

PENENTUAN KELAJUAN SINAR LASER HELIUM NEON (HeNe) YANG MERAMBAT MELALUI UDARA DAN FIBER OPTIK DENGAN OSILOSKOP 200 MHz

DETERMINATION THE SPEED OF THE HELIUM NEON LASER BEAM (HeNe) THAT PROPAGATES THROUGH THE AIR AND FIBER OPTICS BY OSCILLOSCOPE 200 MHz

Oleh:

Nur Evi Kartika Damayanthi, Nur Kadarisman, M.Si
nurevi07@gmail.com, nurkadarisman@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengukur kelajuan sinar laser Helium Neon (HeNe) yang merambat melalui udara dan fiber optik dengan osiloskop 200 MHz serta membandingkan besarnya kelajuan sinar laser yang merambat melalui udara dan fiber optik antara hasil penelitian dan analisis teori. Panjang lintasan pada medium udara diukur dari *emiter* (laser Helium Neon) sampai *receiver* setelah dipantulkan oleh cermin datar, sedangkan pada fiber optik tidak menggunakan cermin sebagai pemantul melainkan dihubungkan langsung pada *emiter* dan *receiver* tersebut. Waktu yang ditempuh selama sinar laser Helium Neon merambat diukur dari pergeseran puncak gelombang antara gelombang *emiter* dan gelombang *receiver* yang tampak pada layar osiloskop. Grafik hubungan antara jarak dan waktu tempuh dianalisis dengan metode *fitting* pada aplikasi OriginPro 8 sehingga diperoleh nilai kelajuan dari sinar laser Helium Neon. Secara analisis teori, nilai kelajuan sinar laser Helium Neon diperoleh dari persamaan $v = \frac{c}{n}$. Dengan nilai kecepatan cahaya di ruang hampa c dan nilai indeks bias medium n yang telah diketahui, maka diperoleh nilai kelajuan secara teori. Berdasarkan penelitian, kelajuan sinar laser yang merambat melalui udara adalah $(2,87 \pm 0,12)10^8$ m/s sedangkan yang melalui fiber optik adalah $(1,84 \pm 0,08)10^8$ m/s. Terdapat selisih nilai kelajuan yang diperoleh antara penelitian dan analisis teori yaitu $0,13 \times 10^8$ m/s pada medium udara dan $0,17 \times 10^8$ m/s pada fiber optic.

Kata kunci: Laser Helium Neon (HeNe), Fiber optik, Udara, *Fitting*

Abstract

This study aims to measure the speed of Helium Neon (HeNe) laser beam that propagate through the air by oscilloscope 200 MHz and fiber optics by oscilloscope 200 MHz and also comparing the amount of laser beam propagating through air and fiber optics between experiment result and theory analysis. The radius in the air measured by from emiter (Helium Neon laser) until receiver after reflected by plan mirror, while in fiber optics doesn't use mirror as a reflected but connected directly on the emiter and receiver. Time that needed by Helium Neon laser propagate measured from the shift peak of wave between emiter wave and receiver wave that appear in the oscilloscope screen. Graphic relation between radius and time analytied by fitting method in the OriginPro 8 application so obtained the velocity value from Helium Neon laser beam. According to analytical theory, velocity of Helium Neon laser obtained from equation $v = \frac{c}{n}$. With the light velocity in the vakum medium c and indeks refractif n value that been known, so obtained the velocity accoding to theory. The rate of laser beam that propagate on air is $(2,87 \pm 0,12)10^8$ m/s, whereas that propagate fiber optics is $(1,84 \pm 0,08)10^8$ m/s. There is differences between result of laser beam from experiment result and theory analysis. In the air is $0,13 \times 10^8$ m/s and fiber optics is $0,17 \times 10^8$ m/s.

Keyword : Helium Neon (HeNe) Laser, Fiber optic, Air, *Fitting*

PENDAHULUAN

Cahaya sudah menjadi salah satu bagian penting dalam kehidupan manusia. Salah satu konsep dalam ilmu fisika yaitu bahwa cahaya dapat diperlakukan sama dengan gelombang elektromagnetik. Cahaya dapat melintas melalui medium hampa dan medium tidak hampa. Bila cahaya melintas melalui medium tidak hampa, kecepatannya lebih kecil daripada dalam medium hampa. Kecepatan cahaya dalam medium hampa yaitu $2,99792458 \times 10^8$ m/s (Sears dan Zemansky, 1982).

Usaha pertama untuk mengukur kecepatan cahaya dilakukan oleh Galileo. Tetapi usaha tersebut gagal karena ia tidak dapat mengukur selang waktu yang sangat kecil daripada waktu reaksi manusia yang digunakan cahaya untuk merambat pada jarak beberapa km, sehingga kecepatan cahaya yang didapat terlalu besar (Halliday, 1988). Ole Roemer mencoba mengukur kecepatan cahaya dengan mengukur dan menganalisa perputaran satelit planet Jupiter terhadap Bumi. Louis Fizeau mengukur kecepatan cahaya dengan metode roda gigi berputar pada tahun 1849. Foucault melakukan pengukuran kecepatan cahaya dengan metode cermin berputar pada tahun 1862, dan Albert A Michelson mengukur kecepatan cahaya dengan metode prisma berputar pada tahun 1926 dan 1931 (Halliday, 1988). James Clerk Maxwell menunjukkan bahwa gelombang elektromagnet yang merambat terdiri dari medan listrik dan medan magnet yang saling tegak lurus dan keduanya tegak lurus arah rambatnya. Maxwell menghitung kecepatan gelombang elektromagnetik, didapat bahwa gelombang elektromagnet yang merambat di ruang hampa mempunyai kecepatan yang sama dengan kecepatan cahaya. Berdasarkan perhitungan tersebut Maxwell menarik kesimpulan bahwa cahaya merupakan salah satu bentuk dari gelombang elektromagnetik dan mempunyai kecepatan sebesar $2,99792458 \times 10^8$ m/s (Tipler, 2001).

Salah satu contoh penerapan cahaya adalah pada teknologi fiber optik, dimana cahaya berperan penting sebagai media transmisi pembawa data informasi. Fiber optik adalah jenis kabel yang terbuat dari serat kaca atau plastik yang sangat halus dengan ukuran yang sangat tipis. Berbeda dengan kabel pada umumnya fiber optik tidak menghantarkan listrik melainkan mentransmisikan sinyal cahaya dari satu tempat ke tempat yang lainnya (Bill, 2015).

Sejak ditemukannya *Cathode Ray Oscilloscope* 200 MHz yang salah satunya dapat

mengukur besaran waktu dalam orde lebih kecil, banyak para ilmuwan yang tertarik menggunakan alat tersebut untuk berbagai penelitian. Seperti halnya dalam eksperimen ini, peneliti menggunakan osiloskop 200 MHz sebagai pencatat selang waktu dalam menempuh panjang lintasan tertentu untuk mengetahui kelajuan sinar laser Helium Neon (HeNe) yang merambat melalui udara dan fiber optik. Metode analisis data yang digunakan adalah *fitting* pada aplikasi OriginPro 8. Selain itu kelajuan sinar laser di duamedium tersebut juga dapat dinalisis secara teori dengan menggunakan persamaan $v = \frac{c}{n}$, dimana nilai kecepatan cahaya c dan indeks bias medium n telah diketahui.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Februari 2017 hingga Juli 2017 di Laboratorium Elektromagnet dan Optik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.

Langkah Penelitian

Penelitian ini meliputi dua pengukuran yaitu mengukur kelajuan sinar laser Helium Neon di medium udara dan fiber optik. Pada pengukuran kelajuan sinar laser di udara, alat penelitian disusun dengan menghubungkan *emiter* dan *receiver* pada *channel-channel* osiloskop setelah dilakukan pengkalibrasian pada alat tersebut. Dengan menggunakan cermin datar sebagai pemantul, panjang lintasan diukur dari *emiter* ke cermin dan cermin ke *receiver*. Variasi panjang lintasan yang digunakan adalah dari 0,60 m - 5,10 m, kemudian dapat diamati perubahan waktu tempuh dari sinar laser Helium Neon dengan melihat pegeseran gelombang yang tampak pada layar osiloskop dan mengalikannya dengan besaran waktu *time/div* yang digunakan pada osiloskop. Dalam penelitian dilakukan pengulangan setiap data sebanyak tiga kali.

Pengukuran sinar laser Helium Neon di fiber optik tidak menggunakan cemin pemantul, melainkan dihubungkan langsung pada *emiter* dan *receiver*. Fiber optik diletakan pada penutup lubang *emiter* dan *receiver* yang terbuat dari karet sandal jepit yang telah dilubangi. Hal ini bertujuan agar sinar laser dapat merambat di fiber optik dengan sempurna. Variasi panjang lintasan yang digunakan adalah dari 0,46 m – 3,10 m. Kemudian perubahan waktu diamati dengan meihat pegeseran gelombang yang tampak pada layar osiloskop. dan mengalikannya dengan besaran waktu *time/div* yang digunakan pada osiloskop. Dalam penelitian

dilakukan pengulangan setiap data sebanyak tiga kali.

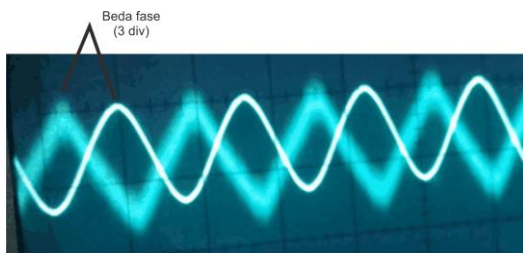
Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengukuran kelajuan sinar laser Helium Neon adalah panjang lintasan atau jarak dan waktu tempuh. Waktu tempuh diperoleh dari pergeseran gelombang atau beda fase gelombang *emiter* dan gelombang *receiver* yang dikalikan dengan besaran *time/div* yang digunakan pada osiloskop. Data tersebut kemudian dianalisis dengan metode *fitting* pada aplikasi OriginPro 8. Nilai kelajuan dari sinar laser Helium Neon adalah gradien dari grafik tersebut.

Untuk menentukan kelajuan sinar laser Helium Neon yang merambat melalui udara dan fiber optik secara teori digunakan persamaan $v = \frac{c}{n}$, dengan nilai kecepatan cahaya c dan indeks bias medium n yang telah diketahui.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data berupa waktu tersebut terukur pada osiloskop 200 MHz dengan melihat pergeseran dari dua puncak gelombang. Gelombang pertama berasal dari *emiter light* (laser Helium Neon yang dipancarkan) dan gelombang kedua berasal dari *receiver light* (laser Helium Neon yang diterima). Berikut adalah cara menentukan waktu tempuh sinar laser Helium Neon dengan osiloskop 200 MHz.



Gambar 1. Cara menentukan waktu tempuh pada osiloskop

Gambar 1 menunjukkan pergeseran gelombang, diperoleh 3 div, kemudian mengalikannya dengan besaran waktu *time/div* yang ter-setting pada osiloskop, maka diperoleh waktu tempuh yang digunakan sinar laser Helium Neon untuk merambat. Setiap penelitian dilakukan tiga kali pengulangan, sehingga diperoleh data rata-rata sebagai berikut :

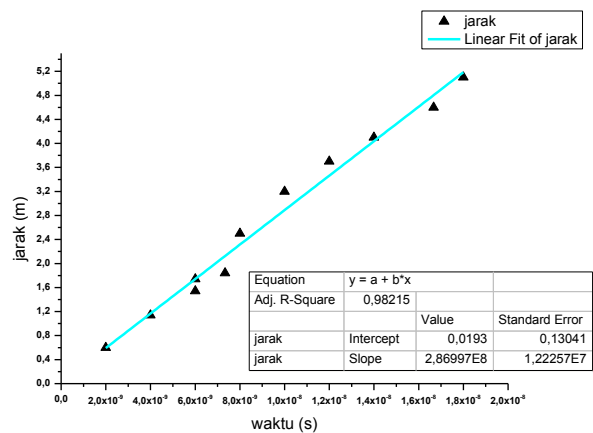
Tabel 1. Data pengukuran selang waktu sinar laser Helium Neon yang merambat melalui udara

Jarak (m)	Waktu (s)
0,60	2,00E-09
1,14	4,00E-09
1,54	6,00E-09
1,74	6,00E-09
1,84	7,33E-09
2,50	8,00E-09
3,20	1,00E-08
3,70	1,20E-08
4,10	1,40E-08
4,60	1,67E-08
5,10	1,80E-08

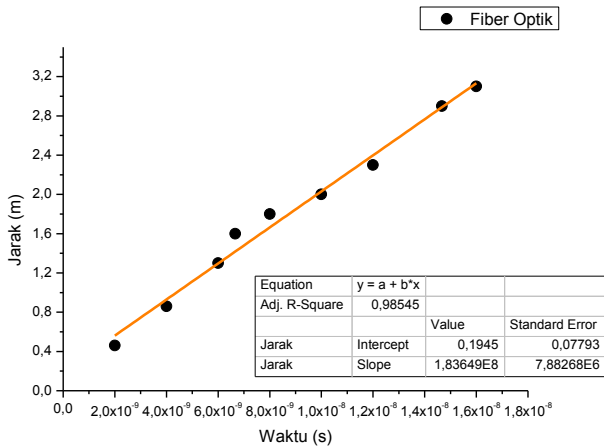
Tabel 2. Data pengukuran selang waktu sinar laser Helium Neon yang merambat melalui fiber optik

Jarak (m)	Waktu (s)
0,46	2,00E-09
0,86	4,00E-09
1,30	6,00E-09
1,60	6,67E-09
1,80	8,00E-09
2,00	1,00E-08
2,30	1,20E-08
2,90	1,47E-08
3,10	1,60E-08

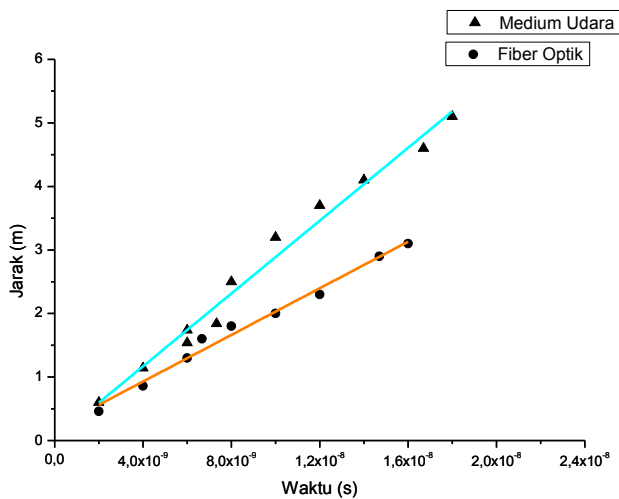
Dari data yang telah diperoleh dilakukan analisa dengan menggunakan aplikasi OriginPro 8. Metode analisa yang digunakan adalah *fitting*. Berikut adalah hasil analisisnya :



Gambar 2. Grafik perubahan jarak terhadap waktu tempuh sinar laser HeNe yang merambat melalui medium udara



Gambar 3. Grafik perubahan jarak (panjang fiber) terhadap waktu tempuh sinar laser HeNe yang merambat melalui fiber optik



Gambar 4. Grafik perbandingan perubahan jarak terhadap waktu tempuh sinar laser HeNe yang merambat melalui udara dan fiber optik

Berdasarkan data yang telah dianalisa dengan OriginPro 8 dan di-*fitting* secara linear diperoleh semakin besar jarak tempuh maka waktu tempuh juga semakin besar. Hal ini sesuai dengan teori gerak lurus dalam menentukan kelajuan. Kemudian untuk menentukan kelajuan sinar laser Helium Neon dapat dilihat dari kemiringan atau gradien garis. Dari hasil analisa tersebut diperoleh kelajuan sinar laser Helium Neon yang merambat melalui udara dan fiber optik berturut-turut adalah $(2,87 \pm 0,12)10^8$ m/s dan $(1,83 \pm 0,08)10^8$ m/s.

Gambar 4 menunjukkan perbedaan kemiringan grafik yang dihasilkan pada pengukuran kelajuan sinar laser Helium Neon yang merambat melalui udara dan fiber optik. Pada analisis tersebut diperoleh kemiringan grafik sinar laser yang merambat melalui udara lebih tajam dibanding sinar laser yang melalui fiber optik.

Setiap medium, baik udara, air, kaca, plastik atau yang lain mempunyai indeks bias. Indeks bias pada medium didefinisikan sebagai perbandingan antara kecepatan cahaya dalam ruang hampa udara dengan cepat rambat cahaya pada suatu medium. Secara matematis dapat dirumuskan $n = \frac{c}{v}$. Udara sendiri mempunyai nilai indeks bias sebesar 1,00029 sedangkan fiber optik plastik dengan tipe SH-4001-1,3 mempunyai indeks bias sebesar 1,49. Dengan mengetahui nilai cepat rambat cahaya di ruang hampa sebesar $2,99792458 \times 10^8$ m/s maka dengan persamaan tersebut dapat diperoleh :

Kelajuan sinar laser yang merambat di udara adalah

$$v = \frac{c}{n} = \frac{2,99792458 \times 10^8}{1,00029} = 2,997 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Kelajuan sinar laser yang merambat di fiber optik adalah

$$v = \frac{c}{n} = \frac{2,99792458 \times 10^8}{1,49} = 2,012 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Terdapat perbedaan nilai dari hasil analisis penelitian dan analisis teori, hal tersebut akan dibahas pada bab pembahasan.

Kelajuan Sinar Laser Helium-Neon (HeNe) yang Merambat Melalui Udara

Dari hasil penelitian yang tampak pada tabel 1' diperoleh semakin panjang lintasan maka selang waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak tersebut juga semakin panjang. Data tampak pada tabel 1. Kemudian data tersebut dibuat grafik dan dianalisis secara *fitting*, hal ini tampak pada gambar 2. Gambar tersebut memperlihatkan bahwa hubungan antara jarak lintasan terhadap selang waktu.

Menggunakan persamaan garis :

$$y = a x + b \dots\dots\dots (1)$$

$$s = v t + k \dots\dots\dots (2)$$

didapat gradien yang merupakan nilai kelajuan gelombang elektromagnetik yang terukur. Dari analisis grafik tersebut diperoleh kelajuan sinar laser helium neon yang merambat melalui udara adalah $(2,87 \pm 0,12)10^8$ m/s sedangkan secara teori diperoleh $2,997 \times 10^8$ m/s. Terdapat perbedaan nilai kelajuan, hal ini dipengaruhi oleh banyak faktor yaitu dipengaruhi oleh kondisi alat yang kurang stabil atau terlalu sensitif terhadap lingkungan. Selain itu juga dipengaruhi oleh ketelitian alat yang terlalu besar, sehingga data yang dihasilkan kurang sesuai dengan nilai sebenarnya. Dalam penelitian, peneliti sudah meminimalisir kesalahan atau ketidakteelitian selama pengambilan data.

Dari gradien atau nilai kelajuan yang diperoleh maka dapat ditentukan nilai dari konstanta. Maka didapat persamaan garis tersebut adalah sebagai berikut :

$$s = (2,87 \pm 0,12)10^8 t - 0,019$$

Dari persamaan tersebut dapat diketahui bahwa grafik tersebut tidak memotong di titik (0,0), melainkan memotong pada titik (0;-0,019). Hal ini disebabkan salah satunya karena ketidak sempurnaan *receiver* menangkap sinar laser Helium Neon.

Kelajuan Sinar Laser Helium-Neon (HeNe) yang Merambat Melalui Fiber Optik

Dari hasil penelitian diperoleh semakin panjang lintasan maka selang waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak tersebut juga semakin panjang. Data tampak pada tabel 2. Kemudian data tersebut dibuat grafik dan dianalisis, hal ini tampak pada gambar 3. Gambar tersebut memperlihatkan hubungan antara jarak lintasan terhadap selang waktu.

Menggunakan persamaan (1) dan (2) didapat gradien yang merupakan nilai kelajuan gelombang elektromagnetik yang terukur. Dari analisis grafik tersebut diperoleh kelajuan sinar laser helium neon yang merambat melalui fiber optik adalah $(1,83 \pm 0,08)10^8$ m/s sedangkan secara teori diperoleh $2,012 \times 10^8$ m/s.

Dari gradien atau nilai kelajuan yang diperoleh maka dapat ditentukan nilai dari konstanta. Sehingga didapat persamaan garis tersebut adalah sebagai berikut :

$$s = (1,83 \pm 0,08)10^8 t + 0,19$$

Dari persamaan tersebut dapat diketahui bahwa grafik tersebut tidak memotong di titik (0,0), melainkan memotong pada titik (0;0,19). Hal ini disebabkan karena ketidak sempurnaan *receiver* menangkap sinar laser Helium Neon dan adanya jarak antara *emiter* dan *receiver* dengan fiber optik dengan pertimbangan, jika kabel fiber optik ditempelkan langsung pada *emiter* dan *receiver* maka akan merusak alat tersebut.

Perbandingan Kelajuan Sinar Laser Helium-Neon (HeNe) yang Merambat Melalui Udara dan Fiber Optik secara Penelitian

Pada persamaan $n = \frac{c}{v}$ apabila nilai indeks bias bahan semakin besar maka kecepatan cahaya yang merambat pada bahan tersebut semakin kecil. Hal ini terbukti pada eksperimen tersebut, yaitu diperoleh nilai kelajuan sinar laser Helium Neon yang merambat melalui udara lebih besar dibandingkan yang merambat pada fiber optik yaitu berturut-turut $2,86997 \times 10^8$ m/s dan $1,83649 \times 10^8$ m/s hal ini dapat dilihat pada

gambar 4 atau kelajuan di fiber optik $1,03348 \times 10^8$ m/s lebih lambat dibanding sinar laser yang merambat di udara. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan nilai indeks bias yang cukup besar antara medium udara dan fiber optik, dimana nilai indeks bias tersebut berturut-turut adalah 1,00029 dan 1,49 atau memiliki perbedaan 0,48971.

Perbandingan Kelajuan Sinar Laser Helium-Neon (HeNe) yang Merambat Melalui Udara dan Fiber Optik secara Penelitian dan Teori

Dari data penelitian dihasilkan nilai kelajuan sinar laser helium neon yang merambat melalui udara dan fiber optik. Namun setelah dibandingkan dengan nilai kelajuan yang dianalisis secara teori, terdapat perbedaan hasil yaitu kelajuan sinar laser yang merambat melalui udara secara analisis $0,13 \times 10^8$ m/s lebih kecil dibanding secara teori. Sedangkan kelajuan gelombang elektromagnetik yang merambat di fiber optik secara analisis $0,17 \times 10^8$ m/s lebih lambat dibanding teori.

Hal tersebut dikarenakan oleh beberapa hal. Pertama, alat – alat yang digunakan dalam kondisi kurang baik atau terlalu sensitif sehingga mempengaruhi hasil penelitian. Misalnya osiloskop yang digunakan sangat sensitif terhadap suhu dan tekanan. Kedua dipengaruhi oleh lingkungan seperti suhu dan *noise* atau gangguan yang tentunya dapat mempengaruhi kinerja alat yang digunakan. Ketiga, adalah ketelitian alat yang terlalu besar, sehingga hasil kurang mendekati dari nilai sebenarnya. Misalnya osiloskop yang digunakan mempunyai ketelitian 0,5 div, sehingga dalam penelitian tidak dapat mengukur nilai yang lebih kecil dari 0,5 tersebut.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hasil pengukuran kelajuan sinar laser Helium Neon (HeNe) yang merambat melalui udara dan fiber optik dengan osiloskop 200 MHz berturut-turut adalah $(2,87 \pm 0,12)10^8$ m/s dan $(1,83 \pm 0,08)10^8$ m/s. Terdapat selisih nilai kelajuan yang diperoleh dari hasil penelitian dan analisis teori yaitu $0,13 \times 10^8$ m/s pada medium udara dan $0,17 \times 10^8$ m/s pada fiber optik.

Saran

Apabila alat sudah di-*setting* secara benar, maka diharapkan tidak ada pergerakan dari *observer*. Hal ini dikarenakan alat sangat sensitif terhadap lingkungan khususnya osiloskop. Untuk

penelitian selanjutnya diharapkan, ada osiloskop yang mempunyai ketelitian lebih kecil, sehingga data yang akan diperoleh lebih mendekati ke nilai yang sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Halliday, Resnick. (2010). *Fisika Dasa Edisi 7 Jilid 2*. Jakarta:Erlangga
- Hooker, Simon. (2010). *Laser Physics*. Oxford: Oxford University Press
- Muslim, Zahara. (1996). *Gelombang dan Optika*. Yogyakarta : UGM Press
- Nainggolan, Debora. (2008). *Pengukuran Kecepatan Cahaya di Udara dengan Metode Transmisi Gelombang Elektromagnetik pada Kabel Koaksial*. Yogyakarta: Sanata Dharma
- Selvarajan, A. (2002). *Optical Fiber Communication Principle and Systems*. Singapore: McGraw-Hill
- Sears, Zemansky. (1982). *Fisika Universitas Jilid 2*. Bandung: Bina Cipta
- Tipler, Paul A. (1996). *Fisika untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 2*. Jakarta: Erlangga
- Tooley, Michael. (2002) . *Prinsip dan Aplikasi Rangkaian Elektronika edisi kedua*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Woodward, Bill. (2015). *Fiber Optics Installer (FOI) Certification Exam Guide*. Canada: ETA International

