

Pengaruh Rapat Massa Tali terhadap Cepat Rambat Gelombang Pada Percobaan Hukum Melde

Ahmad Khotibul Umam*, Riefta Wahyu Utami, Alfiah Heni Putri, Alya Syaharani A.S., Ganessa Antarnusa

Jurusan Pendidikan Fisika, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia

**E-mail: yumamrizqi@gmail.com*

Telp. 082213784920

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan pengaruh rapat massa tali (μ) terhadap cepat rambat gelombang (v) yang dilakukan dengan menggunakan percobaan hukum Melde agar dapat menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi cepat rambat gelombang pada tali. Latar belakang dilakukannya penelitian ini karena terdapat perbedaan cepat rambat gelombang antara jenis tali yang memiliki rapat massa yang berbeda. Metode yang digunakan yaitu metode eksperimen dengan memvariasikan jenis tali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rapat massa tali mempengaruhi cepat rambat gelombang. Hal ini dibuktikan melalui data perbandingan pada benang kasur, benang nilon, benang wol dan benang kenur yang menunjukkan bahwa semakin besar rapat massa tali maka cepat rambat gelombang yang dihasilkan akan semakin kecil.

Kata kunci: Cepat rambat gelombang, Gaya tegangan tali, Hukum Melde, Rapat massa tali.

Abstract

This study aims to prove the effect of rope density (μ) on wave velocity (v), which was carried out using Melde's law experiments in order to analyze the factors that affect the velocity of the wave propagation of the rope. The background of this research is because there are differences in the speed of wave propagation between types of ropes that have different mass densities. The method used is the experimental method by varying the type of rope. The results showed that the density of the rope affected the speed of propagation of the waves. This is evidenced by comparative data on mattress thread, nylon thread, wool thread and kenur thread which shows that the greater the density of the rope, the smaller the resulting wave propagation will be.

Keywords: Fast wave propagation, Melde's law, Rope tension force, String mass density.

PENDAHULUAN

Gelombang merupakan salah satu fenomena alam yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Gelombang termasuk salah satu materi yang dipelajari dalam fisika. Sumber gelombang adalah getaran (Giancoli, 2001). Gelombang dapat terjadi karena ada getaran yang merambat. Getaran tersebut bisa dipengaruhi oleh gaya luar. Gelombang berdasarkan rambatannya terbagi menjadi dua yaitu gelombang transversal dan gelombang longitudinal. Hubungan gelombang dengan hukum Melde yaitu pada hukum Melde membahas besaran-besaran yang mempengaruhi cepat rambat gelombang transversal pada tali. Cepat rambat gelombang dapat dituliskan dalam bentuk persamaan berikut.

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

Di mana v (m/s) merupakan cepat rambat gelombang, λ (m) merupakan panjang gelombang dan f (Hz) merupakan frekuensi.

Rapat massa tali dan tegangan tali memiliki hubungan dan mempengaruhi cepat rambat gelombang. Ketika tegangan tali semakin besar maka nilai cepat rambat gelombang akan semakin besar dan ketika rapat massa tali semakin besar maka inersianya akan semakin besar dan cepat rambat gelombangnya akan semakin kecil. Perhatikan persamaan berikut

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (2)$$

Dengan,

$$\mu = \frac{m}{l} \quad (3)$$

Di mana μ (kg/m) merupakan rapat massa tali, m (kg) merupakan massa tali, l (m) merupakan panjang tali, v (m/s) merupakan cepat rambat gelombang, F (N) merupakan gaya tegangan tali.

Akan tetapi, apakah pengaruh dari luar terhadap cepat rambat gelombang itu sudah benar. Pada artikel ini penulis akan membuktikan kebenaran dari pengaruh rapat massa tali terhadap cepat rambat gelombang melalui eksperimen hukum melde .

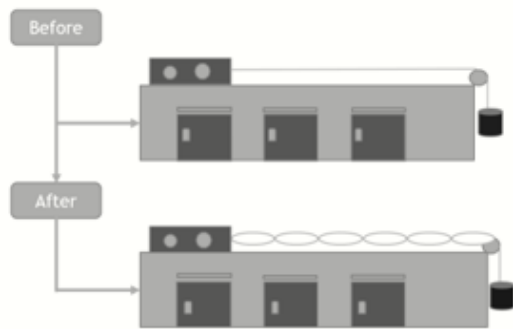
Pada eksperimen hukum Melde, jenis gelombang yang dihasilkan yaitu gelombang transversal atau disebut juga dengan gelombang mekanik karena pada proses rambatannya memerlukan medium. Gelombang transversal memiliki amplitudo. Amplitudo suatu gelombang akan tetap apabila frekuensi yang diberikan konstan. Pada gelombang terdapat istilah gelombang berdiri. Gelombang berdiri dapat terjadi ketika dua buah gelombang yang terbentuk saling berinterferensi. Ketika salah satu ujung tali diikat dan ujung lainnya digetarkan maka gelombang yang datang akan sama dengan gelombang pantul sehingga akan terlihat bahwa gelombang tersebut tetap seperti tidak berjalan hanya beresilasi dari atas ke bawah hingga membentuk keadaan destruktif dan konstruktif (Giancoli, 2001).

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Sains Fisika FKIP Untirta. Eksperimen yang dilakukan dalam bentuk percobaan hukum Melde ini menggunakan Catu daya dengan tegangan sebesar 3 Volt; Vibrator Generator 50 Hz; Katrol; Benang kasur; Benang Nilon; Benang Wol; Benang Kenur; Kabel capit buaya; Beban 60 gram; Neraca Digital; Meteran.

Pada percobaan hukum Melde yang dilakukan dengan variabel bebas rapat massa tali (μ), panjang tali (l), dengan variabel terikat yaitu panjang gelombang (λ), jumlah gelombang (n), amplitudo (A), cepat rambat gelombang (v), massa tali (m), dengan variabel kontrol yaitu massa beban (m), gaya tegangan tali (F), frekuensi (f). Prosedur percobaannya yaitu dengan merangkai alat dan bahan yang dirangkai di atas meja sebagai penopangnya seperti pada gambar 1. Pertama gunakan tali jenis benang nilon, katrol dipasang di sisi meja, lalu ikat beban pada salah satu ujung tali dan ujung lainnya diikat pada vibrator generator. Vibrator generator dihubungkan ke catu daya. Tentukan panjang tali awal yaitu 100 cm. Kemudian, nyalakan catu daya dengan tegangan 3 Volt. Ketika catu daya dinyalakan

maka tali akan bergetar. Geser vibrator generator ke depan dan ke belakang sampai dihasilkan gelombang yang tetap. Amati gelombang, tentukan jumlah gelombangnya dan catat dalam tabel pengamatan. Matikan catu daya lalu ukur panjang tali akhir yang sudah digeser-geser, catat pada tabel pengamatan. Potong tali sepanjang tali akhir kemudian timbang massa tali menggunakan neraca digital dan catat pada tabel pengamatan. Prosedur tersebut dilakukan sebanyak 5 kali untuk mendapatkan data yang akurat. Lakukan prosedur yang sama pada jenis tali yang berbeda yaitu benang kasur, benang wol dan benang kenur.



Gambar 1. Desain Percobaan Hukum

Data dapat diolah dengan mencari nilai rata-ratanya dengan cara menjumlahkan keseluruhan nilai dibagi dengan jumlah percobaan. Kemudian, gunakan untuk mencari nilai rapat massa tali (μ), setelah rapat massa tali diketahui, carilah cepat rambat gelombang eksperimen dari masing-masing tali dengan menggunakan persamaan 2. Selanjutnya, cari nilai cepat rambat gelombang secara teori dengan menggunakan persamaan 1. Terakhir, bandingkan nilai cepat rambat gelombang secara teori dan eksperimen untuk mengetahui nilai eror eksperimen yang dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan melalui eksperimen dalam bentuk percobaan hukum Melde ini, diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 1. Data dan pengamatan percobaan hukum Melde dengan menggunakan benang nilon, $m_b = 60$ gram, $F = 0,6$ N, $f = 50$ Hz

No.	l (m)	m_t (kg)	N
1	1,09	0,0005	1,5
2	1,05	0,0005	1,5
3	1,05	0,0005	1,5
4	1,05	0,0005	1,5
5	1,06	0,0005	1,5

Tabel 2. Data dan pengamatan percobaan hukum Melde dengan menggunakan benang kasur, $m_b = 60$ gram, $F = 0,6$ N, $f = 50$ Hz

No.	l (m)	m_t (kg)	N
1	1	0,0006	1,5
2	0,97	0,0006	1,5
3	0,98	0,0006	1,5
4	1	0,0006	1,5
5	1	0,0006	1,5

Tabel 3. Data dan pengamatan percobaan hukum Melde dengan menggunakan benang wol, $m_b = 60$ gram, $F = 0,6$ N, $f = 50$ Hz

No.	l (m)	m_t (kg)	N
1	1,03	0,0002	1
2	1,05	0,0002	1
3	1,06	0,0002	1
4	1,06	0,0002	1
5	1,04	0,0002	1

Tabel 4. Data dan pengamatan percobaan hukum Melde dengan menggunakan benang kenur, $m_b = 60$ gram, $F = 0,6$ N, $f = 50$ Hz

No.	l (m)	m_t (kg)	N
1	1,27	0,0002	1
2	1,25	0,0002	1
3	1,24	0,0002	1
4	1,24	0,0002	1
5	1,24	0,0002	1

Berdasarkan pada tabel 1, tabel 2, tabel 3 dan tabel 4 data dan pengamatan panjang tali dan massa tali dicari nilai rata-rata dan juga eror data sehingga hasilnya sebagai berikut.

Tabel 5. Perhitungan standar deviasi dan eror data panjang tali l (m) pada benang nilon

No.	l (m)	\bar{l} (m)	$ \bar{l} - l $ (m)	$ \bar{l} - l ^2$ (m)
1	1,09	1,06	0,03	0,0009
2	1,05	1,06	0,01	0,0001
3	1,05	1,06	0,01	0,0001
4	1,05	1,06	0,01	0,0001
5	1,06	1,06	0	0
Σ	5,3			0,0012

$$\bar{l} = \frac{\Sigma l}{n} = \frac{5,3}{5} = 1,06 \text{ m}$$

$$\Delta l = \sqrt{\frac{\Sigma |\bar{l} - l|^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0012}{4}} = \sqrt{0,0003} = 0,017 \text{ m}$$

$$l = \bar{l} \pm \Delta l = 1,06 \pm 0,017 \text{ m}$$

$$\text{Error data} = \frac{\Delta l}{\bar{l}} \times 100\% = \frac{0,017}{1,06} \times 100\% = 1,06\%$$

Tabel 6. Perhitungan standar deviasi dan eror data massa tali m_t (kg) pada benang nilon

No.	m (kg)	\bar{m} (kg)	$ \bar{m} - m $ (kg)	$ \bar{m} - m ^2$ (kg)
1	0,0005	0,0005	0	0
2	0,0005	0,0005	0	0
3	0,0005	0,0005	0	0
4	0,0005	0,0005	0	0
5	0,0005	0,0005	0	0
Σ	0,0025			0

$$\bar{m} = \frac{\Sigma m}{n} = \frac{0,0025}{5} = 0,0005 \text{ kg}$$

$$\Delta m = \sqrt{\frac{\Sigma |\bar{m} - m|^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{4}} = 0 \text{ kg}$$

$$m = \bar{m} \pm \Delta m = 0,0005 \pm 0 \text{ kg}$$

$$\text{Error data} = \frac{\Delta m}{\bar{m}} \times 100\% = \frac{0}{0,0005} \times 100\% = 0\%$$

Tabel 7. Perhitungan standar deviasi dan eror data panjang tali l (m) pada benang kasur

No.	l (m)	\bar{l} (m)	$ \bar{l} - l $ (m)	$ \bar{l} - l ^2$ (m)
1	1	0,99	0,01	0,0001
2	0,97	0,99	0,02	0,0002

3	0,98	0,99	0,01	0,0001
4	1	0,99	0,01	0,0001
5	1	0,99	0,01	0,0001
Σ	4,95			0,0006

$$\bar{l} = \frac{\Sigma l}{n} = \frac{4,95}{5} = 0,99 \text{ m}$$

$$\Delta l = \sqrt{\frac{\Sigma |\bar{l} - l|^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0006}{4}} = \sqrt{0,00015} = 0,012 \text{ m}$$

$$l = \bar{l} \pm \Delta l = 0,99 \pm 0,012 \text{ m}$$

$$\text{Error data} = \frac{\Delta l}{\bar{l}} \times 100\% = \frac{0,012}{0,99} \times 100\% = 1,21\%$$

Tabel 8. Perhitungan standar deviasi dan eror data massa tali m_t (kg) pada benang kasur

No.	m (kg)	\bar{m} (kg)	$ \bar{m} - m $ (kg)	$ \bar{m} - m ^2$ (kg)
1	0,0006	0,0006	0	0
2	0,0006	0,0006	0	0
3	0,0006	0,0006	0	0
4	0,0006	0,0006	0	0
5	0,0006	0,0006	0	0
Σ	0,0030			0

$$\bar{m} = \frac{\Sigma m}{n} = \frac{0,0030}{5} = 0,0006 \text{ kg}$$

$$\Delta m = \sqrt{\frac{\Sigma |\bar{m} - m|^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{4}} = 0 \text{ kg}$$

$$m = \bar{m} \pm \Delta m = 0,0006 \pm 0 \text{ kg}$$

$$\text{Error data} = \frac{\Delta m}{\bar{m}} \times 100\% = \frac{0}{0,0006} \times 100\% = 0\%$$

Tabel 9. Perhitungan standar deviasi dan eror data panjang tali l (m) pada benang wol

No.	l (m)	\bar{l} (m)	$ \bar{l} - l $ (m)	$ \bar{l} - l ^2$ (m)
1	1,03	1,05	0,02	0,0004
2	1,05	1,05	0	0
3	1,06	1,05	0,01	0,0001
4	1,06	1,05	0,01	0,0001
5	1,04	1,05	0,01	0,0001
Σ	5,24			0,0007

$$\bar{l} = \frac{\Sigma l}{n} = \frac{5,24}{5} = 1,05m$$

$$\Delta l = \sqrt{\frac{\Sigma |\bar{l} - l|^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0007}{4}} = \sqrt{0,000175} = 0,013m$$

$$l = \bar{l} \pm \Delta l = 1,05 \pm 0,013m$$

$$Error\ data = \frac{\Delta l}{\bar{l}} \times 100\% = \frac{0,013}{1,05} \times 100\% = 1,23\%$$

Tabel 10. Perhitungan standar deviasi dan eror data massa tali m_t (kg) pada benang wol

No.	m (kg)	\bar{m} (kg)	$ \bar{m} - m $ (kg)	$ \bar{m} - m ^2$ (kg)
1	0,0002	0,0002	0	0
2	0,0002	0,0002	0	0
3	0,0002	0,0002	0	0
4	0,0002	0,0002	0	0
5	0,0002	0,0002	0	0
Σ	0,0010			0

$$\bar{m} = \frac{\Sigma m}{n} = \frac{0,0010}{5} = 0,0002\ kg$$

$$\Delta m = \sqrt{\frac{\Sigma |\bar{m} - m|^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{4}} = 0\ kg$$

$$m = \bar{m} \pm \Delta m = 0,0002 \pm 0\ kg$$

$$Error\ data = \frac{\Delta m}{\bar{m}} \times 100\% = \frac{0}{0,0002} \times 100\% = 0\%$$

Tabel 11. Perhitungan standar deviasi dan eror data panjang tali l (m) pada benang kenur

No.	l (m)	\bar{l} (m)	$ \bar{l} - l $ (m)	$ \bar{l} - l ^2$ (m)
1	1,27	1,25	0,02	0,0004
2	1,25	1,25	0	0
3	1,24	1,25	0,01	0,0001
4	1,24	1,25	0,01	0,0001
5	1,24	1,25	0,01	0,0001
Σ	6,24			0,0007

$$\bar{l} = \frac{\Sigma l}{n} = \frac{6,24}{5} = 1,25m$$

$$\Delta l = \sqrt{\frac{\Sigma |\bar{l} - l|^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0007}{4}} = \sqrt{0,000175} = 0,013m$$

$$l = \bar{l} \pm \Delta l = 1,25 \pm 0,013m$$

$$Error\ data = \frac{\Delta l}{\bar{l}} \times 100\% = \frac{0,013}{1,25} \times 100\% = 1,04\%$$

Tabel 12. Perhitungan standar deviasi dan eror data massa tali m_t (kg) pada benang kenur

No.	m (kg)	\bar{m} (kg)	$ \bar{m} - m $ (kg)	$ \bar{m} - m ^2$ (kg)
1	0,0002	0,0002	0	0
2	0,0002	0,0002	0	0
3	0,0002	0,0002	0	0
4	0,0002	0,0002	0	0
5	0,0002	0,0002	0	0
Σ	0,0010			0

$$\bar{m} = \frac{\Sigma m}{n} = \frac{0,0010}{5} = 0,0002\ kg$$

$$\Delta m = \sqrt{\frac{\Sigma |\bar{m} - m|^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{4}} = 0\ kg$$

$$m = \bar{m} \pm \Delta m = 0,0002 \pm 0\ kg$$

$$Error\ data = \frac{\Delta m}{\bar{m}} \times 100\% = \frac{0}{0,0002} \times 100\% = 0\%$$

Perhitungan rapat massa tali dan cepat rambat gelombang pada benang nilon

$$\mu = \frac{\bar{m}}{\bar{l}} = \frac{0,0005}{1,06} = 0,00047\ kg/m$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,6}{0,00047}} = \sqrt{1276,59} = 35,72\ m/s$$

$$\lambda = \frac{l}{n} = \frac{1,06}{1,5} = 0,71m$$

$$v = \lambda \cdot f = 0,71 \cdot 50 = 35,5\ m/s$$

Perhitungan rapat massa tali dan cepat rambat gelombang pada benang nilon

$$\mu = \frac{\bar{m}}{\bar{l}} = \frac{0,0006}{0,99} = 0,00061 \text{ kg/m}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,6}{0,00061}} = \sqrt{983,6} = 31,36 \text{ m/s}$$

$$\lambda = \frac{\bar{l}}{n} = \frac{0,99}{1,5} = 0,66 \text{ m}$$

$$v = \lambda \cdot f = 0,66 \cdot 50 = 33 \text{ m/s}$$

Perhitungan rapat massa tali dan cepat rambat gelombang pada benang wol

$$\mu = \frac{\bar{m}}{\bar{l}} = \frac{0,0002}{1,05} = 0,00019 \text{ kg/m}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,6}{0,00019}} = \sqrt{3157,89} = 56,19 \text{ m/s}$$

$$\lambda = \frac{\bar{l}}{n} = \frac{1,05}{1} = 1,05 \text{ m}$$

$$v = \lambda \cdot f = 1,05 \cdot 50 = 52,5 \text{ m/s}$$

Perhitungan rapat massa tali dan cepat rambat gelombang pada benang kenur

$$\mu = \frac{\bar{m}}{\bar{l}} = \frac{0,0002}{1,25} = 0,00016 \text{ kg/m}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,6}{0,00016}} = \sqrt{3150} = 61,23 \text{ m/s}$$

$$\lambda = \frac{\bar{l}}{n} = \frac{1,25}{1} = 1,25 \text{ m}$$

$$v = \lambda \cdot f = 1,25 \cdot 50 = 62,5 \text{ m/s}$$

Tabel 13. Data hasil perhitungan benang nilon, benang kasur, benang wol dan benang kenur

Jenis Tali	μ (kg/m)	λ (m)	v (m/s)	
			$\sqrt{\frac{F}{\mu}}$	λf
Benang Nilon	0,00047	0,71	35,72	35,5
Benang Kasur	0,00061	0,66	31,36	33
Benang Wol	0,00019	1,05	56,19	52,5
Benang Kenur	0,00016	1,25	61,23	62,5

Jadi, dari hasil data pada tabel 13. Diperoleh eror eksperimen sebagai berikut.

Eror eksperimen cepat rambat gelombang pada benang nilon

$$= \left| \frac{v_{teori} - v_{eksperimen}}{v_{teori}} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{35,5 - 35,72}{35,72} \right| \times 100\% = 0,61\%$$

Eror eksperimen cepat rambat gelombang pada benang kasur

$$= \left| \frac{v_{teori} - v_{eksperimen}}{v_{teori}} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{33 - 31,36}{31,36} \right| \times 100\% = 5,22\%$$

Eror eksperimen cepat rambat gelombang pada benang wol

$$= \left| \frac{v_{teori} - v_{eksperimen}}{v_{teori}} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{52,5 - 56,19}{56,19} \right| \times 100\% = 6,56\%$$

Eror eksperimen cepat rambat gelombang pada benang kenur

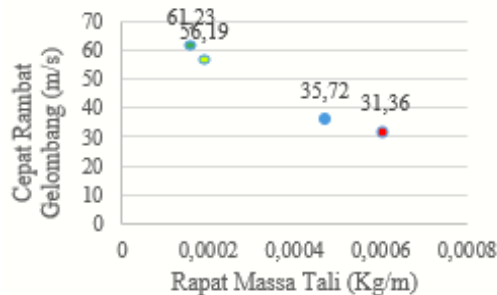
$$= \left| \frac{v_{teori} - v_{eksperimen}}{v_{teori}} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{62,5 - 61,23}{61,23} \right| \times 100\% = 2,07\%$$

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa hipotesis yang diberikan oleh penulis sesuai dengan hasil eksperimen. Selain itu, hasil eksperimen yang didapatkan sesuai dengan kajian teori di mana terbukti bahwa rapat massa tali mempengaruhi cepat rambat gelombang. Semakin besar rapat massa tali maka semakin kecil cepat rambat gelombang yang dihasilkan. Begitu juga sebaliknya, semakin kecil rapat massa tali maka cepat rambat gelombang yang dihasilkan akan semakin besar.

Hal ini juga dibuktikan melalui data perbandingan antara cepat rambat gelombang teori dengan cepat rambat gelombang eksperimen yang memiliki nilai eror eksperimen sebesar 0,61% untuk benang nilon, 5,22% untuk benang kasur, 6,56% untuk benang wol dan 2,07% untuk benang kenur.

Berikut ini merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara cepat rambat gelombang dengan rapat massa tali.



Gambar 2. Grafik hubungan antara cepat rambat gelombang dengan rapat massa tali

Pada gambar 2. Data benang kenur ditunjukkan oleh warna hijau merupakan benang yang memiliki rapat massa terendah sekaligus cepat rambat gelombang tertinggi dibandingkan dengan jenis benang lain. Berikutnya, data benang wol ditunjukkan oleh warna kuning, data benang nilon ditunjukkan oleh warna biru dan terakhir data benang kasur ditunjukkan dengan warna merah yang merupakan benang dengan rapat massa tertinggi sekaligus cepat rambat gelombang terendah dibandingkan dengan jenis benang lain.

KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian ini penulis dapat membuktikan bahwa rapat massa tali berpengaruh terhadap cepat rambat gelombang yang dihasilkan pada percobaan hukum Melde. Di mana semakin besar rapat massa tali yang digunakan, maka cepat rambat gelombang yang dihasilkan akan menjadi semakin kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Jumini, S. (2015). Pengaruh Cepat Rambat Gelombang terhadap Frekuensi pada Tali. *Jurnal PPKM III*. ISSN: 234-869X. 151-158.
- Laksono, Prabowo Fatakh. 2018. Pengembangan Media Hukum Melde Berbasis Aplikasi Physics Toolbox Sensor Suite pada Materi Gelombang Stasioner. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*. ISSN: 2302-4496. 2(7). 165-170.
- Pertiwi, P.K., F, Yovanita, Isnaini, N.L., & Zainuri, M. (2015). Percobaan Melde. *Jurnal Praktikum Gelombang*. 1-8.
- Prabowo, F.T., Sucahyo, I. (2018). Pengembangan Media Hukum Melde Berbasis Aplikasi Physic Toolbox Sensor Suite Pada Materi Gelombang Stasioner. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*. ISSN: 2302-4496. 2(7). 165-170.
- Widayanti, Yuberti, Irwandi, & Hamid, A. (2018). Pengembangan Lembar Kerja Praktikum Percobaan Melde Berbasis Project Based Learning. *Indonesian Journal of Science Education*. 1(6). <https://doi.org/10.24815/jpsi.v6i1.10908>.