

## ANALISIS PERUBAHAN FASE GELOMBANG PADA BERBAGAI FREKUENSI DENGAN UJUNG TALI TAK BERUJUNG MENGGUNAKAN *PHET SIMULATION*

Oleh:

Mohamad Rizki Sali<sup>1</sup>  
Laelatul Munawaroh<sup>2</sup>  
Reivansyah Adli Hakim<sup>3</sup>  
Muhammad Nur Hadi<sup>4</sup>

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Alamat: JL. Raya Palka No.Km.3, Sindangsari, Kec. Pabuaran, Kota Serang, Banten  
(42163).

Korespondensi Penulis: [salismrizki@gmail.com](mailto:salismrizki@gmail.com), [lailatulmunawaroh2505@gmail.com](mailto:lailatulmunawaroh2505@gmail.com),  
[reivansyahadlihakim@gmail.com](mailto:reivansyahadlihakim@gmail.com), [mn.hadi@untirta.ac.id](mailto:mn.hadi@untirta.ac.id).

**Abstract.** *This study aims to analyze changes in wave phase at various frequencies under a fixed-end string condition using the PhET simulation “Wave on a String.” Frequency variations were applied from 0.75 Hz to 3.00 Hz, while amplitude, tension, and damping were kept constant. The results show that increasing frequency leads to a significant decrease in wavelength. For instance, at a frequency of 0.75 Hz, the recorded wavelength was 5.5 cm, whereas at 3.00 Hz the wavelength decreased to 1.4 cm. Despite the substantial change in wavelength, the wave propagation speed remained within a nearly constant range of approximately 4.0–4.2 cm/s, with the highest value of 4.2 cm/s observed at frequencies of 1.50 Hz, 2.00 Hz, and 3.00 Hz. These findings confirm that, within the same medium, changes in frequency have a more dominant effect on wavelength than on wave speed. Therefore, this simulation provides a more applied illustration of the relationship between frequency, phase, and wave propagation characteristics in a string system with a fixed-end condition.*

**Keywords:** *PhET Simulation, Waves on String, Propagation Speed, Frequency.*

# ANALISIS PERUBAHAN FASE GELOMBANG PADA BERBAGAI FREKUENSI DENGAN UJUNG TALI TAK BERUJUNG MENGGUNAKAN *PHET SIMULATION*

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan fase gelombang pada berbagai frekuensi dengan kondisi ujung tali tak berujung menggunakan *PhET Simulation "Wave on a String"*. Variasi frekuensi dilakukan mulai dari 0,75 Hz hingga 3,00 Hz dengan amplitudo, tension, dan damping dibuat konstan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan frekuensi menyebabkan penurunan panjang gelombang secara signifikan, misalnya pada frekuensi 0,75 Hz panjang gelombang tercatat 5,5 cm, sedangkan pada frekuensi 3,00 Hz panjang gelombang menurun menjadi 1,4 cm. Meskipun panjang gelombang berubah cukup drastis, cepat rambat gelombang cenderung berada pada rentang nilai yang hampir konstan, yaitu sekitar 4,0–4,2 cm/s, dengan nilai tertinggi 4,2 cm/s pada frekuensi 1,50 Hz, 2,00 Hz, dan 3,00 Hz. Temuan ini menegaskan bahwa pada medium yang sama, perubahan frekuensi lebih dominan mempengaruhi panjang gelombang dibandingkan cepat rambat gelombang. Dengan demikian, simulasi ini memberikan gambaran yang lebih aplikatif mengenai hubungan antara frekuensi, fase, dan karakteristik rambatan gelombang pada sistem tali dengan kondisi *loss end*.

**Kata Kunci:** PhET Simulasi, Gelombang Pada Tali, Cepat Rambat, Frekuensi.

## LATAR BELAKANG

Gelombang merupakan salah satu fenomena fundamental dalam fisika yang sering dijumpai dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari. Fenomena ini terjadi akibat adanya gangguan atau getaran yang merambat dari satu titik ke titik lainnya melalui suatu medium tertentu. Pada gelombang mekanik seperti gelombang pada tali, proses perambatan tersebut hanya dapat berlangsung apabila terdapat sumber energi yang memberikan gaya atau getaran awal pada medium. Energi dari sumber inilah yang memicu terbentuknya pola gelombang yang kemudian merambat sepanjang tali (Hadi, 2020). Dengan demikian, pemahaman mengenai bagaimana gelombang terbentuk dan merambat sangat penting untuk memahami berbagai fenomena fisika yang lebih kompleks.

Salah satu aspek yang menjadi fokus dalam kajian gelombang adalah kecepatan rambat gelombang. Kecepatan rambat menunjukkan seberapa cepat suatu gangguan merambat melalui medium. Pada gelombang tali, kecepatan ini tidak hanya ditentukan oleh sifat fisik tali, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh frekuensi dan panjang gelombang. Ketiga parameter tersebut saling berkaitan erat dalam menjelaskan bentuk dan perilaku

gelombang. Ketika frekuensi gelombang dinaikkan, pola gelombang yang terbentuk cenderung berubah, khususnya pada panjang gelombangnya. Perubahan ini secara langsung juga akan memengaruhi fase gelombang yang dapat diamati pada layar atau grafik simulasi (Heruddin, 2025; Sujoko, 2020).

Dalam konteks pembelajaran dan penelitian fisika modern, analisis mengenai hubungan antara frekuensi, amplitudo, panjang gelombang, cepat rambat, dan fase gelombang menjadi semakin relevan. Perubahan-perubahan ini dapat diamati dengan sangat jelas melalui media simulasi, salah satunya *PhET Simulation "Wave on a String"*. Simulasi ini memungkinkan pengguna untuk mengatur parameter-parameter gelombang secara bebas, seperti frekuensi, tegangan tali, amplitudo, hingga kondisi ujung tali. Kondisi ujung tali yang digunakan dalam penelitian ini adalah ujung tak berujung (*loss end*), yaitu kondisi di mana gelombang dapat merambat tanpa adanya pantulan balik yang signifikan. Kondisi ini memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai bagaimana gelombang merambat secara kontinu tanpa interferensi dari pantulan.

Penelitian ini secara khusus difokuskan untuk menganalisis bagaimana fase gelombang berubah pada berbagai frekuensi, serta bagaimana frekuensi dan amplitudo mempengaruhi panjang gelombang maupun cepat rambat gelombang pada tali. Dengan melihat perubahan fase pada berbagai nilai frekuensi, peneliti dapat memahami pola keteraturan gelombang dan menjelaskan hubungan matematis antara parameter-parameternya. Analisis ini tidak hanya penting dari sisi akademik, tetapi juga bermanfaat dalam aplikasi praktis, seperti pada rekayasa sistem mekanik, instrumentasi, sensor getaran, dan teknologi komunikasi berbasis gelombang.

Secara teoritis, hubungan antara frekuensi ( $f$ ), panjang gelombang ( $\lambda$ ), dan cepat rambat gelombang ( $v$ ) dijelaskan melalui persamaan dasar gelombang:

$$v = f \times \lambda$$

Persamaan ini menunjukkan bahwa cepat rambat gelombang merupakan hasil perkalian antara frekuensi dan panjang gelombang. Misalnya, apabila pada suatu kondisi simulasi diperoleh frekuensi sebesar 1,50 Hz dan panjang gelombang sebesar 2,3 m, maka cepat rambat gelombang dapat dihitung sebagai berikut:

$$v = 1,50 \text{ Hz} \times 2,3 \text{ m} = 3,45 \text{ m/s}$$

# **ANALISIS PERUBAHAN FASE GELOMBANG PADA BERBAGAI FREKUENSI DENGAN UJUNG TALI TAK BERUJUNG MENGGUNAKAN *PHET SIMULATION***

Perhitungan ini menunjukkan bahwa peningkatan frekuensi sering kali berbanding terbalik dengan panjang gelombang, di mana panjang gelombang cenderung semakin pendek ketika frekuensi diperbesar. Namun demikian, cepat rambat gelombang tidak selalu meningkat mengikuti kenaikan frekuensi. Nilai kecepatan justru bergantung kuat pada sifat fisik medium, seperti tegangan tali (*tension*) dan massa jenis linear tali. Jika tegangan diperbesar, cepat rambat gelombang cenderung meningkat; sebaliknya, jika tegangan rendah, cepat rambat dapat menurun meskipun frekuensi tinggi. Oleh karena itu, memahami hubungan matematis dan fisik antara parameter-parameter gelombang sangat penting sebelum melakukan analisis lanjutan melalui simulasi PhET.

Secara keseluruhan, uraian teori dan contoh perhitungan tersebut menjadi landasan yang kuat dalam melakukan analisis fase gelombang pada penelitian ini. Pemahaman fundamental mengenai interaksi antara frekuensi, amplitudo, panjang gelombang, fase, dan cepat rambat gelombang diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih akurat dan komprehensif mengenai dinamika gelombang pada medium tali dengan kondisi ujung tak berujung.

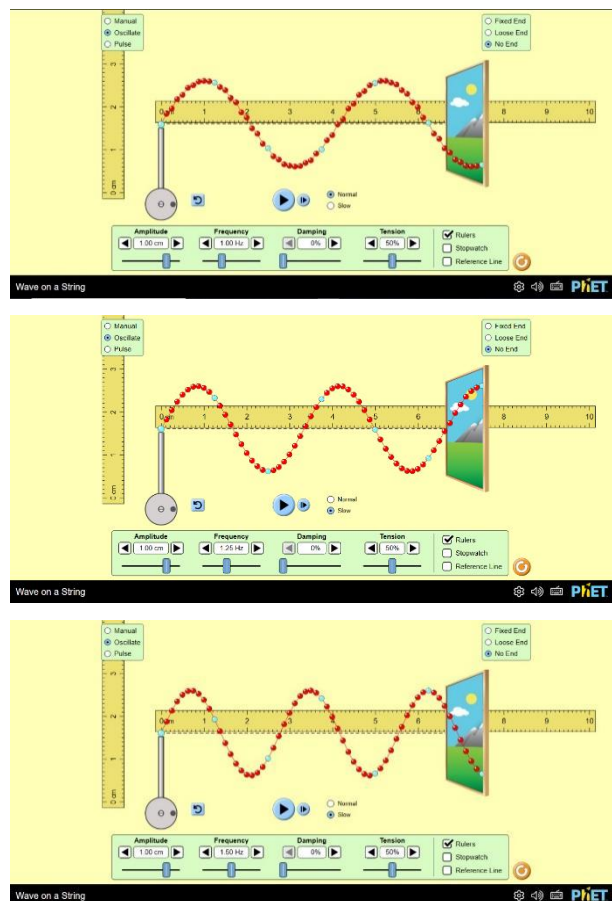
## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimen, di mana proses pengumpulan data dilakukan secara sistematis melalui pengamatan langsung terhadap variabel-variabel gelombang yang dimanipulasi dalam lingkungan simulasi. Media utama yang digunakan adalah *PhET Simulation "Wave on a String"*, yaitu sebuah simulasi interaktif berbasis komputer yang memungkinkan pengguna mengatur parameter gelombang secara fleksibel, seperti frekuensi, amplitudo, tegangan tali, massa jenis tali, serta kondisi ujung tali. Penggunaan media simulasi ini dipilih karena mampu memberikan gambaran visual yang jelas dan terukur mengenai dinamika gelombang tanpa harus melakukan percobaan fisik yang memerlukan peralatan laboratorium yang kompleks.

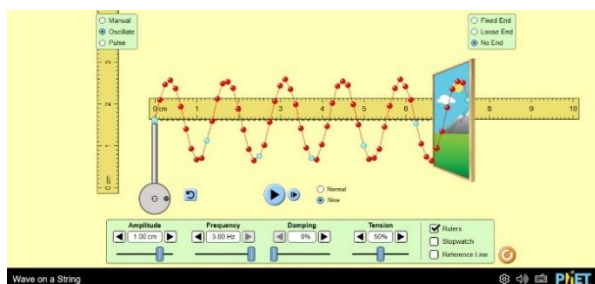
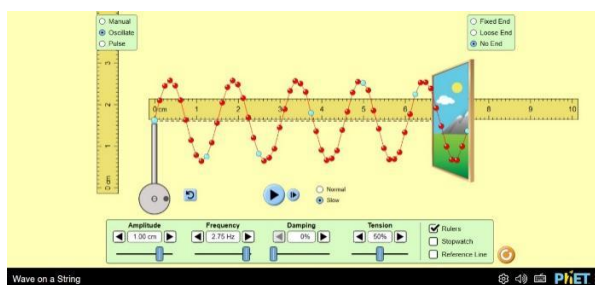
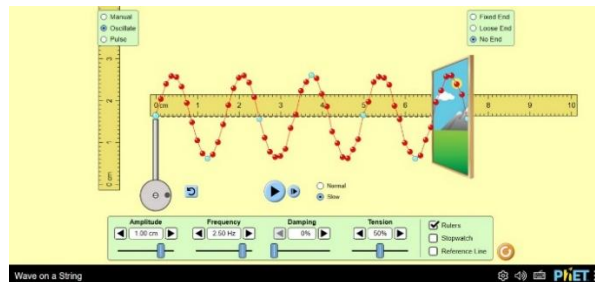
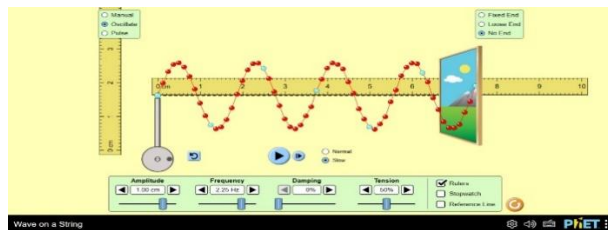
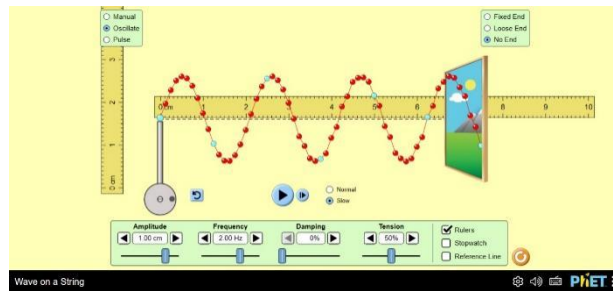
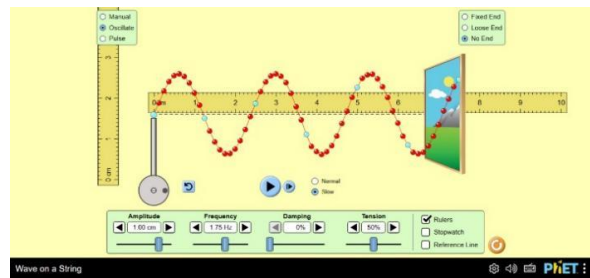
Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi frekuensi terhadap perubahan fase gelombang, panjang gelombang, dan cepat rambat gelombang. Variasi frekuensi ditetapkan sebagai variabel bebas, sementara perubahan fase, panjang gelombang, dan cepat rambat berperan sebagai variabel terikat yang diamati secara langsung melalui tampilan simulasi. Dengan memanipulasi nilai frekuensi secara

bertahap, peneliti dapat melihat pola perubahan gelombang yang terjadi pada tali, khususnya dalam kondisi ujung tak berujung (*loss end*) yang digunakan untuk menghilangkan efek pantulan balik sehingga gelombang dapat merambat secara kontinu.

Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan gambaran yang lebih mendalam mengenai bagaimana perubahan frekuensi dapat memengaruhi karakteristik fisik gelombang pada tali. Misalnya, kenaikan frekuensi umumnya menyebabkan pola gelombang menjadi lebih rapat dan fase gelombang berubah lebih cepat, sementara panjang gelombang cenderung menurun. Melalui pendekatan kuantitatif, seluruh data hasil pengamatan dicatat, dianalisis, serta dibandingkan untuk mendapatkan hubungan matematis yang konsisten antara frekuensi, panjang gelombang, dan cepat rambat gelombang. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menampilkan hasil visual dari simulasi, tetapi juga memberikan pemahaman konseptual yang kuat mengenai keterkaitan antar variabel gelombang.



# ANALISIS PERUBAHAN FASE GELOMBANG PADA BERBAGAI FREKUENSI DENGAN UJUNG TALI TAK BERUJUNG MENGGUNAKAN *PHET SIMULATION*



Gelombang pada kondisi ujung tali tak berujung (loss end).

Variabel penelitian terdiri dari:

1. Variabel bebas: frekuensi gelombang (0,75–3,00 Hz)
2. Variabel terikat: panjang gelombang dan cepat rambat gelombang
3. Variabel kontrol: amplitudo (1,00), damping (0%), dan tension (50%)

Langkah-langkah penelitian:

1. Membuka aplikasi *PhET Simulation “Wave on a String”* melalui browser.
2. Mengatur mode ujung tali pada loss end, memilih mode oscillate.
3. Menetapkan nilai amplitudo 1.00, tension 50%, dan damping 0%.
4. Mengaktifkan alat ukur ruler dan reference line untuk mengukur panjang gelombang.
5. Melakukan variasi frekuensi sebanyak 10 kali dari rentang 0,75 Hz hingga 3,00 Hz.
6. Mengukur panjang gelombang pada setiap variasi dan menghitung cepat rambat gelombang menggunakan rumus:

$$v = f \times \lambda \quad (1)$$

Keterangan:  $v$  = cepat rambat gelombang,  $f$  = frekuensi (Hz),  $\lambda$  = panjang gelombang (cm).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, diperoleh data mengenai perubahan panjang gelombang serta cepat rambat gelombang pada berbagai variasi frekuensi. Setiap perubahan nilai frekuensi menghasilkan pola gelombang yang berbeda, sehingga memungkinkan peneliti untuk mengamati hubungan matematis maupun visual antara frekuensi, panjang gelombang, dan kecepatan rambat gelombang. Data yang diperoleh dari simulasi kemudian disajikan dalam bentuk tabel untuk mempermudah proses analisis dan interpretasi.

Selain pencatatan data numerik, proses pengamatan juga dilengkapi dengan dokumentasi visual berupa tangkapan layar (*screenshot*) dari tampilan simulasi pada setiap kondisi frekuensi yang diuji. Dokumentasi ini berfungsi sebagai bukti visual yang memperkuat hasil analisis, sekaligus membantu menunjukkan perubahan pola gelombang secara lebih jelas, seperti pergeseran fase, penyusutan panjang gelombang, serta kestabilan cepat rambat gelombang pada kondisi medium yang konstan.

Gambar hasil tangkapan layar tersebut akan ditempatkan pada bagian selanjutnya setelah penyajian tabel data, sehingga pembaca dapat melihat langsung keterkaitan antara

# ANALISIS PERUBAHAN FASE GELOMBANG PADA BERBAGAI FREKUENSI DENGAN UJUNG TALI TAK BERUJUNG MENGGUNAKAN *PHET SIMULATION*

data numerik dan fenomena visual yang terjadi selama simulasi berlangsung. Dengan adanya kombinasi antara tabel data dan dokumentasi visual, hasil analisis menjadi lebih komprehensif, informatif, dan mudah dipahami.

**Tabel 1.** Tabel hasil analisis

| No | Frekuensi (Hz) | Amplitudo | Panjang Gelombang (cm) | Cepat Rambat Gelombang (cm/s) |
|----|----------------|-----------|------------------------|-------------------------------|
| 1  | 0,75           | 1,00      | 5,5                    | 4,125                         |
| 2  | 1,00           | 1,00      | 4,2                    | 4,1                           |
| 3  | 1,25           | 1,00      | 2,3                    | 4,125                         |
| 4  | 1,50           | 1,00      | 2,8                    | 4,2                           |
| 5  | 1,75           | 1,00      | 3,3                    | 3,85                          |
| 6  | 2,00           | 1,00      | 2,1                    | 4,2                           |
| 7  | 2,25           | 1,00      | 1,00                   | 4,05                          |
| 8  | 2,50           | 1,00      | 1,6                    | 4                             |
| 9  | 2,75           | 1,00      | 1,5                    | 4,125                         |
| 10 | 3,00           | 1,00      | 1,4                    | 4,2                           |

**Gambar 1.** Simulasi menggunakan frekuensi 0,75Hz

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan frekuensi memberikan pengaruh yang jelas terhadap perubahan panjang gelombang. Semakin tinggi nilai frekuensi yang diberikan pada tali, pola gelombang yang terbentuk menjadi semakin rapat, sehingga panjang gelombang cenderung semakin pendek. Fenomena ini sejalan dengan prinsip dasar gelombang yang menyatakan bahwa panjang gelombang ( $\lambda$ ) berbanding terbalik dengan frekuensi ( $f$ ), di mana peningkatan frekuensi secara otomatis menurunkan nilai panjang gelombang agar hubungan matematis  $v = f \times \lambda$  tetap terpenuhi.

Sementara itu, nilai cepat rambat gelombang dalam simulasi tidak mengalami perubahan yang signifikan meskipun frekuensi diubah. Hal ini terjadi karena cepat rambat pada gelombang tali terutama ditentukan oleh karakteristik fisik medium—seperti tegangan tali (*tension*) dan massa jenis linear tali—yang dalam penelitian ini dijaga tetap. Oleh sebab itu, perubahan frekuensi hanya memengaruhi panjang gelombang, bukan kecepatan rambatnya. Kondisi ini konsisten dengan teori gelombang yang menyatakan bahwa cepat rambat gelombang mekanik pada medium homogen akan bernilai konstan selama sifat fisik medium tidak mengalami perubahan.

Namun demikian, berdasarkan hasil simulasi terlihat adanya fluktuasi kecil pada nilai cepat rambat gelombang. Fluktuasi ini menunjukkan bahwa hubungan antara frekuensi dan cepat rambat dalam simulasi tidak sepenuhnya linear atau tidak sepenuhnya stabil. Variasi kecil tersebut kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan tampilan visual



simulasi, proses pembacaan data yang tidak sepenuhnya presisi, atau respons simulasi yang memerlukan waktu untuk menyesuaikan parameter baru ketika frekuensi dinaikkan. Dengan kata lain, meskipun secara teori cepat rambat seharusnya tetap, simulasi menunjukkan adanya sedikit variasi yang dapat dianggap sebagai efek teknis dari proses pengukuran digital.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini mendukung teori dasar gelombang bahwa peningkatan frekuensi menyebabkan penurunan panjang gelombang, sementara cepat rambat relatif tetap pada medium yang tidak berubah. Temuan ini juga menguatkan bahwa simulasi PhET dapat digunakan sebagai media pembelajaran interaktif yang mampu memberikan gambaran visual dan numerik mengenai hubungan antar parameter gelombang, meskipun tetap memiliki batasan tertentu terkait akurasi pengukuran.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *PhET Simulation "Wave on a String"*, dapat disimpulkan bahwa variasi frekuensi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan fase dan karakteristik gelombang pada tali dengan kondisi ujung tak berujung (*loss end*). Peningkatan frekuensi secara konsisten menunjukkan perubahan fase yang semakin cepat, ditandai dengan pola gelombang yang lebih rapat dan pergeseran fase yang lebih jelas. Hal ini sejalan dengan teori gelombang yang menyatakan bahwa frekuensi menentukan jumlah getaran per detik, sehingga semakin tinggi frekuensi, semakin cepat pula perubahan fasenya.

Selain itu, peningkatan frekuensi menghasilkan panjang gelombang yang semakin pendek, sesuai dengan prinsip dasar gelombang bahwa panjang gelombang berbanding terbalik dengan frekuensi. Hubungan ini terlihat secara nyata dalam simulasi ketika nilai frekuensi dinaikkan secara bertahap. Pola gelombang yang semula renggang menjadi lebih padat, menunjukkan bahwa jarak antara dua puncak atau dua lembah berturutan semakin kecil.

Sementara itu, cepat rambat gelombang dalam simulasi cenderung tetap dan tidak mengalami perubahan yang signifikan. Hal ini disebabkan oleh karakteristik medium, dalam hal ini tegangan tali (*tension*), damping, dan amplitudo yang sengaja dipertahankan konstan. Karena cepat rambat gelombang pada tali hanya bergantung pada sifat fisik tali, maka perubahan frekuensi tidak memengaruhi cepat rambat selama parameter medium

# ANALISIS PERUBAHAN FASE GELOMBANG PADA BERBAGAI FREKUENSI DENGAN UJUNG TALI TAK BERUJUNG MENGGUNAKAN *PHET SIMULATION*

tidak diubah. Dengan demikian, hubungan matematis  $v = f \times \lambda$  tetap terpenuhi, di mana perubahan frekuensi hanya mengubah panjang gelombang tanpa memengaruhi nilai kecepatan rambat.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih aplikatif dan komprehensif mengenai dinamika gelombang pada tali. Melalui penggunaan simulasi interaktif, konsep-konsep gelombang yang bersifat abstrak dapat divisualisasikan dan diamati secara langsung sehingga memudahkan proses pembelajaran. Penelitian ini dapat menjadi acuan dalam pembelajaran fisika berbasis simulasi, khususnya dalam memahami keterkaitan antara frekuensi, fase gelombang, panjang gelombang, dan cepat rambat gelombang pada berbagai kondisi. Selain itu, simulasi PhET terbukti efektif sebagai media pembelajaran karena mampu menggambarkan fenomena gelombang secara jelas, akurat, dan mudah dipahami.

## DAFTAR REFERENSI

- Abdul Jamal, & Tamrin. (2005). Pintar fisika untuk SMA kelas 1, 2, 3. Gita Media Press.
- Abdullah. (2017). Pendekatan dan model pembelajaran yang mengaktifkan siswa. *Jurnal Edureligia*, 1(1), 45–62.
- Agustianti, D., Rustana, C. E., & Nasbey, H. (2015). Pengembangan alat praktikum Melde sebagai media pembelajaran fisika SMA. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 4, 46–47.
- Astuti, I. A. D., Sumarni, R. A., & Saraswati, D. L. (2017). Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Mobile Learning berbasis Android. *JPPPK - Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 3(1), 57–62. <https://doi.org/doi.org/10.21009/1.03108>
- Freedman, & Young. (2001). Fisika Universitas. Erlangga.
- Haryati, S. (2012). Research and development (R&D) sebagai salah satu model penelitian dalam bidang pendidikan. *Majalah Ilmiah Dinamika*, 17(1), 13–14.
- Haviz, M. (2013). Research and development: Penelitian di bidang kependidikan yang inovatif, produktif, dan bermakna. *Jurnal Ta'dib*, 16(1), 30–31.
- Ikatan Alumni Doktoral Teknologi Pembelajaran Universitas Negeri Malang Angkatan 2011. (2020). Bunga rampai rekonstruksi pembelajaran di era new normal. CV Seribu Bintang.

- Indriani, M., Niswah, C., & Arifin, S. (2017). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Inkuiri Terbimbing Pada Materi Transformasi Geometri. *Jurnal Pendidikan Matematika RAFA*, 3(2), 165–180. <https://doi.org/10.19109/jpmrafa.v3i2.1739>
- Irsalina, A., & Dwiningsih, K. (2018). Practicality Analysis of Developing the Student Worksheet Oriented Blended Learning in Acid Base Material. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*, 3(3), 171–182. <https://doi.org/10.20961/jkpk.v3i3.25648>
- Jayawardana, H. B. A., & Djukri. (2015). Pengembangan model pembelajaran hypnoteaching untuk meningkatkan motivasi dan hasil belajar biologi siswa SMA/MA. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 1(2), 167–177.
- Kamasi, N. V. V., & Saruan, T. J. (2020). Mobile Learning (M-Learning) Based Learning Application Design for Elementary School Students. *Jurnal Ilmiah Sains*, 20(2), 70–77. <https://doi.org/10.35799/jis.20.2.2020.27877>
- Kian, T. (1992). Mengerti fisika: Gelombang. Andi Offset.
- Pertiwi, P. K., et al. (2015). Percobaan Melde. *Jurnal Praktikum Gelombang*, 1–8.
- Rohma, N. (2015). Psikologi pendidikan. Kalimedia.
- Surya, Y. (2009). Getaran dan gelombang. Kandel.
- Susilana, R., & Riyana. (2009). Media pembelajaran. CV Wacana Prima.
- Zul, J. H., Amrullah, N., & Zhafransyah, A. A. (2020). The analysis of Melde tool as learning media on senior high school students. *Pancaran Pendidikan*, 9(4), 23–30. <https://doi.org/10.25037/pancaran.v9i4.311>.