Penelitian ini dilakukan pada 43 mahasiswa program studi Pendidikan Fisika Kelas C Angkatan 2022 pada tahun pertama mereka berkuliah di Universitas Negeri Yogyakarta. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat pemahaman konsep mahasiswa prodi Pendidikan Fisika pada matakuliah Analisis Pengukuran Fisika (APF) dan Mekanika Analitik sangat jauh berbeda pada tahun pertama mereka berkuliah dengan rata-rata nilai UAS pada matakuliah APF sebesar 2,89 dan pada matakuliah Mekanika Analitik sebesar 9,04. Oleh karena itu, diperlukan alternatif untuk meningkatkan dan pemeratakan pemahaman konsep mahasiswa pada matakuliah yang ada pada prodi Pendidikan Fisika salah satunya, yaitu dengan meningkatkan kualitas pengajaran dan pengaturan dalam proses pembelajaran, meningkatkan keterlibatan mahasiswa dalam belajar fisika, menggunakan metode pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika, serta meningkatkan kolaborasi antara mahasiswa, dosen, dan institusi dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika.

Katakunci: Pemahaman Konsep Fisika, Pendidikan Fisika, Analisis Pengukuran Fisika, Mekanika Analitik

DOI:

<https://doi.org/10.47134/physics.v1i1.132>

*Correspondensi: Bayu Setiaji

Email: bayu.setiaji@uny.ac.id

Received: 03-10-2023

Accepted: 15-11-2023

Published: 27-12-2023



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

increasing understanding of physics concepts.

Abstract: *Physics education study program students should have a high level of understanding of physics concepts. However, in reality the level of understanding of physics concepts for students in physics education study programs is still low. The aim of this research is to determine the distribution of students' level of conceptual understanding in the physics education study program in their first year. The research method used by the author is quantitative descriptive. This research was conducted on 43 Class C Physics Education study program students Class C of 2022 in their first year studying at Yogyakarta State University. The results of this research show that the level of conceptual understanding of Physics Education study program students in the Physics Measurement Analysis (APF) and Analytical Mechanics courses is very different in their first year of study with the average UAS score in the APF course being 2.89 and in the Analytical Mechanics course of 9.04. Therefore, alternatives are needed to improve and equalize student understanding of concepts in courses in the Physics Education study program, one of which is by improving the quality of teaching and organization in the learning process, increasing student involvement in learning physics, using effective learning methods to increase understanding. physics concepts, as well as increasing collaboration between students, lecturers and institutions in*

Keywords: *Understanding Physics Concepts, Physics Education, Analysis of Physical Measurements, Analytical Mechanics*

Pendahuluan

Fisika merupakan cabang ilmu pengetahuan alam yang menyelidiki unsur-unsur pembentuk alam semesta dan gaya-gaya yang beroperasi di dalamnya, baik pada skala makroskopis maupun mikroskopis. Untuk memajukan ilmu fisika, sangat penting untuk terus menerus melibatkan generasi muda dalam pembelajaran ilmu fisika (Arifuddin et al., 2022). Pendidikan khusus dalam bidang ini diberikan di tingkat perguruan tinggi, di mana mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika pada tahun pertama diberikan pemahaman yang sistematis dan saling terkait melalui kurikulum yang disusun secara khusus (Reid & Shah, 2006). Setelah memperoleh pemahaman dasar fisika, mahasiswa calon guru fisika pada tahun-tahun berikutnya mulai mendalami pengetahuannya melalui mata kuliah fisika lanjut dengan berbagai fokus. Salah satu topik yang sering dianggap sulit oleh mereka adalah Analisis Pengukuran Fisika dan Mekanika Analitik (Kiswanto, 2022).

Pemahaman konsep terhadap analisis ketidakpastian memiliki peran yang penting dalam pemahaman empiris dalam konteks pengukuran yang melibatkan suatu ketidakpastian. Hal tersebut menjadi bagian penting dalam pendidikan dunia ilmu pengetahuan alam (Erfan & Ratu, 2017). Namun, pada kenyataannya tingkat pemahaman mahasiswa terhadap materi analisis ketidakpastian masih rendah yang dapat disebabkan karena banyak mahasiswa yang menganggap remeh materi ini (Duggan & Gott, 2002). Kemudian pada matakuliah mekanika analitik, tingkat pemahaman konsep mahasiswa terhadap matakuliah ini harus baik agar materi tersebut dapat diterapkan dan dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari dengan benar (Yaylaci, 2021). Jika dilihat keadaan langsung di lapangan, didapatkan bahwa mahasiswa masih kurang dalam memahami konsep mekanika (Chen, 2020). Padahal mekanika analitik membutuhkan kemampuan pemahaman konsep yang tinggi pada mahasiswa karena konsep yang ada pada materi ini abstrak (Nugraheni, 2017; Taylor & Thompson, 1982).

Jika kemajuan belajar mahasiswa (dari segi pengetahuan) terhadap kedua matakuliah tersebut diukur berdasarkan taksonomi Bloom, diharapkan bahwa mahasiswa tidak hanya mencapai tingkat pemahaman, tetapi juga mencapai tingkat evaluasi (Pang, 2021). Artinya, calon guru fisika diharapkan mampu menerapkan konsep yang dipelajari dalam menyelesaikan masalah dan juga memiliki keterampilan untuk menilai dan mengevaluasi kebenaran dari solusi yang mereka berikan. Dengan demikian, mahasiswa dianggap telah menguasai konsep tersebut secara mendalam, sebagaimana dijelaskan oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Dirjen Dikti) pada tahun 2014 (Anas, 2019).

Kurangnya tingkat pemahaman mahasiswa terhadap matakuliah Analisis Pengukuran Fisika (APF) dan Mekanika Analitik dapat disebabkan oleh kesalahan dalam metode belajar dan hambatan yang menghambat mahasiswa dalam proses belajar, menyebabkan kesulitan dalam pembelajaran. Selain itu, pelaksanaan pembelajaran mata kuliah yang tidak efisien dan tingkat kesulitan materi pada mata kuliah analisis pengukuran fisika dan mekanika analitik juga menjadi faktor contributor (Krathwohl, 2002). Berdasarkan permasalahan yang diuraikan di atas, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat pemahaman konsep matakuliah Analisis Pengukuran Fisika

dan Mekanika Analitik pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika pada tahun pertama.

Metodologi

Jenis penelitian yang digunakan oleh penulis adalah penelitian deskriptif kuantitatif. Penelitian ini dilakukan di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta. Sample pada penelitian ini adalah mahasiswa kelas Pendidikan Fisika C angkatan 2022 pada tahun pertama yang berjumlah 43 dengan populasi seluruh mahasiswa Pendidikan Fisika di seluruh angkatan. Matakuliah Analisis Pengukuran Fisika (APF) merupakan matakuliah yang berfokus pada pemahaman konsep dasar dalam pengukuran serta pengolahan data (Kurniawati et al., 2013). Melalui matakuliah ini mahasiswa akan mempelajari cara menentukan hasil pengukuran untuk berbagai besaran fisika (Kurniawati et al., 2013). Matakuliah ini memiliki bobot 2 SKS yang diajarkan pada semester 1 dengan materi berupa: pengukuran dan hasil ukur fisika; konsep dan jenis ketidakpastian; penentuan hasil ukur beserta ketidakpastian pada pengukuran tunggal dan berulang; pembuatan grafik; perambatan ketidakpastian; serta pengolahan data seperti analisis diskrepansi, rata-rata berbobot, analisis statistik pada pengukuran berulang, penolahan data, dan regresi linear (Connors, 2018).

Sedangkan Mekanika Analitik merupakan matakuliah lanjutan dari mekanika klasik yang sudah pernah diajarkan waktu Sekolah Menengah Pertama (SMA) dengan mengkaji tentang analisis gerak melalui pendekatan mekanika skalar (Lagrangian dan Hamiltonia) (Kurniawati et al., 2013). Matakuliah ini berbobot 2 SKS yang diajarkan pada semester 1 dengan materi berupa, kerja virtual, mekanika Lagrange, kalkulus variasi, gaya pusat, mekanika Hamiltonian, dan dinamika benda tegar (Zhang, 2019). Tujuan dari matakuliah ini yaitu agar mahasiswa dapat menganalisis gerak melalui pendekatan skalar, dapat menggunakan kalkulus variasi dalam mekanika analitik, dan dapat menerapkan metode Lagrangian dan Hamiltonian dalam teori relativitas khusus (Wu, 2019).

Data nilai APF pada penelitian ini didapatkan dari penilaian pada Ujian Akhir Semester 1, begitu pula pada matakuliah Mekanika Analitik. Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini didasarkan pada daftar nilai UAS yang sudah didapatkan sebelumnya yang kemudian akan diolah menggunakan metode statistik deskriptif berupa rata-rata, median, modus, standar deviasi, kuartil 1, dan kuartil 3. Berdasarkan pengolahan data tersebut penulis dapat melihat persebaran nilai dari matakuliah APF dan Mekanika Analitik. Persebaran nilai kemudian akan disajikan dalam bentuk diagram. Dari persebaran tersebut, penulis dapat mengetahui dan menentukan tingkat pemahaman konsep mahasiswa prodi Pendidikan Fisika pada tahun pertamanya pada matakuliah APF dan Mekanika Analitik berdasarkan indikator yang dibuat oleh penulis (Bechtle, 2021).

Penulis membuat indikator pada kategori tingkat pemahaman konsep APF dan Mekanika Analitik mahasiswa prodi Pendidikan Fisika pada tahun pertama dalam empat kategori, yaitu tinggi, sedang, rendah, dan sangat rendah dengan interval nilai yang dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1: Kategori Pemahaman Konsep Mahasiswa

No	Interval Nilai	Kategori
1.	0,00 – 4,00	Sangat Rendah

2.	4,10 – 6,50	Rendah
3.	6,60 – 8,40	Sedang
4.	8,50 – 10,00	Tinggi

(diadaptasi dari Putri Rose et al. 2023) (RPS, Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Negeri Yogyakarta, n.d.)

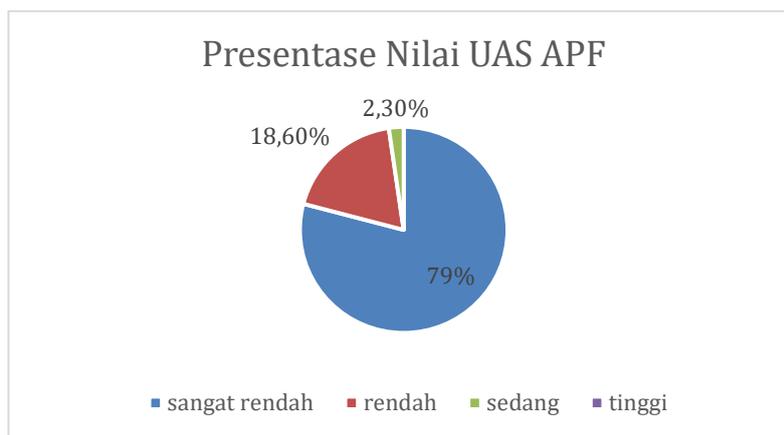
Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tingkat pemahaman konsep yang sangat signifikan antara matakuliah APF dan Mekanika Analitik. Hampir seluruh mahasiswa belum memahami konsep dari matakuliah Analisis Pengukuran Fisika (APF) dengan baik. Sedangkan pada matakuliah Mekanika Analitik, justru hampir seluruh mahasiswa sudah memahami konsep pada matakuliah ini dengan baik.

Tabel 2: Rangkuman Data Nilai UAS Mahasiswa

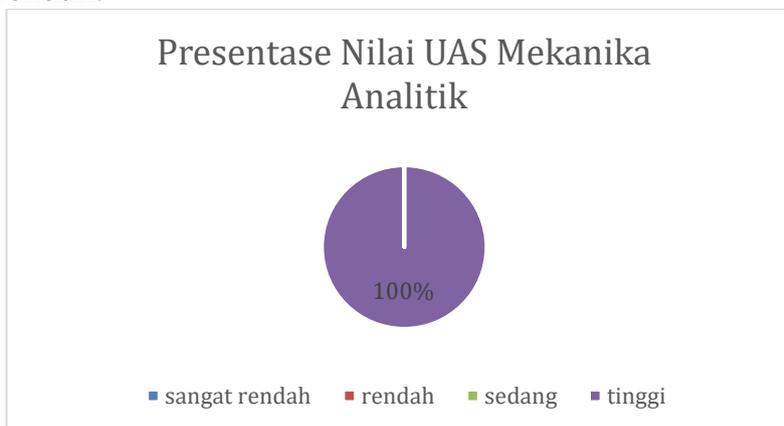
Matakuliah	Nilai Maksimum	Nilai Minimum	Modus	Median	Rata-Rata	Standar Deviasi
APF	8,3	0	1,7	2,7	2,89	1,63
Mekanika Analitik	9,5	8,8	8,8	8,9	9,04	0,27

Berdasarkan tabel rangkuman data nilai UAS mahasiswa di atas, didapatkan bahwa nilai maksimum pada matakuliah APF lebih rendah daripada matakuliah Mekanika Analitik dan pada nilai minimum yang didapatkan oleh mahasiswa dimatakuliah Mekanika Analitik jauh lebih tinggi daripada matakuliah APF (Athron, 2021). Dari keseluruhan nilai UAS yang didapatkan mahasiswa pada masing-masing kedua matakuliah tersebut, kemudian didapatkan nilai rata-rata pada matakuliah APF sebesar 2,89 dan pada matakuliah Mekanika Analitik sebesar 9,04 dengan nilai terbanyak yang didapatkan oleh mahasiswa pada matakuliah APF yaitu pada nilai 1,7 dan pada matakuliah Mekanika Analitik yaitu pada nilai 8,9. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tingkat pemahaman konsep mahasiswa pada matakuliah APF masih sangat rendah. Sedangkan, pada matakuliah Mekanika Analitik tingkat pemahaman konsep yang dimiliki oleh para mahasiswa berada pada kategori tinggi (Sirunyan, 2019). Kemudian jika dilihat dari standar deviasi pada kedua matakuliah tersebut, dapat diartikan bahwa perolehan nilai UAS mahasiswa pada matakuliah APF lebih bervariasi atau kurang akurat dengan nilai rata-rata daripada perolehan nilai pada matakuliah Mekanika Analitik. Semakin besar standar deviasi suatu data, maka semakin bervariasi pula nilai yang terdapat pada data tersebut (Puri & Perdana, 2023).



Gambar 1. Diagram nilai UAS Analisis Pengukuran Fisika pada setiap kategori nilai

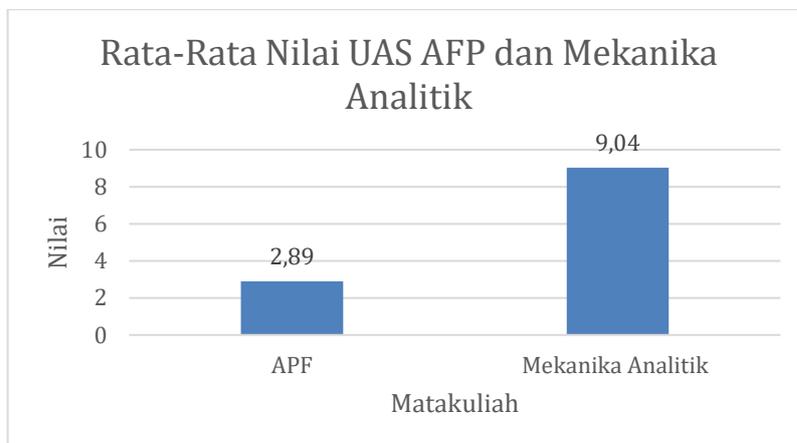
Gambar diagram di atas menunjukkan presentase perolehan nilai UAS matakuliah APF mahasiswa pada tiap kategori. Sekitar 97,6% mahasiswa memiliki pemahaman konsep pada matakuliah ini dalam kategori sangat rendah dan rendah, 79% atau sebanyak 34 dari 43 mahasiswa memperoleh nilai pada kategori sangat rendah dan sebesar 18,6% atau sebanyak 8 mahasiswa dari seluruh jumlah sampel berada pada kategori rendah. Kemudian sisanya, yaitu sebesar 2,3% atau hanya 1 mahasiswa saja yang berada pada kategori sedang dan tidak terdapat mahasiswa yang memperoleh nilai pada kategori tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat pemahaman mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika pada tahun pertama pada matakuliah Analisis Pengukuran Fisika (APF) masih sangat rendah, karena lebih dari 50% mahasiswa memperoleh nilai UAS pada kategori sangat rendah.



Gambar 2. Diagram nilai UAS Mekanika Analitik pada setiap kategori nilai

Gambar diagram di atas menunjukkan presentase perolehan nilai UAS matakuliah Mekanika Analitik mahasiswa pada tiap kategori. Berdasarkan perolehan nilai UAS mahasiswa pada matakuliah ini, didapatkan bahwa 100% atau sebanyak 43 mahasiswa dari seluruh jumlah sampe berada pada kategori tinggi (Planinic, 2019). Tidak terdapat mahasiswa yang memperoleh nilai UAS pada kategori sangat rendah, rendah, dan sedang (Lemos, 2018). Hal ini menunjukkan bahwa tingkat pemahaman konsep mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika pada tahun pertama pada matakuliah Mekanika Analitik

sudah baik atau tinggi, karena lebih dari 50% mahasiswa memperoleh nilai UAS pada kategori tinggi.



Gambar 3. Diagram perbandingan rata-rata nilai UAS pada kedua matakuliah

Berdasarkan perbandingan diagram di atas, dapat dilihat bahwa rata-rata nilai UAS mahasiswa pada matakuliah AFP dan Mekanika Analitik terdapat perbedaan yang signifikan. Pada matakuliah Analisis Pengukuran Fisika (APF) adalah 2,89, sedangkan pada matakuliah Mekanika Analitik adalah 9,04. Hal ini menunjukkan bahwa pemahaman konsep mahasiswa pada matakuliah Analisis Pengukuran Fisika (APF) jauh lebih rendah daripada matakuliah Mekanika Analitik.

Hal tersebut menunjukkan bahwa ada masalah dalam pengajaran atau pembelajaran yang perlu diperhatikan untuk meningkatkan pemahaman konsep serta pemerataan tingkat pemahaman mahasiswa terhadap matakuliah yang diajarkan (Kirin, 2020). Oleh karena itu, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa:

1. Meningkatkan kualitas pengajaran dan pengaturan dalam proses pembelajaran fisika. Penelitian yang dilakukan oleh Hajratun et al. (2022) (Lesmana et al., 2020) menyatakan bahwa penggunaan e-modul magnetisme yang telah dikembangkan dapat meningkatkan pemahaman konsep fisika pada peserta didik maupun mahasiswa.
2. Meningkatkan keterlibatan mahasiswa dalam belajar fisika. Salah satu langkah yang dapat diambil adalah mempersiapkan mahasiswa untuk terlibat aktif dalam penemuan konsep dan mahasiswa bukan hanya sebagai penampung penjelasan materi yang diberikan oleh pendidik (Sushila, 2021).
3. Menggunakan metode pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika. Penelitian yang dilakukan oleh Arifudin et al. (2022) (Hajratun et al., 2022) menyimpulkan bahwa penerapan e-modul magnetism yang telah dirancang secara khusus efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika pada mahasiswa.
4. Meningkatkan kolaborasi antara mahasiswa, dosen, dan institusi dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika. Salah satu langkah yang dapat diambil adalah mempersiapkan mahasiswa untuk melakukan eksperimen dan membaca

literasi, sehingga dapat meningkatkan pengetahuan dan pemahamannya (Kowalska, 2019).

Dalam konteks penelitian ini, hasil penelitian menunjukkan bahwa pemahaman konsep mahasiswa prodi Pendidikan Fisika pada tahun pertama memiliki perbedaan yang signifikan di antara matakuliah Analisis Pengukuran Fisika dan Mekanika Analitik. Pada matakuliah APF didapatkan bahwa tingkat pemahaman konsep mahasiswa prodi Pendidikan Fisika pada tahun pertama masih sangat rendah (El-Zeadani, 2019). Sedangkan, pada matakuliah Mekanika Analitik didapatkan bahwa tingkat pemahaman konsep mahasiswa prodi Pendidikan Fisika pada tahun pertama pada kategori tinggi (Smith, 2020). Oleh karena itu, penting untuk mengevaluasi strategi pembelajaran yang digunakan dalam kelas dan mencari langkah-langkah yang efektif untuk meningkatkan dan pemeratakan pemahaman konsep pada matakuliah yang ada pada prodi Pendidikan Fisika.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa tingkat pemahaman konsep mahasiswa prodi Pendidikan Fisika pada matakuliah APF dan Mekanika Analitik sangat jauh berbeda pada tahun pertama mereka berkuliah. Sebagian besar mahasiswa memiliki tingkat pemahaman konsep yang sangat rendah pada matakuliah Analisis Pengukuran Fisika (APF), sedangkan pada matakuliah Mekanika Analitik para mahasiswa memiliki pemahaman konsep yang tinggi. Oleh karena itu, diperlukan alternatif untuk pemeratakan dan meningkatkan tingkat pemahaman konsep fisika mahasiswa salah satunya, yaitu dengan meningkatkan kualitas pengajaran dan pengaturan dalam proses pembelajaran fisika, meningkatkan keterlibatan mahasiswa dalam belajar fisika, menggunakan metode pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika, serta peningkatan kolaborasi antara mahasiswa, dosen, dan institusi dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika.

Daftar Pustaka

- Anas, L. (2019). Pengembangan sistem aplikasi multimedia interaktif pada pelajaran (fisika energy) untuk tingkat sekolah menengah atas. *JTP-Jurnal Teknologi Pendidikan*, 21(1), 24–41.
- Arifuddin, A., Sutrio, S., & Taufik, M. (2022). Pengembangan bahan ajar kontekstual berbasis hands on activity dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika peserta didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(2c), 894–900.
- Athron, P. (2021). New physics explanations of μ in light of the FNAL muon $g - 2$ measurement. *Journal of High Energy Physics*, 2021(9). [https://doi.org/10.1007/JHEP09\(2021\)080](https://doi.org/10.1007/JHEP09(2021)080)
- Bechtle, P. (2021). HiggsSignals-2: probing new physics with precision Higgs measurements in the LHC 13 TeV era. *European Physical Journal C*, 81(2). <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-021-08942-y>

- Chen, Z. (2020). Mechanics-based analytical models for balloon-type cross-laminated timber (CLT) shear walls under lateral loads. *Engineering Structures*, 208. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109916>
- Connors, M. (2018). Jet measurements in heavy ion physics. *Reviews of Modern Physics*, 90(2). <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.90.025005>
- Duggan, S., & Gott, R. (2002). What Sort of Science Education Do We Really Need? *International Journal of Science Education*, 24(7), 661–679.
- El-Zeadani, M. R. (2019). Analytical mechanics solution for measuring the deflection of strengthened RC beams using FRP plates. *Case Studies in Construction Materials*, 11. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00272>
- Erfan, M., & Ratu, T. (2017). *Identifikasi Kesulitan Belajar Mahasiswa Pada Materi Elektrodinamika Ditinjau Dari Kemampuan Matematika*.
- Hajratun, S., Susilawati, S., & Ayub, S. (2022). Validitas Perangkat Pembelajaran Hukum Newton Menggunakan Model Concept Attainment untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Peserta Didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(2b), 480–485.
- Kirin, S. (2020). Comparison of experimental, numerical and analytical risk assessment of oil drilling rig welded pipe based on fracture mechanics parameters. *Engineering Failure Analysis*, 114. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104600>
- Kiswanto, H. (2022). *Fisika Lingkungan: Memahami Alam dengan Fisika*. Syiah Kuala University Press.
- Kowalska, K. (2019). Implications for new physics in $b \rightarrow s\mu\mu$ transitions after recent measurements by Belle and LHCb. *European Physical Journal C*, 79(10). <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-019-7330-2>
- Krathwohl, D. R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory into Practice*, 41(4), 212–218.
- Kurniawati, Y., Permanasari, A., & Muzakir, A. (2013). Kemampuan bereksperimen sintesis senyawa anorganik & interelasinya dengan penguasaan konsep kimia anorganik pada mahasiswa calon guru kimia. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 2(1), 57–64.
- Lemos, N. A. (2018). Analytical Mechanics. *Analytical Mechanics*, 1–460. <https://doi.org/10.1017/9781108241489>
- Lesmana, T., Iskandar, Y., & Heliani, H. (2020). Pengaruh kinerja keuangan terhadap nilai perusahaan pada perusahaan rokok yang terdaftar di bursa efek Indonesia. *Jurnal Proaksi*, 7(2), 25–34.
- Nugraheni, D. (2017). Analisis kesulitan belajar mahasiswa pada mata kuliah mekanika. *Edu Sains: Jurnal Pendidikan Sains Dan Matematika*, 5(1), 23–32.
- Pang, P. T. H. (2021). Nuclear Physics Multimessenger Astrophysics Constraints on the Neutron Star Equation of State: Adding NICER's PSR J0740+6620 Measurement. *Astrophysical Journal*, 922(1). <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac19ab>
- Planinic, M. (2019). Rasch analysis in physics education research: Why measurement matters. *Physical Review Physics Education Research*, 15(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.020111>

- Puri, P. R. A., & Perdana, R. (2023). Analisis Kemampuan Pemahaman Konsep Fisika Peserta Didik SMA Di Bantul Pada Materi Fluida Statis Dan Upaya Peningkatannya Melalui Model Pembelajaran Visualization Auditory Kinesthetic. *MAGNETON: Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika*, 1(2), 93–101.
- Reid, N., & Shah, I. (2006). The Role of Laboratory Work in University Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 172–185.
- RPS, Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Negeri Yogyakarta. (n.d.). <https://fisika.fmipa.uny.ac.id/id/rps>
- Sirunyan, A. M. (2019). Measurement of electroweak WZ boson production and search for new physics in WZ + two jets events in pp collisions at $\sqrt{s}=13\text{TeV}$. *Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics*, 795, 281–307. <https://doi.org/10.1016/j.physletb.2019.05.042>
- Smith, E. M. (2020). Direct measurement of the impact of teaching experimentation in physics labs. *Physical Review X*, 10(1). <https://doi.org/10.1103/PhysRevX.10.011029>
- Sushila. (2021). A hybrid analytical algorithm for thin film flow problem occurring in non-Newtonian fluid mechanics. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(2), 2297–2302. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.09.006>
- Taylor, J. R., & Thompson, W. (1982). *An Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements* (Vol. 2). University Science Books.
- Wu, X. R. (2019). A review and verification of analytical weight function methods in fracture mechanics. *Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures*, 42(9), 2017–2042. <https://doi.org/10.1111/ffe.13073>
- Yaylacı, M. (2021). Investigation of continuous and discontinuous contact cases in the contact mechanics of graded materials using analytical method and FEM. *Computers and Concrete*, 27(3), 199–210. <https://doi.org/10.12989/cac.2021.27.3.199>
- Zhang, Z. (2019). Analytical Prediction for Tunnel-Soil-Pile Interaction Mechanics based on Kerr Foundation Model. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 23(6), 2756–2771. <https://doi.org/10.1007/s12205-019-0791-x>