

## Perbandingan Pemahaman Prinsip Lagrangian antara Mahasiswa Fisika Murni dan Pendidikan Fisika

**Nadia Rahma Widodo\*, Wilya Rahel Lianita, dan Bayu Setiaji**

*Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta*

*\*Email : nadia222fmipa.2024@student.uny.ac.id*

### Abstrak

Penelitian ini berfokus pada identifikasi hambatan yang dihadapi mahasiswa dalam memahami prinsip kerja Lagrangian dengan pendekatan berbasis kognitif, serta membandingkan tingkat pemahaman antara mahasiswa dari program studi Fisika Murni dan Pendidikan Fisika. Lokasi penelitian adalah Universitas Negeri Yogyakarta, dengan partisipan merupakan mahasiswa semester tiga yang telah mengikuti perkuliahan Mekanika Analitik. Pengumpulan data dilakukan melalui nilai Ujian Tengah Semester (UTS) yang kemudian diubah ke dalam bentuk numerik guna keperluan analisis. Pengolahan data dilakukan dengan bantuan software JASP. Langkah analisis diawali dengan melakukan statistik deskriptif untuk memperoleh gambaran umum data, dilanjutkan dengan uji normalitas Shapiro-Wilk. Karena distribusi data tidak normal, maka dilanjutkan menggunakan uji non-parametrik Mann-Whitney U. Hasil analisis menunjukkan bahwa meskipun nilai rata-rata mahasiswa Pendidikan Fisika (16.324) lebih tinggi daripada Fisika Murni (10.214), perbedaan ini tidak terbukti signifikan secara statistik ( $p = 0.195$ ). Temuan ini mengindikasikan bahwa kedua kelompok mahasiswa mengalami tingkat kesulitan yang sebanding dalam memahami konsep Lagrangian yang bersifat abstrak dan penuh muatan matematis. Oleh karena itu, hasil penelitian ini menegaskan perlunya pengembangan pendekatan pembelajaran yang lebih relevan secara konteks dan adaptif terhadap kebutuhan mahasiswa, khususnya dalam menyampaikan materi-materi fisika tingkat lanjut. Diharapkan hasil kajian ini dapat dijadikan sebagai acuan dalam merumuskan strategi pengajaran mekanika analitik yang lebih efektif dan aplikatif di lingkungan pendidikan tinggi.

**Kata-kata kunci:** Lagrangian, mekanika, kognitif, pemahaman, mahasiswa, pendidikan.

### Abstract

*This study focuses on identifying the obstacles faced by students in understanding the working principles of Lagrangian mechanics using a cognitive-based approach, as well as comparing the level of understanding between students from the Pure Physics and Physics Education programs. The research was conducted at Yogyakarta State University, with participants consisting of third-semester students who had taken the Analytical Mechanics course. Data collection was carried out through Mid-Semester Exam (UTS) scores, which were then converted into numerical form for analysis purposes. The data were processed using the JASP software. The analysis began with descriptive statistics to gain an overall picture of the data, followed by the Shapiro-Wilk normality test. Since the data were not normally distributed, the non-parametric Mann-Whitney U test was applied. The results showed that although the average score of Physics Education students (16.324) was higher than that of Pure Physics students (10.214), the difference was not statistically significant ( $p = 0.195$ ). This finding indicates that both groups experienced comparable difficulties in grasping the Lagrangian concept, which is abstract and mathematically complex. Therefore, the study underscores the need to develop more contextually relevant and adaptive teaching approaches to meet students' needs, especially in delivering advanced physics content. It is expected that the findings of this study can serve as a reference in formulating more effective and applicable instructional strategies for teaching analytical mechanics in higher education settings.*

**Keywords:** Lagrangian, mechanics, cognitive, understanding, students, education.

## I. PENDAHULUAN

Dalam fisika, khususnya dalam mekanika analitik, formulasi Lagrangian ini salah satu cara untuk menganalisis suatu sistem. Pendekatan tidak hanya menyederhanakan penyelesaian masalah-masalah yang ada pada mekanika, tetapi memberikan landasan kuat dalam berbagai pengembangan teori fisika modern. Menurut Nasution et al. (2023), “mekanika Lagrange memberikan pendekatan sistematis yang dapat membantu mahasiswa dalam memahami konsep dasar dinamika.” Pendekatan ini didasarkan pada konsep prinsip Hamilton, yang menyatakan bahwa lintasan yang diambil oleh suatu sistem fisis adalah lintasan yang meminimalkan aksi, yaitu integral dari fungsi Lagrangian terhadap waktu. Lagrangian sendiri didefinisikan sebagai selisih antara energi kinetik ( $T$ ) dan energi potensial ( $V$ ) suatu sistem.

Keunggulan utama pendekatan Lagrangian adalah kemampuannya dalam menangani sistem dengan banyak derajat kebebasan serta penggunaannya dalam koordinat umum yang lebih fleksibel dibandingkan hukum Newton. Oleh karena itu, pemahaman yang baik terhadap prinsip kerja Lagrangian menjadi suatu keharusan bagi mahasiswa fisika.

Dalam lingkup yang lebih luas, pendekatan ini digunakan pada ranah mekanika klasik tetapi diterapkan juga pada bidang lain seperti fisika kuantum, mekanika statistik, dan lainnya. Bahkan pada konteks komputasi modern konsep lagrange dipakai sebagai dasar dalam pemodelan numerik dan simulasi fisis. Baye (2015) menyebutkan bahwa “Metode Lagrange-mesh merupakan alat yang kuat dalam mekanika kuantum komputasional untuk menyelesaikan persamaan diferensial secara efisien dengan akurasi tinggi”. Hal ini membuktikan jika relevansi formulasi lagrange tetap terjaga dengan seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Tetapi dalam lingkungan perguruan tinggi, mahasiswa program studi Fisika Murni dan Pendidikan Fisika memiliki pendekatan pembelajaran yang berbeda terhadap konsep-konsep fisika. Mahasiswa Fisika Murni lebih difokuskan pada pemahaman konseptual yang mendalam serta pendekatan matematis yang kompleks dalam menyelesaikan berbagai permasalahan fisika. Sebaliknya, mahasiswa Pendidikan Fisika tidak hanya mempelajari konsep-konsep fisika, tetapi juga bagaimana menyajikan dan mengajarkan konsep tersebut kepada orang lain. Perbedaan orientasi pembelajaran ini dapat mempengaruhi tingkat pemahaman mereka terhadap konsep-konsep yang bersifat abstrak dan matematis, seperti formulasi Lagrangian.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis perbedaan tingkat penguasaan prinsip kerja Lagrangian antara mahasiswa Pendidikan Fisika dan Fisika Murni. Dengan memahami pola perbedaan ini, diharapkan penelitian ini dapat memberikan wawasan mengenai efektivitas metode pembelajaran dalam masing-masing program studi serta memberikan rekomendasi strategi pengajaran yang lebih optimal. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi dalam pengembangan kurikulum fisika agar lebih adaptif terhadap kebutuhan mahasiswa dengan latar belakang akademik yang berbeda.

## II. METODE PENELITIAN

Metode Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Negeri Yogyakarta dengan melibatkan mahasiswa semester 3 dari Departemen Pendidikan Fisika yang telah mempelajari prinsip kerja Lagrange melalui mata kuliah Mekanika Analitik. Pendekatan yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif komparatif, yang bertujuan untuk membandingkan pemahaman antara dua kelompok mahasiswa, yaitu mahasiswa dari program Pendidikan Fisika dan Fisika Murni.

Data yang dikumpulkan berupa nilai Ujian Tengah Semester (UTS) pada materi prinsip kerja Lagrange. Nilai-nilai tersebut dinyatakan dalam bentuk huruf (A, B, C, D, E) dan kemudian dikonversi ke skala ordinal, di mana  $A = 4$ ,  $B = 3$ ,  $C = 2$ ,  $D = 1$ , dan  $E = 0$ , agar proses analisis statistik menjadi lebih mudah. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak JASP. Langkah awal adalah melakukan analisis deskriptif untuk memperoleh informasi tentang rata-rata, standar deviasi, nilai tertinggi, dan terendah dari masing-masing kelompok. Selanjutnya dilakukan uji normalitas Shapiro-Wilk untuk menguji apakah distribusi data kedua kelompok normal. Karena hasil menunjukkan bahwa data tidak terdistribusi normal ( $p < 0,05$ ), maka digunakan uji non-parametrik Mann-Whitney U untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan signifikan antara kedua kelompok tersebut.

### III. KAJIAN TEORI

Pemahaman terhadap konsep-konsep dalam fisika, khususnya pada area mekanika analitik seperti pendekatan Lagrangian dan Hamiltonian, merupakan elemen penting dalam pendidikan tinggi. Sejumlah studi telah mengulas berbagai pendekatan baik dari sisi teori maupun praktik guna menilai efektivitas metode pembelajaran dan kendala konseptual yang dialami oleh mahasiswa.

Baye (2015) memperkenalkan metode Lagrange-mesh sebagai teknik numerik yang efektif dalam menyelesaikan persamaan Lagrangian secara komputasi. Metode ini tidak hanya memberikan hasil perhitungan yang lebih akurat, tetapi juga memungkinkan pemahaman konseptual yang lebih mendalam melalui visualisasi hasil simulasi. Di sisi lain, Nasution et al. (2023) menyoroti pentingnya memahami dinamika sistem dalam pendekatan Lagrangian dan Hamiltonian. Mereka menjelaskan bahwa pendekatan yang sistematis dapat memfasilitasi mahasiswa dalam membangun pola pikir yang logis dan runtut dalam menganalisis gerakan benda. Nolting (2016) membahas pendekatan Lagrangian dari sisi konsep, mulai dari prinsip dasar hingga aplikasi pada sistem fisika yang kompleks. Ia menekankan bahwa pemahaman yang kuat terhadap konsep energi kinetik dan energi potensial sangat penting dalam mengembangkan kerangka kerja sistem dinamis.

Di Indonesia, Nur'Aini et al. (2023) melakukan studi untuk memetakan tingkat pemahaman mahasiswa terhadap materi mekanika analitik. Penelitian tersebut mengungkap bahwa mahasiswa menghadapi tantangan besar, terutama dalam memahami konsep-konsep yang bersifat abstrak maupun aplikatif. Selain itu, Prasetyani et al. (2024) meneliti bagaimana jalur masuk ke perguruan tinggi memengaruhi pemahaman konsep dasar fisika. Hasilnya menunjukkan perbedaan signifikan antara mahasiswa yang diterima melalui jalur SNMPTN, SBMPTN, dan jalur mandiri. Secara keseluruhan, berbagai temuan ini menegaskan bahwa pemahaman konsep dalam fisika sangat dipengaruhi oleh kompleksitas materi, metode pengajaran, pendekatan numerik yang digunakan, latar belakang akademik mahasiswa, serta strategi evaluasi yang diterapkan. Oleh karena itu, diperlukan perpaduan antara pendekatan teoritis dan pedagogis agar mahasiswa mampu memahami dan menguasai konsep-konsep kompleks dalam fisika, khususnya di bidang mekanika analitik.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan tingkat pemahaman mahasiswa antara program studi Fisika Murni dan Pendidikan Fisika terhadap prinsip kerja Lagrangian, dengan menggunakan pendekatan kuantitatif komparatif yang dilandasi oleh teori kognitif. Data yang digunakan berasal dari hasil Ujian Tengah Semester (UTS) pada mata kuliah Mekanika Analitik, melibatkan dua kelompok mahasiswa—Pendidikan Fisika sebanyak 70 orang dan Fisika Murni sebanyak 74 orang. Skor yang semula berbentuk huruf (A, B, C, D, E) dikonversikan ke dalam bentuk skala ordinal, dengan nilai A setara 4, B = 3, C = 2, D = 1, dan E = 0, guna mempermudah proses analisis statistik. Selanjutnya, data tersebut dimasukkan ke dalam software JASP, dengan dua variabel utama: kelompok studi dan nilai mahasiswa.

**Tabel 1.** Statistik Deskriptif

	Nilai	
	Fisika Murni	Pendidikan Fisika
Valid	70	74
Missing	0	3
Mean	0.243	0.459
Std. Deviation	0.600	0.982
Minimum	0.000	0.000
Maximum	3.000	4.000

Berdasarkan tabel statistik deskriptif dari dua kelompok, Pendidikan Fisika 74 responden, dan Fisika Murni terdiri dari 70 responden, terlihat pada tabel diatas bahwa rata-rata nilai ujian tengah semester Pendidikan Fisika sebesar 0.459, sedangkan pada Fisika Murni memperoleh rata-rata nilai sebesar 0.243, Pada perbedaan ini menunjukkan mahasiswa Pendidikan Fisika memperoleh nilai rata-rata yang lebih tinggi dalam penilaian UTS. Tetapi pada nilai standar deviasi Fisika Murni memperoleh nilai sebesar 0.600 dan untuk Pendidikan Fisika memperoleh 0.982. Nilai standar deviasi yang cukup besar ini menunjukkan bahwa masing masing kelompok sangat bervariasi. Adanya nilai minimum 0 yang muncul pada kedua kelompok mengindikasi adanya mahasiswa yang memiliki tingkat pemahaman yang rendah terhadap materi prinsip kerja lagrangian, dan maksimum 3.000 untuk Fisika murni dan 4.000 untuk Pendidikan Fisika, hal ini menunjukkan bahwa ada mahasiswa yang tidak mampu menjawab soal dengan baik.

**Tabel 2.** Uji Normalitas (Shapiro-Wilk)

	Nilai	
	Fisika Murni	Pendidikan Fisika
Shapiro-Wilk	0.466	0.592
P-value of Shapiro-Wilk	< .001	< .001

Pada Tabel 2 uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk dengan tujuan menguji apakah data dari masing masing kelompok berdistribusi normal atau tidak. Hasil uji normalitas ini menunjukkan kalau kelompok Fisika Murni memiliki nilai statistik Shapiro-Wilk sebesar 0.466 dan pada kelompok Pendidikan Fisika sebesar 0.592. Kedua kelompok ini mendapatkan p-value < .001, yang dapat disimpulkan bahwa p-value kedua kelompok lebih kecil dari taraf signifikansi  $\alpha = 0.05$ . Maka data dari kedua kelompok ini tidak berdistribusi normal secara statistik. Karena uji normalitas tidak terpenuhi maka dianjurkan menggunakan uji no-parametrik Mann-Whitney U yang tidak mengharuskan data berdistribusi normal.

**Tabel 3.** Uji Mann-Whitney U

***Independent Samples T-Test***

	U	df	p	Rank-Biserial Correlation	SE Rank-Biserial Correlation
Nilai	2357.000		0.195	-0.090	0.096

*Note.* For the Mann-Whitney test, effect size is given by the rank biserial correlation.

*Note.* Mann-Whitney U test.

Uji Mann-Whitney U digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan apakah terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara dua kelompok. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai U sebesar 2357.000 dengan p-value sebesar 0,195. Karena nilai p tersebut melebihi batas signifikansi 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara mahasiswa Fisika Murni dan Pendidikan Fisika. Selain itu, hasil Rank-Biserial Correlation menunjukkan angka -0,090 yang tergolong dalam kategori rendah. Meskipun terdapat selisih pada nilai rata-rata kedua kelompok, perbedaan tersebut tidak cukup berarti. Nilai standard error sebesar 0,096 juga menunjukkan bahwa estimasi yang dihasilkan memiliki ketidakpastian yang relatif tinggi, yang semakin menegaskan bahwa pengaruh perbedaan tersebut tergolong lemah.

## Pembahasan

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai rata-rata Ujian Tengah Semester (UTS) mahasiswa Pendidikan Fisika lebih tinggi dibandingkan mahasiswa Fisika Murni ( $M = 0,459$  dan  $M = 0,243$  secara berturut-turut). Namun, berdasarkan uji Mann-Whitney U, perbedaan tersebut tidak signifikan secara statistik karena nilai  $p$  sebesar  $0,195$  melebihi ambang batas  $0,05$ . Korelasi rank-biserial yang diperoleh sebesar  $-0,090$  juga tergolong lemah, yang mengindikasikan bahwa meskipun terdapat perbedaan nilai secara deskriptif, hal tersebut belum cukup kuat untuk dianggap signifikan secara statistik.

Temuan ini mendukung hasil penelitian Nur'Aini et al. (2023), yang menyatakan bahwa banyak mahasiswa masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep abstrak dalam mekanika analitik. Selain itu, nilai standar deviasi yang tinggi— $0,600$  untuk kelompok Fisika Murni dan  $0,982$  untuk Pendidikan Fisika—menunjukkan adanya keragaman tingkat kemampuan individu yang cukup besar dalam masing-masing kelompok.

Hasil ini mengindikasikan bahwa mahasiswa Fisika Murni maupun Pendidikan Fisika mengalami tantangan serupa dalam memahami prinsip kerja Lagrangian yang melibatkan kalkulus variasi, energi potensial dan kinetik. Hal ini juga bertolak belakang dengan anggapan umum bahwa mahasiswa Fisika Murni memiliki pemahaman matematis yang lebih kuat dan seharusnya lebih mudah dalam memahami materi analitik seperti lagrangian, hasil ini memperlihatkan bahwa penguasaan konsep mendalam tetap membutuhkan dukungan strategi pembelajaran yang tepat, bukan hanya sekedar kemampuan berhitung atau latar belakang program studi.

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan secara statistik antara mahasiswa Fisika Murni dan Pendidikan Fisika dalam pemahaman prinsip kerja Lagrangian. Meskipun nilai rata-rata mahasiswa Pendidikan Fisika lebih tinggi, kesenjangan tersebut tidak cukup kuat untuk menyatakan adanya perbedaan pemahaman yang berarti. Ini menunjukkan bahwa baik mahasiswa dengan latar belakang fokus konseptual maupun pedagogis sama-sama mengalami tantangan dalam memahami konsep Lagrangian yang kompleks, terutama karena sifatnya yang sangat matematis dan abstrak.

Berdasarkan temuan ini, disarankan kepada dosen pengampu mata kuliah Mekanika Analitik untuk menerapkan strategi pembelajaran yang lebih kontekstual dan interaktif, seperti penggunaan simulasi visual, pendekatan berbasis masalah (problem-based learning), atau integrasi teknologi pembelajaran. Strategi ini tidak hanya ditujukan bagi mahasiswa Fisika Murni yang membutuhkan pendalaman konsep teoritis, tetapi juga bagi mahasiswa Pendidikan Fisika yang akan mengajarkan konsep tersebut kepada orang lain. Selain itu, institusi pendidikan disarankan untuk mempertimbangkan penyesuaian kurikulum dan penyediaan pelatihan tambahan bagi dosen, agar pembelajaran dapat disesuaikan dengan latar belakang kognitif dan kebutuhan belajar mahasiswa. Penelitian lanjutan juga perlu dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor internal mahasiswa, seperti gaya belajar dan motivasi, yang mungkin berperan dalam kesulitan memahami materi mekanika analitik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baye, D. (2015). The Lagrange-mesh method. *Physics Reports*, 565, 1-107. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2014.11.006>
- Nasution, B., Lulut Alfaris, & Siagian, R. C. (2023). Basic Mechanics Of Lagrange And Hamilton as Reference for STEM Students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(2), 898-905. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i2.2920>
- Nolting, W. (2016). Lagrange Mechanics. Dalam W. Nolting, *Theoretical Physics 2* (Hlm. 1-99). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-40129-41>
- Nur'aini, L., Putri, F. A., & Setiaji, B. (2023). Pemetaan Pemahaman Konsep Analisis Pengukuran Fisika Dan Mekanika Analitik Pada Mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika Tahun Pertama. *Journal of Physics Education and Science*, 1(1), 10. <https://doi.org/10.47134/physics.v1i1.132>

- Prasetyani, E. P., Siti Aminah Zahrotun Nisa, & Bayu Setiaji. (2024). Perbandingan Pemahaman Konsep Fisika Dasar Berdasarkan Jalur Masuk Mahasiswa Departemen Pendidikan Fisika. *Physical Sciences, Life Science and Engineering*, 1(1), 12. <https://doi.org/10.47134/pslse.v1i1.162>
- Rahmah, A. A., Akhdania, M., & Setiaji, B. (2024). STUDI LITERATUR: PENERAPAN KONSEP MEKANIKA LAGRANGE PADA KEHIDUPAN SEHARI-HARI. *Charm Sains: Jurnal Pendidikan* <https://doi.org/10.53682/charmsains.v5i3.341>
- Ririn Solekhah, Nasyaa Zahrotul Jannah, & Bayu Setiaji. (2024). PENGEMBANGAN BAHAN AJAR E-BOOK BERBASIS 3D DAN VIDEO KONTEKSTUAL PADA MATERI MEKANIKA ANALITIK LAGRANGE, *Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 5(3), 88-93. <https://doi.org/10.53682/charmsams.v5i3.348>
- Wagner, G., & Guthrie, M. W. (2019). Demystifying The Lagrangian of classical mechanics (Versi 4). arXiv. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.1907.07069>
- Wulandari, A., & Setiaji, B. (2024). Uncovering the Secrets of Motion: A Literature Review Of Lagrange And Newtonian Mechanics. *Jurnal Pendidikan Amarta*, 3(2), 108-114. <https://doi.org/10.57235/jpa.v3i2.2800>
- Zain, S. (2019), Techniques of classical mechanics: *From Lagrangian to Newtonian mechanics* (Version: 20190101). Iop Publishing. <https://doi.org/10.1088/2053-2563/aae1b9>