

**Kuliah Pengantar
Kepaniteraan Klinik Radiologi
Program Studi Profesi Dokter
Fak. Kedokteran Univ. Mulawarman**

“Terapan Fisika dalam bidang Kedokteran”

Abdul Mu'ti

Pendahuluan

Fisika dikatakan sebagai disiplin ilmu yang berevolusi. Banyak penemuan penting bidang fisika adalah hasil dari pengembangan teknik eksperimen baru. Teknik yang dikembangkan untuk mencairkan gas helium ternyata kemudian mengarah pada penemuan tak terduga tentang superkonduktivitas, superfluiditas dan seluruh bidang fisika temperatur rendah. Ide-ide dan teknik-teknik fisika juga terlibat dalam kemajuan disiplin ilmu lain seperti kimia, komputer dan elektronika, teknik, matematika dan statistika, kedokteran dan ilmu-ilmu lain. Penemuan radiasi elektromagnet dari mesin pemercepat elektron (siklotron) yang semula dirancang untuk mempelajari partikel elementer, saat ini telah digunakan untuk keperluan diagnostik kedokteran.

Dalam kemajuan bidang kedokteran, fisika memegang peran kunci. Ilmu kedokteran direvolusi oleh penemuan-penemuan dalam bidang fisika di masa lalu. Serangkaian penemuan dalam bidang fisika memiliki dampak yang menentukan pada ilmu kedokteran. Hari ini hampir semua alat diagnostik dan terapeutik memiliki akar dalam penelitian fisika. Terdapat dua terapan utama bidang kedokteran saat ini yang berasal dari penelitian fisika, yakni terapi radiasi dan pencitraan diagnostik. Mencakup teknik radiasi konformal dengan guiding presisi tinggi, dan pencitraan dengan modalitas CT, MRI, USG, dan SPECT/PET yang alat utama dalam skrining noninvasif, diagnosis, dan penilaian respon terapi kanker. Dalam terapi radiasi, diperlukan analisis terapi dengan bersumber pada set-data yang meliputi riwayat rujukan, fenotipe berbasis gambar, profil genomik, dan riwayat hasil terapi sebelumnya akan memerlukan ekstraksi dengan pemodelan komputasi. Dalam pencitraan (medical imaging) terdapat keperluan untuk teknologi pencitraan baru yang mampu mengukur proses fisik dan biologis, serta keperluan untuk mengeksplorasi mekanisme obat kontras baru.

Aplikasi Fisika dalam Ilmu Kedokteran

Keterkaitan ilmu fisika dalam bidang medis-klinis memiliki sejarah yang panjang. Prinsip-prinsip fisika digunakan dalam memahami fungsi tubuh, dengan pandangan bahwa tubuh bekerja sebagai hasil dari kombinasi fungsi molekul biologis. Memahami struktur molekul biologis yang kompleks menjadi kunci dalam pengembangan obat-obat baru. Sebagian besar obat bekerja dengan terikat pada protein spesifik dan memodifikasi kerja protein. Pencarian molekul yang dapat terikat secara selektif pada protein dan kemudian mengubah fungsinya sangat sulit jika dilakukan dengan teknik trial and error. Dengan teknik kristalografi sinar-x dimungkinkan penentuan struktur virus dan mengidentifikasi model

penetrasi virus ke dalam sel, yang membuka kemungkinan pengembangan molekul farmasi yang bersaing dengan virus tersebut dan mencegah penetrasi virus ke dalam sel, yang desain dan pengembangannya menjadi aspek utama penelitian fisika. Teknik kristalografi x-ray dikembangkan oleh WL Bragg dan WH Bragg yang kemudian memenangkan Hadiah Nobel dalam Fisika pada tahun 1915.

Pengetahuan mengenai jenis sel yang mengandung motor molekular dari protein yang membantu sel untuk beraktivitas-gerak. Yang paling dikenal adalah kontraksi otot dan sistem pompa jantung. Demikian pula mekanisme denyut jantung dan fungsi otak memerlukan jenis protein lain yang menghasilkan sinyal elektrik di dalam sel. Pengetahuan bagaimana protein menghasilkan sinyal elektrik memberi sumbangan dalam pengembangan obat untuk terapi kelainan denyut jantung dan pengobatan epilepsi. Demikian juga pemeriksaan menggunakan Elektrokardiogram (EKG) dan Electroencephalogram (EEG) telah dipakai sejak lama dalam diagnosis penyakit jantung dan neurologik.

Teknologi kedokteran berbasis ilmu fisika untuk keperluan diagnosis telah berkembang pesat dengan penemuan-penemuan revolusioner dalam bidang radiasi dan radioaktif, yang mengantarkan dunia kedokteran pada era baru diagnosis dan pengobatan medis berbasis radiasi. Pemberian label sel darah merah dengan isotop radioaktif chromium memungkinkan sel-sel ini untuk diukur dan metode ini dapat digunakan untuk menentukan apakah anemia terjadi sebagai hasil dari penurunan produksi atau peningkatan penghancuran sel darah merah. Pengujian menggunakan antibodi yang telah dilabel dengan isotop radioaktif memungkinkan antibodi ini mendeteksi jumlah hormon dan bahan kimia lainnya dengan mengikatnya yang konsentrasi sangat kecil dalam darah. Yalow menerima Hadiah Nobel pada tahun 1977 untuk pengembangan teknik radioimmunoassay ini.

Demikian pula perkembangan dalam teknologi pencitraan tubuh (medical imaging) secara khusus telah merevolusi praktik kedokteran. Radiasi elektromagnetik x-ray yang ditemukan oleh Wilhelm Conrad Roentgen, seorang profesor fisika Jerman, di labnya pada 8 November 1895 telah menjadi pencapaian medis yang luar biasa, dan memenangkan Nobel Fisika pertama di tahun 1901. Pemeriksaan menggunakan x-ray memungkinkan kita untuk melihat ke dalam tubuh secara noninvasif.

Dengan menembus jaringan tubuh, radiasi x-ray akan melewati jaringan dan dapat direkam dengan film radiografi atau detektor lainnya, menghasilkan gambar berdasarkan struktur kepadatan yang berbeda dari jaringan. Analisis gambar x-ray ini adalah alat diagnostik medis yang sangat berharga.

Pencitraan x-ray dengan computerized axial-tomography (CT-scan) telah dikembangkan sejak tahun 1970-an di Amerika Serikat dan Inggris, dan Cormak menerima Hadiah Nobel 1979 untuk karya ini. Teknik ini menggunakan komputer dalam merekonstruksi gambar organ yang diteliti dari berbagai sudut penampang dan memungkinkan jaringan dibedakan secara jelas, pengembangan yang sangat berarti dalam menganalisis informasi diagnostik dibanding yang didapatkan dengan pemeriksaan menggunakan x-ray konvensional. CT-scan saat ini telah digunakan di banyak rumah sakit di seluruh dunia sebagai metode standar untuk mengekstraksi informasi dari proyeksi gambar tiga-dimensi tubuh.

Teknik yang lebih baru dikembangkan adalah magnetic resonance imaging (MRI) dimana gelombang radio dipancarkan mengenai individu yang ditempatkan pada medan magnet kuat. Atom yang berbeda dalam tubuh menyerap gelombang radio pada frekuensi yang

berbeda di bawah pengaruh medan magnet. Cara penyerapan terjadi diukur dan dengan komputer diolah untuk membedakan gambar struktur internal. Pemeriksaan MRI memungkinkan para dokter untuk melihat ke dalam tubuh manusia se jelas mereka dapat melihat permukaan. Pengembangan MRI yang merupakan hasil dari penelitian bidang nuklir dan fisika energi tinggi merupakan kemajuan terbesar dalam diagnosis dan perannya dalam diagnosis kedokteran diharapkan menjadi revolusioner. Teknik pemindaian resolusi tinggi seperti Functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI) saat ini telah dikembangkan untuk memahami fungsi otak manusia. Isidor Isaac Rabi menerima Hadiah Nobel tahun 1944 dalam Fisika untuk penemuan magnetic-resonance pada inti atom, dan Sir Peter Mansfield bersama Paul Lauterbur meraih penghargaan Nobel tahun 2003 untuk pengembangan teknik planar yang dipergunakan dalam perangkat MRI saat ini.

Pemeriksaan PET (positron-emission tomography) juga dikembangkan dengan melibatkan emisi partikel antimateri oleh senyawa yang dikeluarkan oleh tubuh orang yang sedang dipindai. Dasarnya adalah partikel-partikel positron dinetralisasi oleh elektron, dan energi dilepaskan dalam bentuk radiasi karena materi dan antimateri memusnahkan satu sama lain. Detektor yang ditempatkan di sekitar tubuh akan mengambil energi yang dilepaskan dan menggunakannya untuk mengikuti gerakan senyawa yang disuntikkan dan metabolisme. Teknik radiologi yang relatif baru ini memberikan cara yang lebih aman untuk memeriksa struktur tubuh bagian dalam. Mereka juga menghasilkan gambar yang tepat dan bersih untuk dokter dan mengurangi margin of error dalam tindakan terapeutik. Teknik-teknik ini sensitif terhadap metabolisme otak lokal atau bahkan untuk konsentrasi lokal molekul biokimia psikoaktif kompleks yang dianggap mengatur fungsi otak dan beberapa bentuk kecanduan narkoba.

Penemuan isotop yang memancarkan radiasi radioaktif, juga digunakan dalam diagnosis, dan E. Fermi menerima penghargaan Nobel pada tahun 1938 untuk penemuan ini. Dalam pemeriksaan ini radioisotop dimasukkan ke dalam tubuh yang biasanya dengan injeksi intravena. Isotop kemudian diambil dalam jumlah yang berbeda oleh organ yang berbeda, dan distribusinya dapat ditentukan dengan merekam radiasi yang dipancarkannya. Adanya perubahan konsentrasi dipakai untuk mengenali keberadaan, ukuran dan bentuk berbagai kelainan pada organ tubuh. Misalnya isotop iodium I-131 yang mengendap di kelenjar tiroid dipakai untuk melihat kelainan fungsi tiroid. Isotop-isotop yang dipakai biasanya memiliki waktu paruh yang pendek dan meluruh sepenuhnya sebelum efek radioaktivitasnya dapat menyebabkan kerusakan pada tubuh pasien.

Penggunaan sumber radiasi dalam pengobatan atau penyembuhan penyakit pada prosedur radioterapi saat ini menjadi penggunaan yang paling penting dari fisika nuklir dalam kedokteran. Terapi radiasi menggunakan radiasi pengion yang menembus jaringan tubuh dan dapat bereaksi secara fisik dan kimia dengan sel-sel kanker untuk menghancurkannya. Radiasi pengion membombardir sel yang terpapar dan memecah ikatan molekul penting untuk pertumbuhan sel yang hasilnya akan membasmi pertumbuhan kanker. Untuk menghancurkan sel-sel kanker dengan kerusakan minimal pada jaringan sehat yang normal, radiasi dapat diberikan ke tubuh dengan menanamkan zat radioaktif ke dalam tumor atau dengan mengekspos tubuh ke sumber eksternal dari sinar energi tinggi yang menembus jaringan internal tubuh. Sumber-sumber radiasi adalah penghasil gamma yang dapat berupa radium, radon atau isotop radioaktif dari logam seperti cesium, kobalt, emas, iridium dan tantalum.

Terapi radiasi ini menjadi salah satu dari tiga pilihan untuk mengobati kanker, baik sendiri atau dalam kombinasi dengan operasi dan kemoterapi. H. Becquerel, M. Curie dan P. Curie menerima Hadiah Nobel dalam Fisika pada tahun 1903 untuk penemuan radioaktivitas ini, dan Anders Brahe dari Stockholm Swedia diakui sebagai orang yang menerbitkan makalah pertama yang menjelaskan teknik awal terapi radiasi.

Berbagai penemuan lain bidang fisika telah memberikan kontribusi besar dalam perkembangan dunia kedokteran. Teknik laser yang dikembangkan oleh T. Maiman pada tahun 1960 telah digunakan dalam praktik ophthalmology untuk diagnosis dan operasi retina dan kornea. Teknik laser juga digunakan untuk menghancurkan batu ginjal, dan dalam terapi tumor kulit serta tumor otak yang tidak dapat diakses dengan pembedahan manual.

Penemuan fiber-optik adalah revolusi lain dalam terapi. Endoskopi fiber-optik banyak dipakai sebagai instrumen diagnostik baru, yang memungkinkan pencitraan gambar video untuk melihat banyak permukaan lumen dalam tubuh seperti usus dan saluran kencing. Tren yang lebih baru adalah penggunaan perangkat endoskopi fiber-optik untuk keperluan operasi yang cukup dengan sayatan kecil. Banyak operasi appendektomi dan prosedur bedah lain termasuk bedah jantung yang saat ini dilakukan dilakukan dengan teknik minimal-invasif ini, yang memungkinkan risiko operasi berkurang jauh dan pasien dapat pulih lebih cepat.

Banyak bahan-bahan baru juga tersedia untuk mengganti komponen tubuh yang rusak atau hilang. Silikon digunakan dalam bedah rekonstruktif untuk menyangga jaringan lunak, demikian pula material plastik berwujud padat berperan dalam rekonstruksi yang lebih baik dari gigi yang rusak. Bahan-bahan ini tidak hanya kuat tetapi juga dapat terikat dengan baik ke permukaan gigi dan seperti gigi alami.

Pengembangan terapan fisika dalam bidang kedokteran di masa mendatang

Saat ini kita telah berada perkembangan baru teknologi kedokteran, dengan pengembangan teknik-teknik berbasis fisika di garis terdepannya. Dan hasil dari perkembangan ini selalu dengan ujung yang tidak dapat diprediksi, seperti pada awalnya dari penelitian dalam penelitian fisika dasar.

Pengembangan terapi berbasis gen telah dikembangkan terutama dengan selesainya proyek pemetaan human-genom. Informasi biokimia dan genetik pasien saatnya nanti menjadi item referensi yang harus ditambahkan dalam pencitraan multimodalitas.

Nanoteknologi telah diidentifikasi dengan harapan bahwa nanopartikel dapat dipakai sebagai agen kontras, menjadi perantara untuk pemberian obat, dan sebagai mikrosensor dalam perubahan pH, suhu, konsentrasi obat, dosis, kerusakan DNA dan kelangsungan hidup sel. Pengembangan nanokristal dari bahan semikonduktor dilapis dengan shell membentuk material quantum dots diteliti untuk memenuhi keperluan tersebut. Demikian juga metode microbubble-ultrasonik telah dikembangkan dalam pemberian obat lokal ke jaringan. Pemberian medan pulse-elektrik intensitas tinggi telah dikembangkan untuk diterapkan pada sel-sel kanker guna meningkatkan penyerapan obat-obatan sitotoksik. Juga kemungkinan internalisasi fotokimia untuk mengobati kanker, yang dengan menyinari daerah-daerah tertentu diharapkan dapat meningkatkan rilis obat secara internal

Dan yang berkembang jauh saat ini adalah pengembangan komputasi yang memungkinkan pemecahan masalah dan simulasi terapi yang lebih cepat. Bukan mimpi nantinya setiap orang akan membawa biosensornya sendiri, yang secara otomatis terhubung ke

perangkat diagnostik berbasis ruangan, bahkan untuk memanggil bantuan medis. Telemedicine diharapkan dapat mengatasi ketidaksetaraan dalam penyediaan layanan kesehatan secara geografis.

Perencanaan perawatan kanker harus dengan pendekatan yang bersifat individual dan didasarkan dari pengukuran radiosensitivitas, respon terhadap tes jaringan dan informasi citra fungsional gambar anatomi dan 3D pasien. Pada setiap rencana perawatan pasien nantinya, data yang disampaikan dan hasil terapi harus dimasukkan ke dalam database untuk membentuk dasar studi korelasi untuk menentukan apa yang benar-benar mempengaruhi hasil terapi yang diberikan

Sumber pustaka

1. Keevil, S.F., 2012; Physics and medicine: a historical perspective, The Lancet Series Physics and Medicine, Vol.379, Issue.9825, p1517-1524
2. Kusminarto; Fisika: Penerapannya dalam bidang medis, Naskah Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
3. Poudel, P.R., 2011; Physics in Medical Science, The Himalayan Physics Vol. II, *May 2011*, p.43-46,
4. Siewerdsen, Jeffrey, 2016; Future Directions in Medical Physics: Models, Technology, and Translation to Medicine, APS March Meeting 2016, abstract id. S12.003
5. Webb, S., 2009; The contribution, history, impact and future of physics in medicine, *Acta Oncologica*, 48:2, p169-177