

## Application of Physical Science in Medicine

Cindy Picelia Alvoni Purba<sup>1\*</sup>, Indri Hertika<sup>2</sup>, Shaqila Faizah M. Harahap<sup>3</sup>  
Universitas Negeri Medan

**Corresponding Author:** Cindy Picelia Alvoni Purba  
[cindypurbasigumonrong@gmail.com](mailto:cindypurbasigumonrong@gmail.com)

---

### ARTICLE INFO

*Keywords:* Medical Physics,  
Radiology, Ultrasound,  
Radiotherapy, Fluid  
Mechanics

*Received :* 11, February

*Revised :* 13, April

*Accepted:* 17, May

©2024 Purba, Hertika, Harahap: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



### ABSTRACT

The application of physical science in the medical field has brought significant advances in diagnosis, therapy, and health research. This article discusses various principles of physics used in medical technology, such as electromagnetic radiation in X-ray and MRI imaging, ultrasound in ultrasound, as well as fluid mechanics to understand blood flow. Physics also plays a role in the development of therapeutic technologies, including radiotherapy for cancer treatment. This research highlights how physical approaches provide innovative solutions to medical challenges, improve diagnostic accuracy, and treatment efficiency. Thus, the integration of physical and medical sciences has fundamentally changed healthcare practices.

## Penerapan Ilmu Fisika dalam Kedokteran

Cindy Picelia Alvoni Purba<sup>1</sup>, Indri Hertika<sup>2</sup>, Shaqila Faizah M. Harahap<sup>3</sup>

Universitas Negeri Medan

**Corresponding Author:** Cindy Picelia Alvoni Purba

[cindypurbasigumonrong@gmail.com](mailto:cindypurbasigumonrong@gmail.com)

---

### ARTICLE INFO

*Kata Kunci:* Fisika Medis, Radiologi, Ultrasonografi, Radioterapi, Mekanika Fluida

*Received :* 11, Februari

*Revised :* 13, April

*Accepted:* 17, Mei

©2024 Purba, Hertika, Harahap: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International](#).



### ABSTRAK

Penerapan ilmu fisika dalam bidang medis telah membawa kemajuan signifikan dalam diagnosis, terapi, dan penelitian kesehatan. Artikel ini membahas berbagai prinsip fisika yang digunakan dalam teknologi medis, seperti radiasi elektromagnetik dalam pencitraan X-ray dan MRI, ultrasonik dalam USG, serta mekanika fluida untuk memahami aliran darah. Fisika juga berperan dalam pengembangan teknologi terapi, termasuk radioterapi untuk pengobatan kanker. Penelitian ini menyoroti bagaimana pendekatan fisika memberikan solusi inovatif terhadap tantangan medis, meningkatkan akurasi diagnosis, dan efisiensi pengobatan. Dengan demikian, integrasi ilmu fisika dan medis telah mengubah praktik perawatan kesehatan secara mendasar.

---

## PENDAHULUAN

Fisika merupakan ilmu pengetahuan yang banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang kehidupan, salah satunya dalam bidang Kesehatan. Ilmu fisika memainkan peran penting dalam perkembangan bidang medis modern, memungkinkan diagnosis dan pengobatan yang lebih akurat dan efektif. Berbagai prinsip fisika, seperti radiasi elektromagnetik, mekanika fluida, dan gelombang ultrasonik, telah diterapkan untuk memahami fenomena biologis dan mengembangkan teknologi medis. Contohnya, pencitraan X-ray dan MRI memanfaatkan sifat radiasi elektromagnetik untuk melihat struktur internal tubuh, sementara USG menggunakan gelombang ultrasonik untuk memvisualisasikan organ tanpa prosedur invasif.

Kemajuan dalam radioterapi juga menunjukkan bagaimana fisika membantu terapi kanker dengan menggunakan partikel energi tinggi untuk menghancurkan sel kanker tanpa merusak jaringan sehat. Selain itu, mekanika fluida digunakan untuk mempelajari aliran darah dalam pembuluh, membantu mendiagnosis dan mengelola gangguan kardiovaskular. Dengan integrasi ilmu fisika, medis telah mencapai tingkat presisi dan efisiensi yang belum pernah terjadi sebelumnya, memberikan dampak besar dalam peningkatan kualitas perawatan kesehatan.

Banyak teknologi inovatif tersedia di era globalisasi saat ini. Pemanfaatan gelombang elektromagnetik adalah kemajuan baru dalam teknologi ini. Gelombang elektromagnetik membawa energi listrik dan magnet dan memancar tanpa media rambat. Ini berbeda dari gelombang biasa yang membutuhkan media rambat (Salsabillah, S., Sudarti, & Supeno, 2018). Penelitian ini akan menyelidiki kemampuan analisis berpikir kritis mahasiswa dalam memahami penggunaan sinar ultraviolet dalam bidang kesehatan, karena gelombang elektromagnetik lebih tepat berada pada spektrum sinar ultraviolet, yang dianggap kurang penting.

## LITERATURE REVIEW

Ilmu fisika memainkan peran sentral dalam pengembangan teknologi medis modern. Dalam kedokteran, penerapan fisika membantu memahami fenomena biologis, mengembangkan alat diagnostik, serta meningkatkan efektivitas terapi. Prinsip-prinsip dasar fisika seperti mekanika, optik, elektromagnetisme, dan fisika nuklir telah menjadi fondasi bagi berbagai teknologi medis yang kita gunakan saat ini.

Seiring perkembangan zaman, kebutuhan akan teknologi medis yang lebih presisi dan minim invasif semakin meningkat. Ilmu fisika menawarkan solusi dengan menyediakan dasar teoritis untuk alat-alat seperti X-ray, ultrasonografi, dan MRI. Selain itu, penguasaan fisika juga memungkinkan pemahaman mendalam tentang interaksi energi dengan jaringan tubuh, yang penting untuk pengembangan teknik terapi seperti radioterapi.

Kajian ini bertujuan untuk menjelaskan bagaimana ilmu fisika diterapkan dalam berbagai aspek kedokteran, mulai dari diagnostik hingga terapi. Kajian ini juga akan menunjukkan relevansi fisika dalam meningkatkan kualitas

layanan kesehatan dan memberikan dasar teoritis yang kuat untuk penelitian medis lebih lanjut.

### ***Penerapan Ilmu Fisika dalam Kedokteran***

#### ***1. Teknologi Diagnostik Medis***

Salah satu penerapan utama fisika dalam kedokteran adalah teknologi diagnostik. Misalnya, sinar-X menggunakan prinsip radiasi elektromagnetik untuk menghasilkan gambar struktur internal tubuh. Konsep seperti absorpsi dan hamburan radiasi sangat penting dalam memahami bagaimana gambar dihasilkan dan diinterpretasikan.

MRI (Magnetic Resonance Imaging) adalah contoh lain yang menggunakan fisika elektromagnetik. Teknik ini bekerja berdasarkan resonansi magnetik inti atom hidrogen dalam tubuh, yang memberikan gambar resolusi tinggi tanpa menggunakan radiasi ion. Ultrasonografi memanfaatkan gelombang suara frekuensi tinggi untuk mendapatkan gambaran jaringan tubuh dengan cara yang aman dan tanpa rasa sakit.

Teknologi diagnostik berbasis fisika memberikan keuntungan signifikan, seperti deteksi dini penyakit dan pengurangan risiko diagnosis yang salah. Dengan memahami prinsip fisika yang mendasarinya, para dokter dapat lebih akurat dalam menganalisis kondisi pasien dan merancang rencana perawatan.

#### ***2. Terapi Medis Berbasis Fisika***

Radioterapi adalah salah satu terapi berbasis fisika yang paling terkenal. Prinsip fisika nuklir, seperti peluruhan radioaktif dan interaksi radiasi dengan materi, digunakan untuk menghancurkan sel kanker tanpa merusak jaringan sehat secara signifikan. Pengembangan alat seperti linear accelerator (LINAC) menunjukkan penerapan langsung dari konsep-konsep fisika ini.

Cryotherapy adalah terapi lain yang didasarkan pada termodinamika. Teknik ini melibatkan penggunaan suhu rendah untuk menghancurkan jaringan yang tidak diinginkan, seperti tumor atau sel kulit yang abnormal. Proses ini memanfaatkan perpindahan panas dari jaringan tubuh ke medium pendingin.

Laser dalam kedokteran adalah contoh penerapan fisika optik. Laser digunakan untuk berbagai prosedur, termasuk bedah mata, dermatologi, dan bahkan pengobatan kanker. Presisi tinggi yang ditawarkan oleh laser memungkinkan dokter melakukan operasi dengan dampak minimal pada jaringan sekitarnya.

#### ***3. Biomekanika dan Fisika Fluida***

Biomekanika adalah cabang fisika yang mempelajari gerak tubuh manusia dan gaya-gaya yang bekerja pada tubuh. Pengetahuan ini digunakan untuk merancang alat bantu seperti prostetik, orthotik, dan perangkat rehabilitasi. Analisis biomekanika juga membantu dalam memahami cedera dan mengembangkan teknik fisioterapi yang lebih efektif.

Fisika fluida sangat relevan dalam memahami sirkulasi darah dan pernapasan. Misalnya, hukum Bernoulli digunakan untuk menjelaskan aliran

darah dalam arteri, sementara hukum Poiseuille membantu memahami resistansi vaskular. Prinsip ini juga diterapkan dalam pengembangan alat medis seperti kateter dan mesin dialisis.

Penerapan biomekanika dan fisika fluida memberikan wawasan yang mendalam tentang fungsi tubuh manusia. Dengan menggabungkan pendekatan ini dengan teknologi modern, dokter dapat memberikan perawatan yang lebih personal dan efektif kepada pasien.

Fisika memainkan peran yang sangat penting dalam kedokteran, baik dalam diagnostik maupun terapi. Teknologi seperti X-ray, MRI, dan radioterapi membuktikan bagaimana konsep fisika dapat diterapkan untuk meningkatkan kesehatan manusia. Dengan pemahaman fisika yang mendalam, teknologi medis terus berkembang menjadi lebih presisi dan efektif.

Penerapan fisika tidak hanya terbatas pada alat medis, tetapi juga mencakup pemahaman proses biologis seperti aliran darah dan gerak tubuh. Hal ini memungkinkan pengembangan pendekatan yang lebih holistik dalam pengobatan dan rehabilitasi pasien. Selain itu, teknologi seperti laser dan cryotherapy menunjukkan bagaimana fisika dapat digunakan untuk prosedur yang minim invasif.

Di masa depan, sinergi antara fisika dan kedokteran diharapkan semakin meningkat. Dengan penelitian yang berkelanjutan, teknologi berbasis fisika dapat membantu mengatasi tantangan kesehatan global, memberikan solusi inovatif, dan meningkatkan kualitas hidup manusia secara keseluruhan.

## **METODOLOGI**

Artikel ini menggunakan pendekatan deskriptif dengan analisis literatur untuk mengeksplorasi penerapan berbagai teori fisika dalam teknologi medis. Sumber data diperoleh dari jurnal ilmiah, buku teks fisika medis, dan laporan penelitian terkini. Penelitian difokuskan pada tiga kategori utama penerapan fisika dalam medis: diagnostik, terapi, dan penelitian. Dalam metode pengumpulan data, berbagai referensi jurnal penelitian terdahulu dan buku-buku yang sesuai dengan topik pembahasan dicari dengan bantuan internet. Teknik pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan pendekatan berbasis perpustakaan, yakni melihat penelitian yang telah dilakukan sebelumnya atau studi literatur yang memuat teori relevan dan artikel penelitian yang relevan. Pada bagian konsep dan teori yang digunakan dievaluasi dari literatur yang tersedia, terutama berdasarkan artikel-artikel yang diterbitkan di berbagai macam jurnal ilmiah.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Fisika adalah ilmu pengetahuan yang banyak digunakan dalam banyak bidang, salah satunya kesehatan. Program studi fisika medis mempelajari penggunaan ilmu fisika dalam kesehatan. Program studi fisika medis adalah cabang ilmu fisika yang menggunakan prinsip, metode, dan filosofi fisika dalam praktik dan penelitian untuk mencegah, diagnosis, dan pengobatan penyakit dalam upaya untuk meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan masyarakat.

### 1. Pencitraan Medis

Pencitraan medis adalah salah satu kontribusi terbesar fisika dalam bidang medis. X-ray memanfaatkan radiasi elektromagnetik berfrekuensi tinggi untuk menembus jaringan lunak tubuh, menghasilkan gambaran struktur internal seperti tulang. Teknologi ini sangat penting dalam diagnosis patah tulang, deteksi kanker paru-paru, dan infeksi. Perkembangan lebih lanjut dari X-ray adalah CT Scan, yang memungkinkan visualisasi tiga dimensi tubuh untuk mendiagnosis penyakit kompleks.

MRI (*Magnetic Resonance Imaging*) menggunakan medan magnet kuat dan gelombang radio untuk menghasilkan gambar jaringan lunak, seperti otak, jantung, dan organ lainnya. Prinsip dasar MRI adalah resonansi magnetik inti (*nuclear magnetic resonance*), di mana proton dalam atom hidrogen tubuh bereaksi terhadap medan magnet, menghasilkan sinyal yang diolah menjadi gambar detail. MRI sangat efektif untuk mendeteksi tumor, cedera otak, atau kelainan neurologis.

### 2. Ultrasonografi (USG)

USG menggunakan gelombang suara ultrasonik dengan frekuensi tinggi untuk menciptakan gambar jaringan tubuh. Gelombang ini memantul pada batas antara jaringan berbeda dan diolah menjadi visualisasi waktu nyata. Penerapan utamanya adalah dalam kehamilan, untuk memonitor perkembangan janin tanpa risiko radiasi. Selain itu, USG digunakan untuk memeriksa organ internal seperti hati, ginjal, dan jantung. Doppler ultrasound adalah varian teknologi ini yang menganalisis aliran darah dalam pembuluh untuk mendeteksi penyumbatan atau kelainan aliran.

### 3. Radioterapi

Radioterapi memanfaatkan radiasi energi tinggi, seperti sinar-X atau proton, untuk menghancurkan sel kanker. Prinsip fisiknya adalah ionisasi, di mana radiasi merusak DNA sel kanker sehingga menghentikan proliferasi sel. Teknik modern seperti IMRT (*Intensity-Modulated Radiation Therapy*) dan proton therapy memungkinkan pengendalian dosis radiasi yang lebih presisi, meminimalkan kerusakan pada jaringan sehat di sekitarnya. Radioterapi kini menjadi salah satu metode utama dalam pengobatan kanker, khususnya untuk jenis kanker otak, prostat, dan payudara.

### 4. Mekanika Fluida

Prinsip mekanika fluida diterapkan dalam studi sistem kardiovaskular. Misalnya, pemahaman tentang tekanan darah dan kecepatan aliran darah sangat penting dalam diagnosis hipertensi dan penyakit jantung lainnya. Alat seperti Doppler ultrasound dan angiografi memanfaatkan mekanika fluida untuk mengamati aliran darah dan mendeteksi penyumbatan atau kebocoran pembuluh darah. Selain itu, mekanika fluida membantu dalam desain perangkat medis seperti katup jantung buatan dan pompa darah.

#### 5. Teknologi Laser dalam Medis

Laser adalah aplikasi fisika yang semakin luas digunakan dalam medis. Laser CO<sub>2</sub> digunakan dalam bedah non-invasif untuk memotong jaringan dengan akurasi tinggi, sedangkan laser excimer digunakan dalam operasi mata (LASIK). Laser juga dimanfaatkan dalam terapi kulit, seperti pengangkatan bekas luka atau perawatan penyakit dermatologis.

#### 6. Fisika dalam Pemantauan dan Diagnostik Modern

Penggunaan sensor dan perangkat berbasis fisika telah merevolusi pemantauan medis. Misalnya, oksimeter nadi menggunakan prinsip absorpsi cahaya untuk mengukur kadar oksigen darah. Elektrokardiogram (EKG) dan elektroensefalogram (EEG) memanfaatkan prinsip kelistrikan tubuh untuk memantau aktivitas jantung dan otak.

#### *Pengembangan Inovasi di Masa Depan*

Kemajuan fisika terus mendorong inovasi di bidang medis. Teknologi nanofisika sedang dikembangkan untuk memungkinkan pengobatan berbasis nanopartikel yang dapat menghantarkan obat langsung ke sel target. Selain itu, penelitian tentang fisika kuantum membuka potensi besar dalam pencitraan super-resolusi dan diagnosis penyakit pada tingkat molekuler. Integrasi kecerdasan buatan dengan teknologi fisika juga diharapkan mampu meningkatkan akurasi diagnosis dan mempercepat proses pengobatan.

Selama Revolusi Industri (RI), bioteknologi adalah dasar hampir semua proses bioterapi farmasi. Teknologi ini banyak digunakan untuk mengubah berbagai bahan biologis yang dapat digunakan sebagai pengobatan untuk berbagai penyakit, terutama yang mematikan. Beberapa teknologi bioteknologi kedokteran yang sangat inovatif saat ini digunakan dan akan terus berkembang di era RI:

1. Sistem pengulangan palindromik pendek (CRISPR) dan protein yang terkait dengan CRISPR (Cas) 9 secara teratur dikelompokkan. Selama bertahun-tahun, para peneliti biomedis telah berusaha untuk mengembangkan metode yang efisien dan dapat diandalkan untuk melakukan perubahan yang ditargetkan pada genom sel hidup. Sistem CRISPR/Cas9 telah digunakan untuk mengubah banyak gen target dalam berbagai jenis sel dan organisme, seperti manusia, bakteri, cacing *C. elegans*, ikan zebra, cacing tanaman, ragi, lalat *Drosophila*, monyet, kitten, dan organisme lain.
2. Pendekatan komputasi untuk penemuan obat baru. Selama lebih dari tiga puluh tahun, pencarian obat menggunakan alat komputasi *in silico* telah memainkan peran penting dalam pengembangan molekul kecil. Dengan cara ini, penemuan dan pengembangan obat baru sangat cepat dan hemat biaya. Komputasi penemuan obat telah diterapkan pada setiap tahap alur kerja penemuan dan pengembangan obat karena peningkatan besar dalam ketersediaan informasi molekul kecil dan makromolekul biologis. Di antaranya adalah tes praklinis, identifikasi dan validasi target obat, pencarian dan optimalisasi calon obat, dan

sebagainya. Metode komputasi untuk penemuan obat seperti docking molekuler, pemodelan dan pemetaan pharmafore, desain de novo, perhitungan kemiripan molekuler, dan penapisan virtual berbasis urutan protein telah berkembang pesat dalam sepuluh tahun terakhir.

3. Mikrobiota usus sebagai target terapi: Keterlibatan langsung mikrobiota usus dalam menjaga kesehatan manusia dan mencegah penyakit tertentu menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi antibiotik, probiotik, dan prebiotik untuk mengubah komposisi mikroba komensal dapat menjadi pendekatan terapi baru.
4. Biologi sistem dan kesehatan masa depan. Dari akhir abad ke-19, perspektif modern tentang penyakit manusia bergantung pada hubungan sederhana antara analisis patologis dan sindrom klinis. Biologi sistem adalah pendekatan baru yang mengaplikasikan model matematika dan komputasi pada sistem biologis yang kompleks. Dalam hal penelitian biologi ilmiah, metode rekayasa teknik digunakan. Oleh karena itu, biologi sistem adalah bidang pembelajaran yang mencakup berbagai disiplin ilmu yang berbasis pada biologi. Ini mempelajari bagaimana interaksi kompleks terjadi dalam sistem biologis dengan menggunakan pendekatan yang holistik (keseluruhan), bukannya reduksionisme yang biasanya digunakan.

## **KESIMPULAN DAN REKOMENDASI**

Penerapan fisika dalam bidang kesehatan memberikan kontribusi signifikan terhadap kemajuan teknologi medis modern. Teknologi seperti pencitraan X-ray, MRI, dan ultrasonografi (USG) memanfaatkan prinsip radiasi elektromagnetik, gelombang ultrasonik, dan mekanika fluida untuk mendukung diagnosis dan monitoring kesehatan dengan akurasi tinggi. Radioterapi berbasis radiasi energi tinggi juga menunjukkan efektivitas dalam pengobatan kanker.

Selain itu, integrasi bioteknologi revolusioner dengan pendekatan fisika, seperti CRISPR/Cas9 untuk manipulasi genetik, metode komputasi dalam pencarian obat baru, dan eksplorasi mikrobiota usus sebagai target terapi, membuka peluang baru untuk pengobatan berbasis personalisasi. Pendekatan biologi sistem menawarkan pandangan holistik terhadap penyakit manusia, memadukan analisis komputasi dengan prinsip fisika dan biologi.

Dengan sinergi antara fisika, bioteknologi, dan pendekatan komputasi, inovasi di bidang medis terus berkembang, memberikan dampak positif bagi kesehatan masyarakat dan menjanjikan solusi yang lebih efektif untuk penyakit di masa depan.

## **PENELITIAN LANJUTAN**

Penelitian ini mengembangkan metode baru untuk meningkatkan pemahaman, dengan hasil yang berpotensi membuka peluang inovasi dan aplikasi di masa depan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Bushberg, J. T., Seibert, J. A., Leidholdt, E. M., & Boone, J. M. (2011). *The Essential Physics of Medical Imaging*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Dari, U., Arivatussaqdiyah., Putri, R., Silvini, Y.(2024).Sosialisasi Pemanfaatan Fisika Radiasi dalam Bidang Kesehatan Kepada Siswa Kelas X di SMA Negeri 1 Lawe Sigala-gala.*Jurnal Pemberdayaan Masyarakat (JUPEMAS)*. Vol 2(1): 41-44.
- Duck, F. A. (2013). *Physical Properties of Tissues: A Comprehensive Reference Book*. Academic Press.
- Glass, M., & Alexander, J. (2020). Laser applications in medical fields. *Journal of Biomedical Optics*.
- Hall, E. J., & Giaccia, A. J. (2018). *Radiobiology for the Radiologist*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Marisda, D. H. Pengembangan Modul Fisika Kesehatan Materi Getaran, Gelombang, dan Bunyi melalui Model Pembelajaran Langsung di SMK Kesehatan Terpadu Mega Rezky Makassar. *Jurnal Pendidikan Fisika*. Vol 4(3).
- Moran, J. M., Benedict, S. H., & Scarantino, C. W. (2011). *Advances in radiotherapy: From 2D to 3D and beyond*. Frontiers in Oncology.
- Salsabillah, S., Sudarti & Supeno.(2018). Analisis Penguasaan Konsep-konsep Fisika Pokok Bahasan Gelombang Elektromagnetik pada Siswa Kelas XII SMA. *Seminar Nasional Pendidikan Fisika 2018 (pp 259)*. Universitas Jember.
- Syima, A. M. & Sudarti. (2021). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa Pendidikan Fisika Tentang Teknologi Pemanfaatan Sinar Ultraviolet Pada Bidang Kesehatan.*Silampari Jurnal Pendidikan Ilmu Fisika*. Vol 3 (2).

Tjandrawinata, R. R.(2016). Industri 4.0: revolusi industri abad ini dan pengaruhnya pada bidang kesehatan dan bioteknologi.  
<https://www.researchgate.net/publication/293695551>

Wolbarst, A. B., Hendee, W. R., & Herman, M. G. (2013). Advances in medical physics. *Reports of Progress in Physics*.