

---

## PEMANFAATAN TANGKI RIAK UNTUK MENGUKUR KECEPATAN RAMBAT GELOMBANG PERMUKAAN AIR

Taj Rosyidah<sup>1</sup>, Eka Cahya Prima<sup>2</sup>, Riandi<sup>3</sup>

Corresponding Author Address; ekacahyaprima@upi.edu

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Pendidikan IPA, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

Received: 15 April 2023

Revised: 3 Mei 2023

Accepted: 24 Mei 2023

---

**Abstract:** The study intends to investigate the relationship between wavelength and frequency to calculate the speed of propagating waves on the water's surface. The researchers used a ripple tank to collect data by recording the pendulum's movement as well as the image of the ripples on the water's surface. The data is then analyzed with the Tracker application. The wavelength is determined by analyzing the recorded ripple shadows with the Tracker application. The Tracker application is used to analyze the recorded pendulum movement to obtain data on the period of vibration and calculate the frequency of the vibrations. The average surface wave velocity at a pendulum length of 10 cm is  $3.38 \times 10^{-2}$  m/s. In addition, for a 30 cm pendulum length, an average surface wave speed of  $3.26 \times 10^{-2}$  m/s is obtained.

**Keywords :** ripple tank, water wave speed

**Abstrak:** Kegiatan praktikum ini bertujuan untuk melihat hubungan panjang gelombang dan frekuensi untuk mengukur kecepatan merambat gelombang permukaan air. Dengan menggunakan tangki riak, peneliti mendapatkan data dengan merekam gerakan bandul dan juga bayangan riak gelombang permukaan air. Data kemudian di analisis pergerakannya menggunakan aplikasi Tracker. Rekaman bayangan riak dianalisis menggunakan aplikasi Tracker untuk mendapatkan panjang gelombang. Rekaman gerakan bandul dianalisis menggunakan aplikasi Tracker untuk mendapatkan data periode getaran untuk menghitung frekuensi getaran. Pada panjang bandul 10 cm didapatkan rata-rata kecepatan gelombang permukaan air sebesar  $3.38 \times 10^{-2}$  m/s. Dan untuk panjang bandul 30 cm didapatkan rata-rata kecepatan gelombang permukaan air sebesar  $3.26 \times 10^{-2}$  m/s.

**Kata kunci:** tangki riak, kecepatan gelombang air

### PENDAHULUAN

Gelombang merupakan suatu gangguan yang menjalar dalam suatu medium atau tanpa medium dimana dalam penjalarnya memindahkan energi yang saling berinteraksi. Gelombang mekanik adalah sebuah gangguan atau usikan berjalan yang dalam perambatannya memerlukan medium, yang menyalurkan energi untuk keperluan proses perambatan sebuah gelombang (Susanto, 2022; Zamansky, 2002). Kejadian gelombang mekanik dapat dilihat seperti ombak di lautan, riak air di bejana, bunyi yang dihasilkan musik yang dapat didengar, dan juga lainnya (Karuru, Lolo, & Duma, 2023). Bentuk gelombang yang biasa diindra dalam kehidupan sehari-hari adalah gelombang mekanik. Dimana gelombang mekanik merupakan suatu gangguan yang berjalan melalui beberapa materi atau

zat yang dinamakan medium (Foster, 2004). Gelombang transversal pada tali dan gelombang longitudinal pada pegas merupakan contoh dari gelombang mekanik. Gelombang pada permukaan air merupakan gelombang dua dimensi, karena medium gelombang ini yaitu permukaan air mempunyai dua dimensi, panjang dan lebar.

Gerak gelombang pada permukaan air dapat dibagi kedalam dua jenis, yaitu:

1. Gelombang air pasang (Gelombang panjang di air dangkal)

Gelombang ini timbul ketika panjang gelombang osilasi lebih besar dibandingkan kedalaman air.

2. Gelombang air permukaan

Gelombang ini timbul tetapi tidak diperluas dibawah permukaan air dan panjang gelombang lebih kecil dari pada kedalaman air (Mutmainnah, 2015).

Kit alat yang dapat menyelidiki gerak gelombang dipermukaan air disebut tangki riak. Tangki Riak adalah sebuah alat yang bisa di *setting* untuk bisa digunakan sebagai alat demonstrasi atau percobaan mengenai sifat dasar gelombang, seperti: pemantulan, pembiasan, difraksi dan interferensi, dengan mensimulasinya menggunakan gelombang permukaan air (Wakerkwa, 2023). Untuk mempelajari sifat pada gelombang dapat dilakukan kegiatan percobaan mengamati gelombang yang terjadi di permukaan air dengan menggunakan tangki riak (*ripple tank*) atau tangki gelombang (Ain, Wibowo, & Hasyim, 2022; Sunarya, 2009).

Dalam mempelajari gelombang dalam dua dimensi biasanya menggunakan tangki riak (*ripple tank*). Cahaya dari atas dilewatkan pada permukaan air hingga menembus air dan bagian dasar tangki yang terbuat dari kaca. Layar putih ditempatkan di bawah tangki. Sebagian cahaya diserap oleh air saat melalui tangki (Salamah, Rahmawati, & Syahrul, 2014). Bukit pada gelombang air akan menyerap cahaya lebih banyak dari pada lembah. Dengan demikian pola terang pada layar mewakili lembah gelombang, dan pola gelap mewakili bukit gelombang. Sebagaimana gelombang air merambat dalam tangki riak, pola terang dan gelap juga bergerak. Ketika gelombang bertemu dengan suatu penghalang, perilakunya dapat diobservasi dengan melihat pergerakan pola terang dan gelap pada layar. Demonstrasi tangki riak biasanya dilakukan untuk membahas prinsip-prinsip pemantulan (*reflection*), pembiasan (*refraction*) dan difraksi (*diffraction*) gelombang (Al Bayyan, Saputra, & Nugrahaeni, 2023; Fitri, Karyadi, Johan, & Farid, 2023).

Pembelajaran IPA di sekolah sebaiknya dibuat menarik, agar kesan siswa yang sebelumnya menganggap IPA adalah pelajaran yang menakutkan berubah menjadi pelajaran

yang menyenangkan (Hamdani, Prima, Agustin, Feranie, & Sugiana, 2022; Kamdi, Rochintaniawati, & Prima, 2022; Mar'ati, Prima, & Wijaya, 2021; Eka Cahya Prima, Mawaddah, Winarno, & Sriwulan, 2016; Eka C Prima, Putri, & Sudargo, 2017; Priscylio & Anwar, 2019; Wiyantara, Widodo, & Prima, 2021; A. Yasin, Rochintaniawati, & Prima, 2021). Dan menjadi tugas guru di awal pembelajaran adalah meyakinkan diri serta menyiapkan pembelajaran yang bisa meningkatkan ketertarikan siswa untuk belajar, tentu juga menyiapkan konten belajar yang benar dan sesuai dengan perkembangan siswa. Salah satu hal yang membuat siswa bisa tertarik adalah manfaat pembelajaran IPA bisa dirasakan atau dijumpai dalam kehidupan sehari-hari (Eka Cahya Prima, 2009; Karim, Prima, Utari, Saepuzaman, & Nugaha, 2017; E. C. Prima, Oktaviani, & Sholihin, 2018; Eka C Prima et al., 2017; Eka Cahya Prima, Utari, Chandra, Hasanah, & Rusdiana, 2018; A. I. Yasin, Prima, & Sholihin, 2018).

Materi getaran dan gelombang adalah salah satu materi yang dianggap sulit selama ini oleh siswa tingkat SMP. Mengaitkan antara getaran dan gelombang siswa sering ada miskonsepsi. Hal ini terjadi karena peserta didik tidak melihat langsung atau terlibat langsung dalam kontennya. Membawa pengalaman nyata ke kelas bisa dilaksanakan dengan praktikum yang menggunakan kit praktikum yang disediakan oleh PUDAK.

Kegiatan praktikum di sekolah dianggap belum memenuhi standar yang telah ditetapkan. Keterbatasan alat praktikum, kurangnya penguasaan guru dalam menggunakan alat dan bahan (Wahyuni, Lesmono, & Fitriya, 2021), serta rendahnya inovasi dan kreatifitas guru dalam mengembangkan praktikum menjadi masalah yang menghambat siswa untuk memiliki pemahaman IPA secara maksimal dan tidak membentuk adanya proses (Imaduddin, Simponi, Handayani, Mustafidah, & Faikhamta, 2020; Salikha, Sholihin, & Winarno, 2021). Dengan menggunakan alat eksperimen, yaitu Ripple Tank, praktikan dapat menentukan besarnya kecepatan gelombang dari hasil interferensi dan menentukan panjang gelombang pada pita terang pertama. Dalam menentukan kedua besaran tersebut, digunakan frekuensi yang berbeda untuk setiap perlakuannya. Sehingga dengan menggunakan teknik ini dapat membuktikan bahwa kecepatan gelombang akan selalu bernilai tetap, sedangkan besarnya panjang gelombang akan selalu berbanding terbalik dengan frekuensi.

Melalui kegiatan praktikum, siswa akan menemukan konsep secara mandiri melalui temuan pada setiap langkah-langkah kerja pada eksperimen, sehingga guru tidak perlu menjelaskan materi dengan metode ceramah kepada siswa (Lepiyanto, 2017). Sehingga

kegiatan praktikum akan menjadikan pengalaman belajar yang lebih bermakna dari sekedar mendengarkan ceramah karena siswa berinteraksi langsung dengan objek belajar.

## LANDASAN TEORI

Gelombang dapat merambat melalui medium baik padat, cair atau gas dengan kecepatan yang berbeda-beda. Jika sumber gelombang memiliki frekuensi yang sama, maka gelombang akan merambat paling cepat di medium padat, karena memiliki partikel yang paling rapat untuk merambatkan gelombang. Jika bentuk gelombang pada gas dan zat padat sulit diamati, maka berbeda pada bentuk gelombang di permukaan zat cair yang termasuk bentuk gelombang transversal.

Gelombang transversal adalah salah satu jenis gelombang yang gerakannya mengarah berdasarkan arah getaran dan arah rambatnya. Ciri utama pada gelombang transversal yaitu media partikelnya bergerak tegak lurus ke arah rambatan gelombang.

### ***Rumus Cepat Rambat Gelombang***

Rumus cepat rambat gelombang adalah suatu jarak yang ditempuh oleh gelombang di setiap satuan waktu. Konsep dari cepat rambat gelombang ini sama halnya dengan kecepatan pada umumnya. Di dalam cepat rambat gelombang biasanya menggunakan besaran vektor yang mempunyai nilai kecepatan tetap atau konstan. Selain itu, di bahasan gelombang juga terdapat beberapa istilah lain seperti periode, panjang gelombang, dan frekuensi.

Periode merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu buah getaran, putaran, gelombang, dan perulangan. Sementara frekuensi adalah jumlah getaran, putaran, gelombang, atau perulangan dalam waktu satu detik. Kemudian, panjang gelombang adalah suatu jarak antara satuan berulang dari suatu pola gelombang. Berikut ini adalah beberapa persamaan beserta persamaannya, yaitu:

### ***Cepat Rambat Gelombang Bunyi***

Kecepatan secara umum dalam buku *physics-for-scientists-7th-ed* (Serway & Jewett, 2008) memiliki persamaan (1) :

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (1)$$

Keterangan:

- $v$  : Kecepatan (m/s).
- $\Delta x$  : Jarak (m).
- $\Delta t$  : Waktu (s).

Di dalam materi kecepatan rambatan gelombang ini, nilai dari variabel jarak ( $s$ ) akan diganti dengan memakai panjang gelombang pada satuan meter atau satuan SI dan nilai dari variabel waktu ( $t$ ) akan digantikan dengan memakai frekuensi ( $f$ ) ataupun periode ( $T$ ).

- Nilai yang ada di 1 panjang gelombang  $\lambda$  (m) sama dengan nilai jarak  $s$  (m) yang ditempuh oleh suatu benda.
- Kemudian nilai dari 1 frekuensi (Hz) sama dengan  $1/t$  (sekon).
- Serta nilai dari 1 periode (sekon) sama halnya dengan  $t$  sekon.

Jadi, dengan menggunakan variabel  $\lambda$ ,  $f$ , ataupun  $T$ , maka cepat rambat gelombang dapat ditentukan.

Dalam buku *physics-for-scientists-7th-ed ed* (Serway & Jewett, 2008), menurut definisi, gelombang merambat melalui perpindahan  $x$  sama dengan satu panjang gelombang  $\lambda$  dalam interval waktu  $t$  dari satu periode  $T$ . Oleh karena itu, kecepatan gelombang, panjang gelombang, dan periode dihubungkan dengan persamaan (2) :

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} \quad (2)$$

Atau persamaan (3) :

$$v = \lambda \cdot f \quad (\text{Serway \& Jewett, 2008})$$

Keterangan:

- $v$  : Kecepatan (m/s).
- $\lambda$  : Panjang gelombang (m).
- $f$  : Frekuensi (Hz).

### **Frekuensi dan Periode**

$$f = n/t \text{ atau } f = 1/T \quad (3)$$

Keterangan:

- $f$  : Frekuensi (satuan Hz).
- $n$  : Jumlah bunyi atau gelombang.
- $t$  : Waktu (satuan detik / sekon).

### **Periode Gelombang**

$$T = t/n \text{ atau } T = 1/f \quad (4)$$

Keterangan:

- $n$  : Jumlah bunyi atau gelombang.
- $t$  : Waktu (satuan detik / sekon).
- $T$  : Periode (satuan sekon).

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Dalam kegiatan pengembangan praktikum tangki riak menggunakan modifikasi kit *Ripple Tank* ini diperlukan bahan kaca yang dipotong untuk membuat tangki dan kaki-kaki kayu untuk membuat meja wadahnya (Gambar 1). Sumber cahaya yang digunakan jika pada kit adalah lampu Strobe yang terang sampai terbentuk bayangan pada dasar tangki cukup jelas. Alat yang lain yang bisa digunakan seperti statif, bandul, tali bisa didapatkan dengan mudah di laboratorium sekolah.



**Gambar 1.** kit *Ripple Tank* produksi Puduk

Selain beberapa alat yang sudah disebutkan di atas, kita juga memerlukan 2 perekam video (bisa menggunakan *Handphone*) untuk merekam 2 titik. Perekam ini dibutuhkan untuk merekam gerakan bandul dan yang lain untuk merekam gelombang yang terbentuk. Setelah rekaman didapatkan, video akan dianalisis menggunakan aplikasi *Tracker* yang bisa di download pada komputer.

Teknologi komputer tersebut digunakan untuk menganalisis suatu materi pembelajaran yang kompleks menjadi lebih sederhana. Salah satu media teknologi komputer yang dapat digunakan dalam pembelajaran Fisika SMA ialah aplikasi *Tracker* (Colin, 2017; Eadkhong, Rajsadorn, Jannual, & Danworaphong, 2012; John, 2016; Loo Kang, Charles, Giam Hwee, Samuel, & Tat Leong, 2012; Loo Kang, Kim Kia, Tze Kwang, & Ching, 2015; Poonyawatpornkul & Wattanakasiwich, 2013; Eka Cahya Prima et al., 2016; Rodrigues & Carvalho, 2014; Rodrigues, Marques, & Carvalho, 2016; Ulisses Azevedo, Antonio dos Anjos Pinheiro da, Natália Cristina Trindade do, & Lilian Mara Benedita da Cruz, 2017; Utari & Prima, 2019; Vozdecký, Bartoš, & Musilová, 2014). Analisis ini akan digunakan untuk melihat frekuensi getaran bandul dan panjang gelombang yang terbentuk.

## **Alur Percobaan**

Pada kegiatan praktikum ini, dituangkan sedikit air ke dalam tangki dan mengatur tinggi kaki pada kaki meja dari dalam tangki untuk meratakan tinggi permukaan tangki. Kemudian pasang meteran di kertas putih pada dasar rak. Untuk mengkalibrasi jarak pada tangki riak dengan jarak bayangan yang terbentuk pada layar, dilakukan dengan cara memberi tanda titik 2 pada dasar tangki, serta ukur jaraknya. Kemudian memperhatikan jarak bayangan pada dasar rak di kertas putih, dan mengukur jaraknya. Perbedaan kedua jarak bayangan adalah faktor pengali untuk mengukur panjang gelombang air.

Untuk pengambilan data, menggantung bandul sejauh 30 cm hingga menyentuh permukaan air di tangki riak. Praktikan menyiapkan kamera video untuk merekam 2 point (gerakan bandul dan bayangan gelombang pada layar). Selanjutnya memberi simpangan pada bandul kemudian melepaskan. Setelah mendapatkan data, sebaiknya mengulangi langkah tersebut sebanyak 2 kali. Data yang lain diperoleh dengan mengubah panjang tali bandul ke 10 cm. kemudian merekam kembali untuk memperoleh data. Mengulangi kembali 2 kali untuk pengambilan data. Selanjutnya dari rekaman video dianalisis waktu getaran bandul dan panjang gelombang pertamanya dengan aplikasi *tracker* untuk hasil yang baik.

Dalam kegiatan praktikum ini, kecepatan rambat gelombang permukaan air diperoleh dengan cara menghitung data dari perkalian panjang gelombang dan frekuensi gelombangnya. Sangat sesuai untuk kegiatan praktikum bagi siswa di jenjang sekolah menengah.

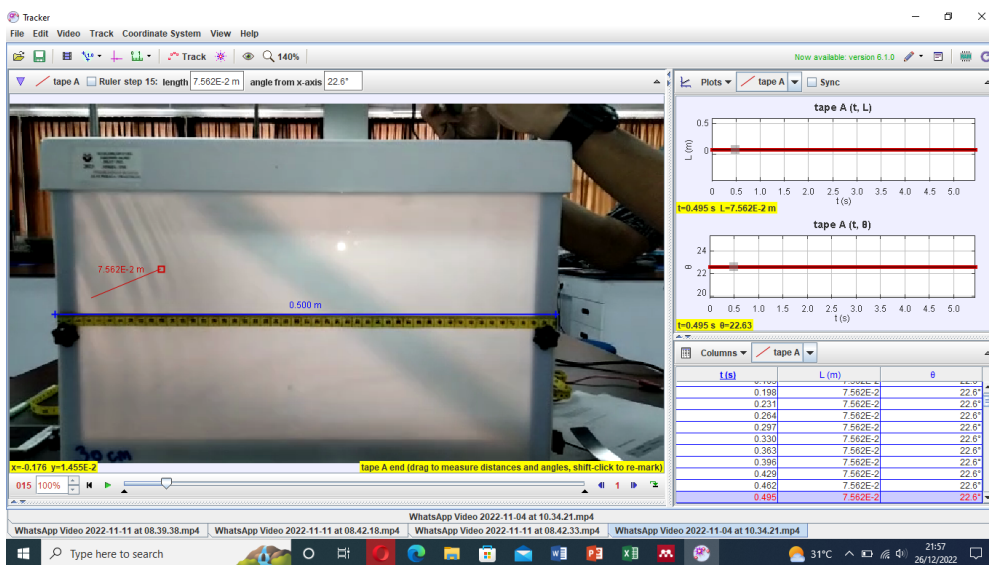
## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pengembangan praktikum IPA menggunakan tangki riak ini dilaksanakan untuk lebih meningkatkan kemampuan praktikan untuk lebih teliti dalam menganalisis kejadian perambatan gelombang. Tangki riak yang sebelumnya hanya untuk melihat bentuk bentuk gelombang dalam peristiwa pemantulan, difraksi ataupun inferensi gelombang, bisa dikembangkan untuk mengetahui kecepatan gelombang merambat di permukaan air dengan sumber frekuensi yang berbeda.

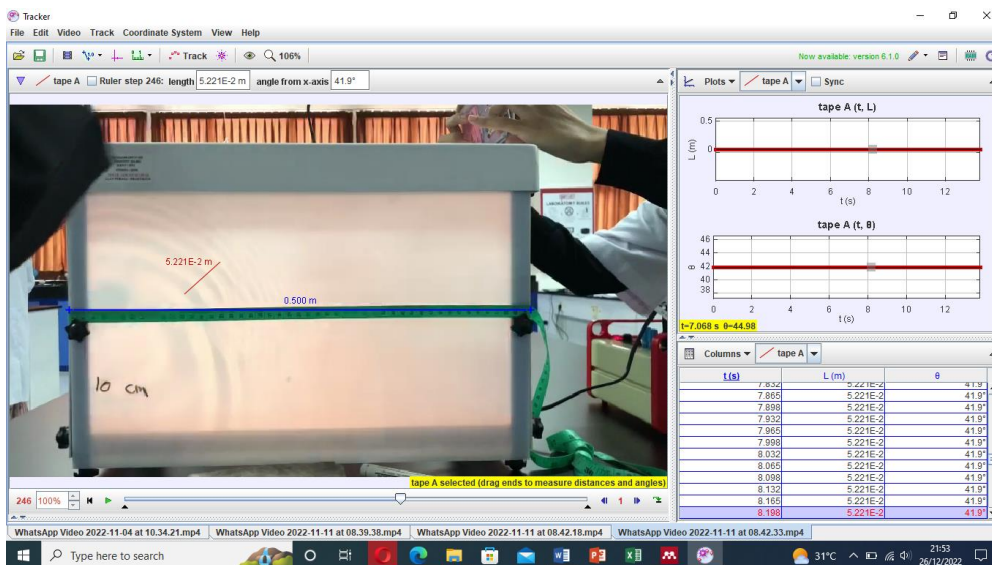
Dalam kegiatan praktikum kali ini sumber getaran adalah bandul yang bisa diatur panjang talinya. Panjang tali bandul akan menghasilkan frekuensi getaran yang berbeda. Sehingga usikan yang menyentuh permukaan air akan memberikan frekuensi gelombang yang sama atau identik dengan frekuensi getaran bandul. Perambatan gelombang pada

permukaan air yang dihasilkan oleh usikan bandul akan membentuk riak yang teratur dan bisa diukur panjang gelombangnya.

Dalam kegiatan praktikum diperoleh data berupa video rekaman riak gelombang (kamera 1) dan rekaman gerakan bandul (kamera 2). Selanjutnya dari video rekaman kamera 1 yang diperoleh di analisis untuk mengukur panjang satu gelombang, yaitu jarak dari awal pita terang ke akhir pita gelap pertama (Gambar 2). Dan dari rekaman video kamera 2 yang diperoleh dianalisis untuk mengukur waktu getaran bandul untuk mendapatkan data waktu terjadinya setengah getaran kemudian menghitung frekuensi getaran bandul. Frekuensi getaran bandul ini selanjutnya dianggap sebagai frekuensi sumber getaran yang menghasilkan gelombang permukaan (riak) air.



**Gambar 2.** Hasil pengukuran panjang gelombang dengan aplikasi Traker dengan panjang tali bandul 30 cm





**Gambar 3.** Hasil pengukuran panjang gelombang dengan aplikasi Tracker dengan panjang tali bandul 10 cm

Untuk menghitung frekuensi, diperoleh dengan menganalisa gerak bandul menggunakan aplikasi *Tracker*. Pada aplikasi yang dihitung adalah waktu bergetar untuk 0,5 getaran. Selanjutnya dicari frekuensi getarannya (Tabel 1).

**Tabel 1.** Hasil pengukuran kecepatan gelombang permukaan air

| Panjang tali | Waktu 0.5 Getaran (t) | Panjang Gelombang ( $\lambda$ ) | Frekuensi (f) | Kecepatan Gelombang (v)                |
|--------------|-----------------------|---------------------------------|---------------|----------------------------------------|
| 0,1 m        | 0.333 s               | $2,25 \cdot 10^{-2}$ m          | 1.51 Hz       | $3,39 \cdot 10^{-2}$ m.s <sup>-1</sup> |
|              | 0.338 s               | $2,35 \cdot 10^{-2}$ m          | 1.47 Hz       | $3,45 \cdot 10^{-2}$ m.s <sup>-1</sup> |
|              | 0.341 s               | $2,28 \cdot 10^{-2}$ m          | 1.46 Hz       | $3,32 \cdot 10^{-2}$ m.s <sup>-1</sup> |
| 0,3 m        | 0.533 s               | $3,47 \cdot 10^{-2}$ m          | 0.93 Hz       | $3,22 \cdot 10^{-2}$ m.s <sup>-1</sup> |
|              | 0.530 s               | $3,45 \cdot 10^{-2}$ m          | 0.94 Hz       | $3,24 \cdot 10^{-2}$ m.s <sup>-1</sup> |
|              | 0.525 s               | $3,51 \cdot 10^{-2}$ m          | 0.95 Hz       | $3,33 \cdot 10^{-2}$ m.s <sup>-1</sup> |

Terlihat dari data yang diperoleh untuk kegiatan praktikum ini, bahwa kecepatan merambat gelombang permukaan air dipengaruhi oleh frekuensi sumber gelombangnya. Pada panjang tali bandul 0,1 m frekuensi getaran pada kisaran 1.5 Hz sedangkan pada panjang tali bandul 0,3 m pada kisaran 0.94 Hz. Hal ini sangat berpengaruh besar pada panjang gelombang permukaan air yang terbentuk. Pada awal gelombang yang terbentuk menggunakan analisis *Tracker* di dapatkan panjang gelombang yang dihasilkan dari bandul 0,1 m lebih pendek dari panjang gelombang yang dihasilkan bandul yang memiliki panjang tali 0,3 m.

## SIMPULAN DAN SARAN

Dari data yang diperoleh juga menunjukkan bahwa panjang gelombang dan frekuensi saling berbanding terbalik. Untuk panjang bandul 10 cm diperoleh rata-rata frekunsinya 1,48 Hz dengan rata-rata panjang gelombangnya  $2,29 \cdot 10^{-2}$  m. Sedangkan untuk panjang bandul 30 cm diperoleh rata-rata frekunsinya 0,94 Hz dengan rata-rata panjang gelombangnya  $3,46 \cdot 10^{-2}$  m. Sehingga diperoleh rata-rata kecepatan gelombang air di permukaan adalah 3,32 m/s.

Pengembangan praktikum menggunakan tangka riak ini sangat bermanfaat untuk meningkatkan kemampuan siswa memahami kecepatan gelombang permukaan air. Bukan hanya sekedar mengamati, tapi siswa dapat diajak untuk menganalisis suatu peristiwa perambatan gelombang melalui variabel-variabel gelombang. Kegiatan praktikum ini mengembangkan kemampuan siswa untuk dapat mengukur waktu getaran benda untuk

mendapatkan frekuensi getaran. Panjang gelombang yang dihasilkan oleh getaran bandul dapat diamati melalui rekaman video yang dianalisis dengan aplikasi *Tracker*. Kemampuan menganalisis melalui aplikasi *Tracker* dapat dikategorikan sangat mudah untuk dipelajari

Praktikum menggunakan tangka riak untuk mengukur kecepatan perambatan gelombang permukaan air ini dapat dikembangkan dengan menggunakan medium zat cair yang lain, semisal minyak goreng, minuman soda atau zat cair lain yang bening dan memiliki massa jenis yang berbeda. Atau siswa dapat diajak untuk menganalisis peredaman gelombang merambat di zat cair dengan cara membandingkan panjang gelombang pembentukan pita gelombang pertama, kedua, ketiga dan seterusnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini sebagian didukung oleh Program Penelitian Unggulan (No. 557/UN40.LP/PT.01.03/2023), Universitas Pendidikan Indonesia, 2023.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ain, T. N., Wibowo, H. A. C., & Hasyim, F. (2022). Pengembangan simulasi berbasis visual basic application (vba) spreadsheet excel pada pembelajaran fisika materi gelombang. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(1), 155-163.
- Al Bayyan, M. F., Saputra, R. E., & Nugrahaeni, R. A. (2023). Sistem Monitoring Untuk Mengukur Ketinggian Air Sungai Citarum Berbasis IoT. *eProceedings of Engineering*, 10(1).
- Colin, W. (2017). A comparative study of two types of ball-on-ball collision. *Phys. Educ.*, 52(4), 045013.
- Eadkhong, T., Rajsadorn, R., Jannual, P., & Danworaphong, S. (2012). Rotational dynamics with Tracker. *Euro. J. Phys.*, 33(3), 615.
- Eka Cahya Prima, S. F., Setiya Utari. (2009). *Problem Solving Laboratory as an Alternative Physics Experiment Activity Model Implemented in Senior High School*. Paper presented at the The 3rd International Seminar on Science Education.
- Fitri, E. A., Karyadi, B., Johan, H., & Farid, M. (2023). Model E-Booklet Fisika Terintegrasi Mitigasi Bencana Tsunami Pada Materi Gelombang Untuk Siswa di Pulau Enggano. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 11(1), 79-93.
- Foster, B. (2004). Terpadu Fisika SMA untuk kelas X. *Jakarta: Erlangga*.
- Hamdani, S. A., Prima, E. C., Agustin, R. R., Feranie, S., & Sugiana, A. (2022). Development of Android-based Interactive Multimedia to Enhance Critical Thinking Skills in Learning Matters. *Journal of Science Learning*, 5(1), 103-114.
- Imaduddin, M., Simponi, N. I., Handayani, R., Mustafidah, E., & Faikhamta, C. (2020). Integrating Living Values Education by Bridging Indigenous STEM Knowledge of Traditional Salt Farmers to School Science Learning Materials. *Journal of Science Learning*, 4(1), 8-19.

- John, K. (2016). Using Tracker to prove the simple harmonic motion equation. *Phys. Educ.*, 51(5), 053003.
- Kamdi, N., Rochintaniawati, D., & Prima, E. C. (2022). Efektivitas Web Based Inquiry Learning pada Materi Pencemaran Lingkungan dalam Konteks ESD (Education Sustainable Development) untuk Meningkatkan Kemampuan Berinkuiri dan Kepedulian Lingkungan Siswa SMP Kelas VII. *PENDIPA Journal of Science Education*, 6(3), 733-738.
- Karim, S., Prima, E. C., Utari, S., Saepuzaman, D., & Nugaha, M. G. (2017). Reconstructing the Physics Teaching Didactic based on Marzano's Learning Dimension on Training the Scientific Literacies. *J. Phys. Conf. Ser.*, 812(1), 012102.
- Karuru, P., Lolo, J. A., & Duma, D. (2023). *Implementasi Model Pembelajaran Inkuiri Pada Materi Gelombang Mekanik di SMA*. Paper presented at the Neutrino.
- Lepiyanto, A. (2017). Analisis keterampilan proses sains pada pembelajaran berbasis praktikum. *BIOEDUKASI (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 5(2), 156-161.
- Loo Kang, W., Charles, C., Giam Hwee, G., Samuel, T., & Tat Leong, L. (2012). Using Tracker as a pedagogical tool for understanding projectile motion. *Phys. Educ.*, 47(4), 448.
- Loo Kang, W., Kim Kia, T., Tze Kwang, L., & Ching, T. (2015). Using Tracker to understand 'toss up' and free fall motion: a case study. *Phys. Educ.*, 50(4), 436.
- Mar'ati, N. A. A., Prima, E. C., & Wijaya, A. F. C. (2021). Enhancing Students' Critical Thinking through NASA Science as Interactive Multimedia in Learning Solar System. *Journal of Science Learning*, 4(4), 375-384.
- Mutmainnah, M. (2015). *Studi Model Pemecah Gelombang Menggunakan Ripple Tank*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Poonyawatpornkul, J., & Wattanakasiwich, P. (2013). High-speed video analysis of damped harmonic motion. *Phys. Educ.*, 48(6), 782.
- Prima, E. C., Mawaddah, M., Winarno, N., & Sriwulan, W. (2016). Kinematics investigations of cylinders rolling down a ramp using tracker. *AIP Conference Proceedings*, 1708, 070010. doi:doi:<http://dx.doi.org/10.1063/1.4941183>
- Prima, E. C., Oktaviani, T. D., & Sholihin, H. (2018). STEM learning on electricity using arduino-phet based experiment to improve 8th grade students' STEM literacy. *Journal of Physics: Conference Series*, 1013, 012030. doi:10.1088/1742-6596/1013/1/012030
- Prima, E. C., Putri, C. L., & Sudargo, F. (2017). Applying Pre and Post Role-Plays Supported by Stellarium Virtual Observatory to Improve Students' Understanding on Learning Solar System. *Journal of Science Learning*, 1(1), 1-7.
- Prima, E. C., Utari, S., Chandra, D. T., Hasanah, L., & Rusdiana, D. (2018). Heat and temperature experiment designs to support students' conception on nature of science. *JOTSE: Journal of technology and science education*, 8(4), 453-472.
- Priscylio, G., & Anwar, S. (2019). Integrasi Bahan Ajar IPA Menggunakan Model Robin Fogarty Untuk Proses Pembelajaran IPA di SMP. *Jurnal Pijar Mipa*, 14(1), 1-12.
- Rodrigues, M., & Carvalho, P. S. (2014). Teaching optical phenomena with Tracker. *Phys. Educ.*, 49(6), 671.

- Rodrigues, M., Marques, M. B., & Carvalho, P. S. (2016). How to build a low cost spectrometer with Tracker for teaching light spectra. *Phys. Educ.*, 51(1), 014002.
- Salamah, U., Rahmawati, E., & Syahrul, D. A. (2014). Penentuan Kecepatan Gelombang dan Panjang Gelombang Hasil Interferensidengan Memanfaatkan Tangki Riak (Ripple Tank). *Artikel Eksperimen GO 1: Ripple Tank*, 2014(1), 1-9.
- Salikha, U., Sholihin, H., & Winarno, N. (2021). *The influence of STEM project-based learning on students' motivation in heat transfer learning*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Sunarya, Y. (2009). *Mudah dan Aktif Belajar Kimia 3*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Susanto, A. (2022). Penerapan Model Pembelajaran Connecting, Orgainizing, Reflecting, Extending (CORE) Berbantuan dengan Metode Mind Mapping dalam Upaya Peningkatan Hasil Belajar IPA yang Memuat Getaran dan Gelombang pada Siswa Kelas VIII-A Semester 2 SMP Negeri 1 Kauman Tul. *Jurnal Pembelajaran Dan Ilmu Pendidikan*, 2(2), 186-193.
- Ulisses Azevedo, L., Antonio dos Anjos Pinheiro da, S., Natália Cristina Trindade do, N., & Lilian Mara Benedita da Cruz, G. (2017). A bullet fired in dry water: an investigative activity to learn hydrodynamics concepts. *Phys. Educ.*, 52(1), 015024.
- Utari, S., & Prima, E. C. (2019). Analisis Hukum Kekekalan Momentum Model Tumbukan Kelereng dengan Gantungan Ganda menggunakan Analisis Video Tracker. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Keilmuan (JPFK)*, 5(2).
- Vozdecký, L., Bartoš, J., & Musilová, J. (2014). Rolling friction—models and experiment. An undergraduate student project. *Euro. J. Phys.*, 35(5), 055004.
- Wahyuni, S., Lesmono, A. D., & Fitriya, S. (2021). Pengembangan Petunjuk Praktikum Fisika Berbasis Laboratorium Virtual (Virtual Laboratory) pada Pembelajaran Fisika di SMP/MTs. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 1(3), 272-277.
- Wakerkwa, F. (2023). *LKP: Pembuatan Modul Praktikum Fisika di Universitas Dinamika*. Universitas Dinamika.
- Wiyantara, A., Widodo, A., & Prima, E. (2021). *Identify students' conception and level of representations using five-tier test on wave concepts*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Yasin, A., Rochintaniawati, D., & Prima, E. (2021). *The development of web based inquiry as online science inquiry environment*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Yasin, A. I., Prima, E. C., & Sholihin, H. (2018). Learning Electricity using Arduino-Android based Game to Improve STEM Literacy. *Journal of Science Learning*, 1(3), 77-94.
- Zamansky. (2002). *Fisika Universitas Julid 2* (Vol. 10 ed). Jakarta: Erlangga.