



Prof. Dr. Syamsir Dewang, M., Eng., Sc.

OPTIKA

MODERN

LEKKAS

Prof. Dr. Syamsir Dewang, M.Eng.Sc

Optika Modern

Lekkas

Optika Modern

Penulis: **Prof. Dr. Syamsir Dewang, M.Eng.Sc**

Editor: Dr. Drs. Yadiman, SH., MH

Layout: LEKKAS

©2021 **Prof. Dr. Syamsir Dewang, M.Eng.Sc**

ISBN: 978-623-6207-38-3

Hak cipta dilindungi Undang-Undang.

Diterbitkan pertama kali oleh

Lekkas

Bandung, Juli 2021

Sanksi Pelanggaran Pasal 72

Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2002

tentang HAK CIPTA

1. Barangsiapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 Ayat (1) atau Pasal 49 Ayat (1) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau hak terkait sebagaimana dimaksud dalam Ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp5.000.000,00 (lima juta rupiah rupiah).

Cetakan 1: Juli 2021

Dilarang mengutip, memperbanyak, dan menerjemahkan sebagian atau keseluruhan isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit, kecuali kutipan kecil dengan menyebutkan sumbernya yang layak.

Optik adalah cabang Fisika yang melibatkan perilaku cahaya, sifat, dan interaksinya dengan materi. Optik juga merupakan cabang Fisika yang melibatkan pembuatan instrumentasi detektor yang menggunakan interaksi cahaya dengan materi.

Materi optik relevan dipelajari di berbagai disiplin ilmu, termasuk Astronomi, berbagai bidang teknik, fotografi dan kedokteran (khususnya Opalmologi dan Optometri). Sementara itu, aplikasi praktis ilmu optik ditemukan pada berbagai teknologi dan benda sehari-hari, seperti cermin, lensa (kamera digital), teleskop, mikroskop, laser dan serat optik.

Prof. Yohanes Surya, Ph.D (Pakar Pembimbing Olimpiade Nasional)

Pentingnya mengetahui aplikasi dari peralatan optik khususnya peralatan optik di era modern setelah ditemukannya laser. Dengan sistem pembelajaran yang menerapkan aplikasi langsung dari sebuah teori ilmu.

Prof. Bern Buchner (pakar Optika Modern)

Salah satu aplikasi dari penelitian optik modern dalam bidang kesehatan adalah plasmonics yang dapat diterapkan untuk menghasilkan nanopartikel nonlogam yang ukurannya berkisar 100 kali lebih kecil dari sehelai rambut manusia yang kemudian pada bagian luarnya diselubungi oleh antibodi yang akan mengikat satu virus tertentu di dalam tubuh manusia.

Alexander A. Iskandar, Ph.D (Pengajar ITB)

PENGANTAR

Buku **Optika Modern** ini merupakan bagian dari mata kuliah wajib bagi Mahasiswa Program Studi Fisika tingkat Sarjana (S1), Optika pada dasarnya adalah bagian dari pembelajaran tentang Gelombang Elektromagnetik (EM) yang menjalar dalam bentuk spektrum Panjang gelombang dengan kecepatan cahaya. Pengetahuan tentang Optika menjadi sangat penting karena membahas tentang perambatan cahaya sehingga tanpa mengetahui sistem penjalaran cahaya maka manusia tidak akan dapat memahami alam semesta ini secara baik. Melalui teori Optika, manusia dapat mempelajari alam semesta termasuk ruang angkasa yang banyak dibahas dalam bidang Astronomi. Namun dalam pembahasan buku ini lebih kepada bahasan sifat sifat optika seperti pandu gelombang optis dengan meninjau gelombang yang bersifat monokromatis serta sifat sifat fisis lainnya yang meliputi polarisasi gelombang, sistem pemantulan dan pembiasan, sifat difraksi, koherensi cahaya, dan Optika Fourier. Melalui pembahasan ini, maka akan lebih lengkap jika diberi nama buku "**Optika Modern**" karena tinjauannya adalah penjalaran cahaya yang bersipat monokromatis (Panjang Gelombang Tunggal), dan bersifat koheren yang tentunya sedikit berkembang dari pembahasan Optika Klasik.

Buku ini masih jauh dari sempurna, oleh karenanya dibutuhkan masukan dan saran-saran yang sifatnya konstruktif sangat diharapkan untuk kesempurnaan buku ini. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Kajian Pengembangan Pendidikan (LKPP) Universitas Hasanuddin yang telah memberikan pelatihan dalam penyusunan buku ajar ini, namun baru kali ini dapat dicetak secara resmi. Penulis juga berterima kasih kepada Bapak Prof. Dr. M. Barmawi (Alm), Prof. Dr. Tjia May On (Alm), dan Bapak Dr. Hamdani Zain (Alm), semuanya Maha Guru kami di Program S2 dan S3 di UI Jakarta di bidang Optika. Juga kepada Dekan FMIPA UNHAS Bapak Dr. Eng. Amiruddin, M.Si yang selalu mendorong bagi Staf

Dosen FMIPA Unhas untuk lebih kreatif dalam menulis buku. Selanjutnya terima kasih kepada bapak Dr. Drs. Yadiman, Sekjen DPP PDRI (Persaudaraan Dosen Republik Indonesia) yang banyak mendorong bagi para dosen untuk menulis buku, dan siap membantu dalam percetakan buku ini.

Akhirnya hanya kepada Allah SWT diserahkan segala amal baiknya, semoga buku ini dapat bermanfaat bagi para pembaca khususnya bagi mahasiswa dan pelajar yang memiliki dedikasi yang tinggi untuk mempelajari fisika Optika.

Makassar, Juli 2021

Penulis

Prof. Dr. Syamsir Dewang, M.Eng.Sc

Optika adalah cabang fisika yang menggambarkan perilaku dan sifat cahaya dan interaksi cahaya dengan materi. Optika menerangkan dan diwarnai oleh gejala optis. Kata *optik* berasal dari bahasa Latin *ὀπτική*, yang berarti *tampilan*.

Bidang optika biasanya menggambarkan sifat cahaya tampak, inframerah dan ultraviolet; tetapi karena cahaya adalah gelombang elektromagnetik, gejala yang sama juga terjadi di sinar-X, gelombang mikro, gelombang radio, dan bentuk lain dari radiasi elektromagnetik dan juga gejala serupa seperti pada sorotan partikel muatan (charged beam).

Optik secara umum dapat dianggap sebagai bagian dari keelektromagnetan. Beberapa gejala optis bergantung pada sifat kuantum cahaya yang terkait dengan beberapa bidang optika hingga mekanika kuantum. Dalam praktiknya, kebanyakan dari gejala optis dapat dihitung dengan menggunakan sifat elektromagnetik dari cahaya.

Bidang optika memiliki identitas, masyarakat, dan konferensinya sendiri. Aspek keilmuannya sering disebut ilmu optik atau fisika optik. Ilmu optik terapan sering disebut rekayasa optik. Aplikasi dari rekayasa optik yang terkait khusus dengan sistem iluminasi (iluminasi) disebut rekayasa pencahayaan. Setiap disiplin cenderung sedikit berbeda dalam aplikasi, keterampilan teknis, fokus, dan afiliasi profesionalnya. Inovasi lebih baru dalam rekayasa optik sering dikategorikan sebagai fotonika atau optoelektronika.

Batas-batas antara bidang ini dan "optik" sering tidak jelas, dan istilah yang digunakan berbeda di berbagai belahan dunia dan dalam berbagai bidang industri. Karena aplikasi yang luas dari ilmu "cahaya" untuk aplikasi dunia nyata, bidang ilmu optika dan rekayasa optik cenderung sangat lintas disiplin. Ilmu optika merupakan bagian dari berbagai disiplin terkait termasuk elektro, fisika, psikologi, kedokteran (khususnya bidang Radoiologi tentang sinar X atau Sinar Rontgen, optalmologi dan optometri), dan lain-lain.

DAFTAR ISI

PENGANTAR --- v

SINOPSIS---vii

DAFTAR ISI --- viii

DAFTAR GAMBAR---xiii

DAFTAR SIMBOL---xvi

BAB 1 SPEKTRUM GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK

A. Prolog --- 1

B. Definisi Optika---2

C. Spektrum Gelombang Elektromagnetik---3

BAB 2 PERSAMAAN GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK

A. Deskripsi Gelombang Elektromagnetik ---14

B. Persamaan Gelombang Elektromagnetik Bebas---16

C. Persamaan Gelombang Elektromagnetik Dengan Sumber--
-18

D. Solusi Gelombang Datar Dalam Suatu Medium---19

BAB 3 PEMANTULAN DAN PEMBIASAN

A. Deskripsi Singkat---25

B. Pemantulan Dan Pembiasan---25

C. Hubungan Antara Arah Dan Hukum Snell---26

D. Hubungan Antara Medan-Rumus Fresnel---30

E. Pemantulan Internal Total---33

F. Pemantulan Gelombang Tm Pada Sudut Brewster---34

BAB 4 POLARISASI

- A. Deskripsi Singkat---40
- B. Proses Polarisasi---41
- C. Cahaya Terpolarisasi Natural dan Parsial---47

BAB 5 INTERFERENSI

- A. Deskripsi Interferensi---49
- B. Proses Interferensi---50
- C. Koherensi---53
- D. Interferensi Dengan Dua Berkas---55
- E. Proses Interferensi pada Plat datar Sejajar---63
- F. Proses Interferensi pada Berkas Banyak---67
- G. Interferometer---71

BAB 6 DIFRAKSI

- A. Deskripsi Difraksi---75
- B. Proses Difraksi---76
- C. Difraksi Fraunhofer---80
- D. Difraksi Pada Celah Lingkaran---87
- E. Resolusi Kisi---89
- F. Difraksi Fresnel---92
- G. Spiral Cornu---95

BAB 7 OPTIKA FOURIER

- A. Deskripsi Optika Fourier---96
- B. Syarat /Kondisi Dirichlet---101
- C. Fungsi Genap dan Fungsi Ganjil---102

BAB 8 LASER

- A. Deskripsi Laser---104
- B. Kelebihan Laser---107
- C. Kekurangan Laser---110

BAB 9 TEORI DISPERSI DAN HAMBURAN

- A. Pengertian Sistem Dispersi---111
- B. Deskripsi Dispersi ---111
- C. Pembiasan Cahaya pada Prisma---111
- D. Jenis dan Contoh Larutan dalam Sistem Dispersi---114
- E. Teori Hamburan---116
- F. Hamburan Elastis Dan Tidak Elastis---118

BAB 10 OPTIKA NONLINEAR

- A. Deskripsi Optika Nonlinear---120
- B. Sejarah Perkembangan Optika Nonlinear---123
- C. Perambatan Gelombang Dan Kekekalan Momentum---126
- D. Medium Linier---127
- E. Polarisasi Nonlinier---130
- F. Generasi Harmonik Kedua---133
- G. Kecocokan Fase---143
- H. Jumlah Dan Selisih Frekuensi Generasi---147
- I. Osilasi Parametrik---149
- J. Pengaturan Fokus Cahaya Sendiri---154
- K. Hamburan Raman Dalam Jumlah Kecil---155
- L. Fenomena Optik---156
- M. Aplikasi Dalam Perangkat Optik Nonlinier---158

N. Tes Formatif---161

BAB 11 OPTIKA KUANTUM

- A. Perkembangan Optik Kuantum dan Teori Cahaya Foton --
-164
- B. Temuan Optik Kuantum---164
- C. Aplikasi---165

BAB 12 SCANNING ELECTRON MICROSCOPE(SEM)

- A. Pengertian *Mikroskop Elektron Scanning (SEM)*---166
- B. Bagian *Mikroskop Elektron Scanning (SEM)*---166
- C. Sejarah *Mikroskop Elektron Scanning (SEM)*---167
- D. Scanning Dan Proses Pembentukan Gambar---167
- E. Pembesaran *Mikroskop Elektron Scanning (SEM)*---169

BAB 13 TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPE(TEM)

- A. Pengertian *Transmission Electron Microscopy (TEM)*---170
- B. Sejarah Penemuan *Transmission Electron Microscopy (TEM)*-
---170
- C. Komponen *Transmission Electron Microscopy (TEM)*---171
- D. Persiapan sampel *Transmission Electron Microscopy (TEM)*-
--173
- E. Cara Kerja *Transmission Electron Microscopy (TEM)*--173
- F. Manfaat *Transmission Electron Microscopy (TEM)*---174
- G. Aspek Fisis dari *Transmission Electron Microscopy (TEM)*---
175
- H. Kelebihan dan Kekurangan *Transmission Electron
Microscopy (TEM)*---176

BAB 14 SCANNING TUNNELING MICROSCOPE(STM)

- A. Deskripsi *Scanning Tunneling Microscope* (STM)---178
- B. Prosedur *Scanning Tunneling Microscope* (STM)---179
- C. Proses *Scanning Tunnelling Microscopy* (STM)---179
- D. Prinsip Kerja *Scanning Tunnelling Microscopy* (STM)---180

DAFTAR PUSTAKA ---183

keterbatasan respon dari sistem umpan balik dari sistem scanner atau terlalu dekatnya ujung jarum pada permukaan sampel terukur. Dengan memberikan sampel bias yang lebih tinggi dari tegangan kerjanya, yaitu berkisar antara 3,0 volt sampai 0,5 volt maka permukaan ujung jarum dapat diperbaiki dan akan mendapatkan hasil pengukuran yang benar. Dengan demikian, dari image yang akan dihasilkan akan dapat dianalisa dan memberikan informasi yang benar.

Resolusi yang baik dari image sampel hasil pengukuran dengan sistem STM adalah tergantung dari ketajaman dan kebersihan jarum pengukur (*needle tip probe*). Dalam penggunaan sistem UHV-STM, pada umumnya pemurnian, pembersihan dari permukaan sampel dan ujung jarum dilakukan dalam ruang vakum (*vakum chamber*). Pada kondisi-kondisi tertentu ada kemungkinan jarum menjadi terkontaminasi dengan elemen lain seperti halnya oksigen yang kemudian menjadi arang, dan hal tersebut menyebabkan ujung jarum akan berubah parameternya antara lain : ujung jarum menjadi rata (*flat*) atau mempunyai ujung yang berganda (*multi tips*).

Untuk suatu proses pengukuran sebuah sample terukur, ruang vakum tidak boleh dibuka sampai pengukuran selesai. Hal tersebut diperlukan karena dalam mempersiapkan proses pengukuran ini diperlukan waktu yang cukup lama, mulai dari mempersiapkan sampel dengan pemurnian dan pemanasan sampel (*heat treatment*) sampai persiapan sistem vakumnya sendiri, yaitu dengan pemanasan *chamber*(*bake out vacuum chamber system*). Apabila selama percobaan kondisi ujung jarum berubah seperti yang disebutkan diatas, maka perlu dilakukan perbaikan / perubahan parameter dari ujung jarum ukur tersebut untuk mendapatkan hasil yang benar, dan perubahan parameter tersebut perlu dilakukan didalam ruang vakum.

DAFTAR PUSTAKA

- A.M. Portis, H.D. Young, (1991), *Berkeley Physics Laboratory 2nd ed*, Mc Graw Hill.
- A.S. Djamhoer, K.M. Winarto, B. Lestari DAD, H. Burzaman J (1983), *Teori dan soal Optik*, Schaum's Outline Series Theory and Problems of Optics, Armico, Bandung.
- Aby Saroyo, Ganijanti. 2010. *Gelombang dan Optika*. Jakarta : Salemba Teknika.
- Allard, F.C, 1990, *Fiber Optics Handbook for Engineers and Scientists*, The McGraw-Hill Companies Inc., New York.
- Ardiansyah, O., 2009, *Pengujian Empat Tipe Sensor Kelembaban Udara*, Skripsi, IPB.
- Basel. Cox, G., 2012, *Optical Imaging Techniques in Cell Biology*, CRC Press, Florida.
- Bolton, W., 2006, *Sistem Instrumentasi dan Sistem Kontrol*, PT Gelora Aksara Pratama, Jakarta.
- Born, Max;Wolf, Emil. *Principles of Optics (7th ed.)*. Pergamon Press, 1999.
- Ciprian, R dan Lehman, B., 2009, *Modeling Effects of Relative Humidity, Moisture, and Extreme Environmental Conditions on Power Electronic Performance, Energy Conversion Congress and Exposition*, Vol. 9, Cincinnati.
- D.C. Giancoli, (1989), *Physics for Scientists and Engineers 2nd ed*, Prentice Hall Limited.
- Donald L. Lee. (1986) *Electromagnetic Principle of Integrated Optics*, John Wiley & Sons, Inc ., Canada.
- E. Hecht, A. Zajac, (1976), *Optics*, Addison Wesley Publishing Company.

- E. Armitage, (1982) *Practical Physics in SI*, John Murray.
- F.A. Jenkins, H.E. White, *Fundamental of Optics*, McGraw Hill.
- Faharani, H., Wagiran, R., Hamidon, M.N., 2014, *Humidity Sensors Principle, Mechanism,, and Fabrication Technologies: A Comprehensive Review*, Sensors, Vol.14, Basel.
- Ferreira, R.A.S., Andre, P.S., 2012, *Optical Fiber Humidity Sensor Based on a FBG With a Di-Ureasil Coating*, Sensors, Vol. 12, No.7.
- Fidanboyulu, K. dan Efendioglu, H.S., 2009, *Fiber Optic Sensors and Their Applications*, 5th International Advanced Technologies Symposium, 13-15 Mei 2009.
- Fraden, J., 2004, *Handbook of Modern Sensors*, Springer-Verlag New York, Inc., New York.
- Frederick, A., 1990, *Fiber Optics Hand Book for Engineers and Scientist*, The Mc Graw - Hill Companies Inc., New York.
- G.F. Fowles, *Introduction to Modern Optics*, Dover Publication, Inc, 1989.
- Gholamzadeh, B. dan Nabovati, H., 2008, *Fiber Optic Sensors*, *World Academy of Science, Engineering and Technology Journals*, Vol. 2, No. 6, Turki.
- Gouveia, C.A.J., Baptista, J.M., Jorge, P.A.S., 2013, *Current Development in Optical Fiber Technology*, InTech, Rijeka.
- Grant R. Fowles. (1975), *Introduction Optics*, Secon Edition, Dover Publication, Inc.,New York.
- Gregory Hallock Smith (2006). *Camera Lenses: From Box Camera To Digital*. SPIE Press. hlm. 4. ISBN 9780819460936.
- H. S. Nalwa, s. Miyata, *Nonlinear Optics Of Organic Molecules And Polymers*, crc press, boca raton, (1997)
- Hecht, Eugene (2001). *Optics (4th ed.)*. Pearson Education. ISBN 0-8053-8566-5.
- Holman, J.P. 1994. *Perpindahan Kalor*, Erlangga, Jakarta.

- Indra, A.T., dan Harmadi, 2014, *Karakterisasi Sistem Sensor Serat Optik Berdasarkan Efek Gelombang Evanescent*, Vol.3, No.1, Padang.
- John M. Senior, (1985), *Optical Fiber Communications*, Prentice- Hall International, Inc, London.
- Karen E. Kalumuck (2000). *Human Body Explorations: Hands-On Investigates Of What Makes Us Tick*. Kendall Hunt. hlm. 74. ISBN 9780787261535.
- Keiser, G., 2000, *Optical Fiber Communications*, The Mc Graw-Hill Companies Inc.,New York.
- Krane, K., 2011, *Fisika Modern*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Lipson, Stephen G. (1995). *Optical Physics (3rd ed.)*. Cambridge University Press. ISBN 0-5214-3631-1.
- Lou, J., Wang, Y., Tong, L., 2014, *Microfiber Optical Sensors : A Review*, Sensors, Vol. 14, No. 4, Basel.
- M. Alonso, E.J. Finn, (1967). *Fundamental University Physics Volume Ii Fields And Waves*, Addison Wesley Publishing Company.
- M.n avadhanulu. 2006. *A Textbook Of Optics.S Chand And Company*. New delhi.
- Maddu, A. Modjahidin, K. Sardy, S. Zain, H., 2006, *Pengembangan Probe Sensor Kelembaban Serat Optik dengan Cladding Gelatin*, Makara, Vol.10,No.1, Jakarta
- Mark d. Peterson et all. 2011. *Second harmonic generation imaging with a khz amplifier*. May 2011 / vol. 1, no. 1 / optical materials express
- Narinder Kumar (2008). *Comprehensive Physics XII*. Laxmi Publications. ISBN 9788170085928.
- Peslinof M., Harmadi, Wildian, 2013, *Analisis Pengaruh Pembengkokan Pada Alat Ukur Tingkat Kekeruhan Air Menggunakan Sistem Sensor Serat Optik*, Jurnal Ilmu Fisika, Vol. 5, No.1, Padang

- Prasad p.n. and d.j. William, *Introduction To Nonlinear Optical Effect In Molecules And Polymers*, (1991)
- R. W. Boyd, *Nonlinear Optics*, Academic Press, Rochester, New York (1992).
- S Svelto, (1972), *Principle of Lasers*, Chapman and Hall. New York.
- Saleh, B.E.A. dan Teich, M.C., 1991. *Fundamental of Photonics*. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- Serway, Raymond A, & Jewell, Jhon W, *Fisika ntuk Sains dan Teknik*, Jakarta, Penerbit Salemba Teknika.
- Silfvast, W.T., 2004, *Laser Fundamentals*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Suematzu, Y. dan Iga, K., 1982, *Introduction to Optical Fiber Communication*.
- Suyadhi, T.D.S., 2010, *Buku Pintar Robotika*, Penertbit Andi, Yogyakarta
- Thomas Vestergaard Andersen.2006. *Applications of nonlinear optics and optical fibers*. Denmark: department of physics and astronomy & nkt academy.
- Thornas Sri Widode,(1995), *Optoelektronika*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Tipler, Paul (2004). *Physics for Scientists and Engineers: Electricity, Magnetism, Light, and Elementary Modern Physics (5th ed.)*. W. H. Freeman. ISBN 0-7167-0810-8.
- Udd, E., 1990, *Fiber Optic Sensor An Introduction for Engineers and Scientist*, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- Wahyudin, D., 2006, *Belajar Mudah Mikrokontroler AT89S52 dengan Bahasa Basic Menggunakan Bascom-8051*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Wildian, 2012, *Sistem Sensor : Fotodioda*, Bahan Ajar, Jurusan Fisika Universitas Andalas, Padang.
- Young, Hugh D & Freedman, Roger A, (2003), *Fisika Universitas*, Erlangga, Jakarta.

Zhang, L., Gu, F., Lou, J., Yin, X., Tong, L., 2008. *Fast detection of humidity with a subwavelength diameter fiber taper coated with gelatin film*, *Optic Express*, No. 17, Vol. 15, Optical Society of America, Washington DC

TENTANG PENULIS



Prof. Dr. Syamsir Dewang, M., Eng., Sc.

Lahir di Pinrang, Sulawesi Selatan pada tanggal 11 Januari 1963. Lulusan S1 Fisika FMIPA Unhas tahun 1989. Program Magister (S2) pada Bidang Opto Elektro-Teknika dan Aplikasi Laser (OEAL) Universitas Indonesia, Jakarta (1991-1994). Melanjutkan Program Doktor pada bidang yang sama di UI (1997-2002), Melakukan *Sandwich Program* pada *Center For Environmental Remote Sensing (CERes)* Universitas Chiba Jepang, Tahun 1999-2001. Pengalaman bekerja diantaranya sebagai Staf Dosen Tetap (PNS) Pada Departemen Fisika FMIPA Unhas, Makassar, dan Guru Besar dalam bidang Ilmu Spektroskopi Optik, Universitas Hasanuddin sejak tahun 2011, Saat ini sebagai Kepala Laboratorium Fisika Optik dan Spektroskopi Departemen Fisika FMIPA UNHAS, Ketua Unit Pengembangan Fisika Medik FMIPA Unhas.

ISBN : 9786236207383



LEKKAS