



Audit Dosimetri untuk Peningkatan Mutu Layanan Radioterapi Eksterna

Supriyanto Ardjo Pawiro

**Pidato Pengukuhan Guru Besar Tetap
Bidang Ilmu Fisika Radioterapi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Indonesia**

Depok, 8 Januari 2025



Audit Dosimetri untuk Peningkatan Mutu Layanan Radioterapi Eksterna

Supriyanto Ardjo Pawiro

**Pidato Pengukuhan Guru Besar Tetap
Bidang Ilmu Fisika Radioterapi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Indonesia**

Depok, 8 Januari 2025

Teruntuk :

*Bapak Ardjo Pawiro & Ibu Sakinah
Eyang Narso Pawiro & Eyang Rasinem
Eyang Arsa Wigena & Eyang Sawiyem*



Bismillaahir-rahmaanir-rahiim

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yang saya hormati:

- Menteri Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi Republik Indonesia
- Bapak Rektor dan para Wakil Rektor Universitas Indonesia;
- Ketua, Sekretaris, dan Anggota Senat Akademik Universitas Indonesia;
- Ketua, Sekretaris, dan Anggota Wali Amanat Universitas Indonesia;
- Ketua, Sekretaris, dan Anggota Dewan Guru Besar Universitas Indonesia;
- Para Dekan dan Direktur Sekolah di Lingkungan Universitas Indonesia;
- Dekan, para Wakil Dekan, dan seluruh jajaran pimpinan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia;
- Ketua, Sekretaris, dan Anggota Dewan Guru Besar Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia;
- Ketua, Sekretaris, dan Anggota Senat Akademik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia;
- Kolega Dosen dan para tenaga kependidikan, khususnya di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia;
- Para Guru Besar Tamu, sahabat, kerabat dan seluruh tamu undangan, yang tidak bisa kami sebutkan satu per satu.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, perkenankan kami mengucapkan puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas rahmat dan karuniaNya yang mengantarkan kita berkumpul di sini dalam keadaan sehat dan bahagia.

Perkenankan saya menghaturkan terima kasih setinggi-tingginya kepada Pemerintah Republik Indonesia yang dalam hal ini diwakili oleh Bapak Menteri Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi Republik Indonesia yang telah memberikan kepercayaan kepada saya untuk memangku jabatan Guru Besar Bidang Ilmu Fisika Radioterapi (*Radiotherapy Physics*).

Terima kasih kami sampaikan pula kepada Bapak Rektor Universitas Indonesia atas kesempatan yang diberikan pada saya untuk menyampaikan pidato pengukuhan Guru Besar ini, yang berjudul: **Audit Dosimetri untuk Peningkatan Mutu Layanan Radioterapi Eksterna.**

Audit Dosimetri untuk Peningkatan Mutu Layanan Radioterapi Eksterna

(Hadirin yang terhormat)

Pendahuluan

1. Kanker dan Layanan Terapi Kanker di Indonesia

Kanker adalah penyakit yang terjadi akibat pertumbuhan sel abnormal tak terkendali dan bisa menyebar ke area sekitarnya. Kanker merupakan salah satu penyakit tidak menular yang menimbulkan beban kesehatan dan ekonomi yang besar. Data dari *Global Cancer Observatory* (Globocan) menunjukkan bahwa pada tahun 2022, Indonesia mengalami lebih dari 408.661 kasus kanker baru dengan 242.099 kematian, terutama disebabkan oleh kanker payudara, leher rahim, paru-paru, dan kolorektal. Tanpa adanya intervensi, jumlah kasus kanker di Indonesia diperkirakan akan meningkat sebesar 63% antara tahun 2025 hingga 2040. Oleh karena itu, pemerintah menyusun Rencana Kanker Nasional 2024-2034 untuk mengatasi tantangan ini melalui transformasi sistem kesehatan yang terdiri atas:

1. Transformasi Layanan Primer: Memperkuat layanan puskesmas dengan program edukasi, pencegahan, dan deteksi dini kanker di tingkat layanan primer;
2. Transformasi Layanan Rujukan: Meningkatkan kapasitas rumah sakit sesuai strata, dengan target bahwa semua rumah sakit utama dan madya mampu memberikan layanan kanker komprehensif;
3. Transformasi Ketahanan Kesehatan: Mendorong kemandirian industri farmasi dalam negeri, mengurangi ketergantungan pada obat impor, serta memperluas akses obat-obatan kanker di Formularium Nasional;
4. Transformasi Pembiayaan: Meningkatkan alokasi anggaran kesehatan

untuk kanker, memperluas cakupan pembiayaan BPJS Kesehatan, serta menggunakan *Health Technology Assessment* (HTA) untuk memastikan efisiensi biaya kesehatan;

5. Transformasi Teknologi Kesehatan: Mengintegrasikan sistem informasi kesehatan, memanfaatkan teknologi seperti telemedisin, dan memperkuat registrasi kanker nasional).^[1]

Secara umum, pengobatan kanker dapat dilakukan dengan cara pembedahan, kemoterapi, dan radioterapi. Dalam praktiknya bisa terjadi kombinasi ketiganya. Berdasarkan Baskar dkk, layanan radioterapi berkontribusi dalam penanganan kanker sebanyak 50% dan berkontribusi untuk terapi kanker kuratif, yang bertujuan penyembuhan kanker, sebanyak 40%.^[2] Untuk teknik radioterapi, pelayanan kanker ini memanfaatkan radiasi nuklir pengion yang dapat dimanfaatkan sebagai pembunuh sel kanker. Akan tetapi, selain memiliki aspek manfaat radiasi nuklir juga memiliki risiko. Oleh karena itu, pemanfaatan radiasi nuklir untuk terapi kanker harus dilakukan dengan perencanaan dan ketelitian yang tinggi.

Dalam rangka menjamin keberhasilan proyek pembangunan fasilitas radioterapi sesuai standar internasional, Kementerian Kesehatan telah menandatangani perjanjian kerjasama dengan Direktur Jenderal International Atomic Energy Agency (IAEA). Indonesia mendapatkan bantuan teknis dari IAEA terkait perluasan fasilitas radiasi medik di Indonesia yang mencakup asistensi pengembangan infrastruktur fasilitas radiasi dan kapasitas sumber daya manusia. Asistensi ini dituangkan dalam proyek nasional IAEA dengan nomor INS6022.



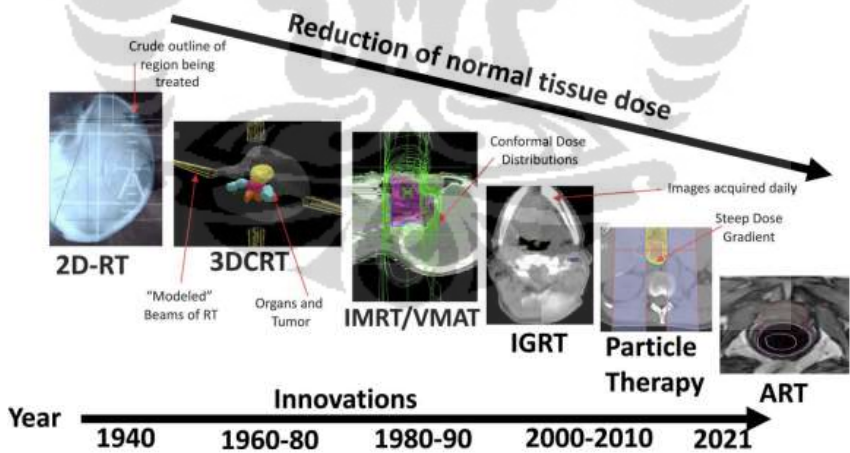
Gambar 1. Distribusi Fasilitas Radioterapi di Indonesia^[3]

Berdasarkan data Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) pada November 2024 yang terlihat pada Gambar 1, terdapat 73 fasilitas radioterapi di 20 Provinsi. Ketimpangan pelayanan radioterapi masih terjadi di wilayah timur Indonesia. Berdasarkan rekomendasi World Health Organization (WHO) yang merekomendasikan satu mesin *linear accelerator* (linac) untuk menangani 1 juta penduduk maka Indonesia masih di bawah standar rekomendasi tersebut. Oleh karena itu, target minimal dari pemerintah adalah menyediakan fasilitas pusat onkologi di 34 provinsi termasuk fasilitas radioterapi dan kedokteran nuklir di tahun 2027.^[1]

2. Radioterapi Eksterna dan Program Jaminan Mutu

Selain aspek manfaat, teknik radioterapi juga memiliki risiko yang tinggi sehingga perlu inovasi untuk melindungi jaringan normal sekeliling volume target. Dalam perkembangannya, teknologi radioterapi mengikuti perkembangan teknologi pencitraan dan teknologi informasi. Gambar 2 mengilustrasikan perkembangan inovasi teknologi radioterapi yang

semakin canggih dan mampu meminimalisir dosis pada jaringan normal di sekitar volume target kanker.^[4] Teknologi radioterapi berkembang dari teknik konvensional pada tahun 1940 kemudian berkembang menjadi teknik 3D Conformal Radiotherapy (3DCRT) setelah berkembangnya teknologi *Computed Tomography* (CT) Scan, *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) dan *Positron Emission Tomography* (PET). Setelah itu, muncul teknologi *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) dan *Volumetric Modulated Arc Therapy* (VMAT). Kemudian, integrasi citra pemandu (*Image Guided Radiation Therapy*, IGRT) pada perangkat teknologi radioterapi menjadikan teknologi radioterapi semakin canggih sehingga dapat membantu meminimalkan risiko radiasi pada jaringan normal. Lebih lanjut, modalitas partikel terapi dan teknologi *Adaptive Radiotherapy* (ART) adalah kemajuan teknologi radioterapi yang menjadikan pelayanan radioterapi semakin presisi.



Gambar 2. Perkembangan teknologi radioterapi^[4]

Sebelum pelayanan radioterapi melakukan operasional untuk layanan pasien, sebuah instalasi akan melalui proses perencanaan pembangunan infrastruktur radioterapi yang terdiri atas perisai radioterapi untuk

fasilitas utama pesawat radioterapi serta peralatan pendukung. Setelah fasilitas gedung selesai dibangun, proses instalasi perangkat mesin linac atau mesin teleterapi Cobalt-60 dapat dilakukan. Setelah proses instalasi selesai, pemeriksaan spesifikasi alat yang telah terpasang dapat dilakukan oleh Fisikawan Medik Spesialis Radioterapi melalui program tes keberterimaan peralatan. Setelah itu, program komisioning dilakukan untuk pengambilan data parameter fisika yang akan dimasukkan ke dalam perangkat *treatment planning system* (TPS) sebagai data masukkan sehingga dapat dilakukan rekonstruksi distribusi dosis radioterapi pasien. Pengambilan data parameter fisis ini dilakukan oleh Fisikawan Medik Spesialis Radioterapi didampingi oleh staf vendor penyedia peralatan.

Parameter fisika yang diambil pada kegiatan komisioning adalah pengukuran dosis referensi, *Percentage Depth Dose* (PDD), *Tissue Maximum Ratio* (TMR), profil dosis, faktor keluaran radiasi, faktor *wedge*, faktor *tray* dan data lain yang mendukung. Untuk pengambilan data dosis referensi harus mengikuti protokol dosimetri yang pada umumnya mengikuti IAEA *Technical Report Series 398* untuk berkas foton dan elektron. Toleransi yang diizinkan untuk dosis referensi ini adalah maksimum 2% terhadap nilai acuan 1 centiGray (cGy)/Monitor Unit (MU) atau nilai acuan laju dosis untuk pesawat teleterapi.^[5]

Untuk parameter dosis relatif seperti PDD, TMR, Profil dosis, faktor keluaran berkas, faktor *wedge*, faktor *tray* tidak ada toleransi yang ditetapkan, akan tetapi harus dijaga ketidakpastian pengukurannya kecil. Pada saat komisioning juga harus dilakukan program jaminan kualitas dosimeter yang digunakan seperti faktor kalibrasi alat ukur, penyimpanan dan konsistensi pembacaan alat ukur yang digunakan.

Moran dan Ritter^[5] memberikan rekomendasi terkait ketidakpastian pengukuran pada kegiatan komisioning radioterapi yaitu:

1. Faktor keluaran direkomendasikan memiliki toleransi 0,5 – 1%
2. Posisi *Jaw* pesawat linac memiliki toleransi sebesar 1 mm
3. Ketidakpastian pengukuran wedge adalah 2%
4. Posisi *Multileaf Collimator* (MLC) statik dan dinamik memiliki ketidakpastian di bawah 1 mm

Setelah proses komisioning data dan perangkat TPS selesai, proses pelayanan radioterapi dapat diuji cobakan untuk mengecek perencanaan terapi yang akan dilakukan.

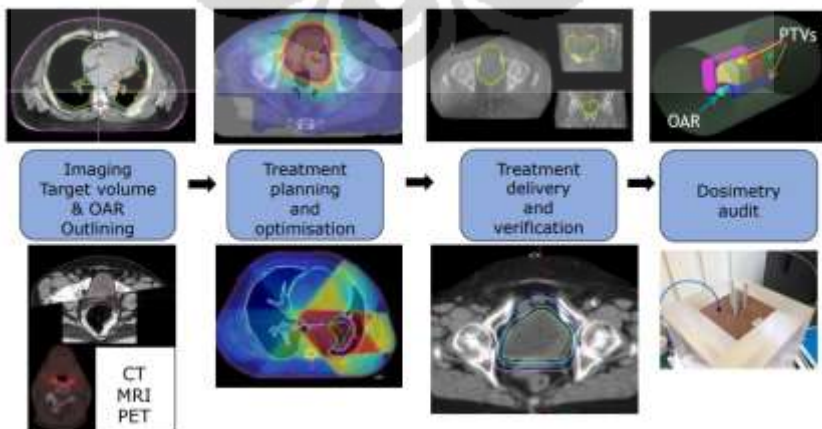
Pengujian perhitungan TPS dilakukan menggunakan fantom dengan mengikuti proses radioterapi, yaitu pemindaian fantom (pada umumnya menggunakan fantom thoraks) kemudian mentransfer citra fantom ke TPS, dan kemudian melakukan perhitungan variasi geometri mengikuti dokumen TRS 430 IAEA.^[6] Pengujian akan membuktikan kehandalan dari algoritma TPS yang digunakan untuk menghitung simulasi terapi radiasi sederhana sampai kompleks. Toleransi pengukuran telah dituangkan dalam dokumen tersebut. Beberapa studi yang dilakukan internasional maupun kelompok riset kami terlihat bahwa beberapa algoritma TPS memiliki kendala untuk mensimulasikan dosis pada kondisi inhomogenitas dan lapangan blok.^[6-7]

Untuk uji coba pra-operasional, perencanaan radioterapi dilakukan oleh multi profesi. Proses pemeriksaan dan pengambilan citra pasien di perangkat simulator dapat dilakukan Dokter Spesialis Onkologi Radiasi dengan bantuan Radiografer Radioterapi (Radioterapis). Setelah citra didapatkan dan ditransfer ke perangkat simulasi TPS, volume target dapat didefinisikan oleh dokter dengan menggambar konturing target yang dapat memanfaatkan perangkat *artificial intelligence* (AI). Setelah

target didefinisikan sesuai rekomendasi *International Commission on Radiation Units and Measurements* (ICRU) nomor 62 dan protokol tindakan pelayanan radioterapi yang ditetapkan oleh komunitas nasional atau internasional. Lebih lanjut, Fisikawan Medik Spesialis Radioterapi dapat melakukan simulasi rekonstruksi dosis semaksimal mungkin pada volume target dan seminimal mungkin di *organ at risk* (OAR).

Dokter Spesialis Onkologi Radiasi dan Fisikawan Medik akan melakukan diskusi serta optimasi terhadap perencanaan dosis yang telah dilakukan. Setelah disetujui kedua belah pihak, tindakan penyinaran dilakukan oleh radioterapis.

Sebelum tindakan penyinaran terdapat proses jaminan mutu yaitu melakukan verifikasi dosis perencanaan dan penyinaran (audit dosimetri internal) dengan melakukan pengukuran dosis menggunakan fantom, melakukan kalkulasi dosis independen dengan software lainnya, atau merekonstruksi dosis dari *log file* data tindakan penyinaran yang sudah dilakukan.[8-9] Proses ini dikenal sebagai *Patient Specific Quality Assurance* (PSQA) yang merupakan proses jaminan mutu untuk menjadikan tindakan radioterapi minim kesalahan. Rangkaian proses pelayanan radioterapi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi proses layanan radioterapi

3. Kendali Mutu Internal dan Eksternal

Untuk menjamin bahwa pemberian dosis radiasi ke pasien radioterapi akurat maka seluruh peralatan utama dan penunjang pada layanan radioterapi harus dalam kondisi prima. Kondisi ini dicapai dengan membuat program kendali mutu seluruh peralatan yang direncanakan, dilaksanakan, dan dievaluasi pelaksanaannya. Kendali mutu internal peralatan utama meliputi kontrol kualitas mekanik dan geometri, kontrol kualitas radiasi keluaran mesin atau dosimetri, kontrol kualitas proteksi radiasi, dan kontrol kualitas peralatan pendukung.

Kendali mutu internal ini direncanakan dan dilakukan oleh Fisikawan Medik Spesialis Radioterapi sesuai kategorisasi harian, bulanan atau tahunan dapat mengikuti rekomendasi American Association of Physicists in Medicine (AAPM) Task Group (TG)-142.^[10]

Dalam praktiknya pengukuran kontrol kualitas radiasi dari keluaran linac atau perangkat teleterapi menggunakan protocol kalibrasi keluaran linac menggunakan TRS IAEA 398 versi 2024.^[11] Protokol ini menjamin bahwa kalibrasi keluaran radiasi peralatan linac pada kondisi standar pada kedalaman referensi (z_{ref}) dan luas lapangan referensi memiliki laju keluaran dosis 1 cGy/ MU, sedangkan untuk perangkat teleterapi keluaran radiasi yang terukur dicocokkan dengan laju keluaran yang dikeluarkan oleh pabrikan dengan toleransi 2%.^[11-12]

Dalam rangka kontribusi untuk pengembangan protokol dosimetri, kelompok riset kami telah melakukan penelitian terhadap implementasi modifikasi protocol kalibrasi pada berkas elektron. Secara umum, pengukuran keluaran berkas elektron perangkat linac untuk energi rendah di bawah 10 MeV direkomendasikan menggunakan kamar ionisasi plan paralel, sedangkan untuk energi yang lebih tinggi dapat menggunakan detektor silinder. Protokol modifikasi yang sedang kelompok riset kami

ikut kembangkan mendukung proposal modifikasi oleh Muir dkk^[13-16] dan mendapatkan hasil bahwa pengukuran berkas elektron pada energi rendah dapat menggunakan detektor silinder dengan modifikasi faktor konversi k_{ecal} .^[17-19] Implementasi modifikasi protokol ini telah diuji coba pada multicenter di dalam dan luar negeri untuk melihat konsistensi pada multicenter dan multi perangkat linear accelerator yang dilakukan pengujian.

Modifikasi protokol ini telah digunakan secara praktis di Amerika dengan memodifikasi protokol TG-51 dan telah diimplementasikan untuk kalibrasi keluaran berkas elektron.^[16]

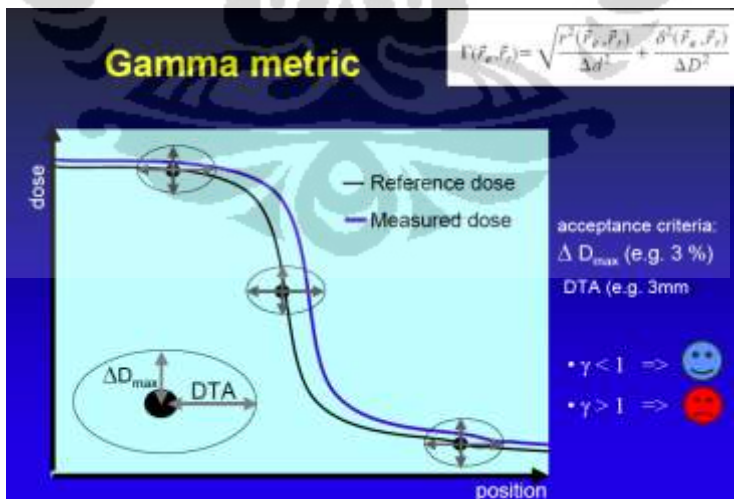
Kendali mutu internal dapat dilakukan dengan verifikasi dosis internal yang dilakukan oleh Fisikawan Medik. Kendali mutu ini untuk memvalidasi perencanaan terapi yang telah dilakukan. Kelompok riset kami telah melakukan banyak studi di berbagai modalitas radioterapi. Secara prinsip verifikasi dosis dapat dilakukan dengan teknik verifikasi dosis titik, verifikasi dosis planar dan verifikasi dosis volume.

Verifikasi dosis titik dapat dilakukan dengan melakukan pengukuran dosis pada fantom yang dapat dilakukan dengan kamar ionisasi, dosimeter film gafchromic dan *thermolumnesence dosimeter* (TLD). Secara umum untuk verifikasi dosis titik yang paling mudah digunakan adalah dengan menggunakan film atau TLD. Hasil pengukuran dibandingkan dengan perhitungan dosis pada TPS. Dari hasil penelitian, verifikasi dosis titik pada teknik IMRT dan VMAT mempunyai titik lemah karena fluens yang tidak seragam pada pengukuran dosis titik sehingga mempunyai ketidakpastian pengukuran lebih besar.^[20-22]

Untuk mengevaluasi dosis radiasi planar terhadap distribusi planar, terdapat metrik evaluasi distribusi dosis, yang dikenal sebagai indeks gamma. Indeks gamma ini dihitung berdasarkan kalkulasi dua parameter

yaitu *Distance to Agreement (DTA)* dan *dose difference (DD)*. Indeks gamma dihitung dengan membandingkan hasil pengukuran DTA dan DD terhadap kriteria yang dipilih.^[8-9] *Gamma Passing Rate* (laju kelolosan) pengujian pada perbandingan distribusi dosis planar pengukuran dan TPS pada kriteria 3% / 3mm adalah 90%. Pemilihan kriteria yang lebih ketat akan membuat kelolosan cenderung lebih rendah walaupun akan meningkatkan keakurasian dosis menjadi meningkat.^[22] Ilustrasi perhitungan indeks gamma dapat dilihat pada Gambar 4.

Beberapa tahun terakhir, beberapa proposal diajukan untuk memverifikasi dosis simulasi TPS dengan rekonstruksi dosis yang berdasarkan *file log* yang tersimpan pada saat tindakan penyinaran pasien dilakukan. Metode ini sangat prospektif karena rekonstruksi dosisnya berdasarkan penyinaran aktual yang diberikan ke pasien. Rekonstruksi dosisnya dibandingkan dengan simulasi dosis dengan mengukur metrik indeks gamma.^[9]



Gambar 4 Ilustrasi mekanisme perhitungan indeks gamma^[8-9]

4. QUATRO dan Audit Dosimetri

Selain kendali mutu internal, *Quality Audit Therapeutic Radiation Oncology* (QUATRO) telah dikenalkan oleh IAEA.^[23] QUATRO adalah manajemen audit yang secara komprehensif baik secara klinis dan aspek fisika dari pihak eksternal. Berbagai kegiatan peningkatan kapasitas secara nasional dan regional telah dilakukan, untuk mendukung bahwa keakurasian pelayanan radioterapi meningkat mutunya.

Tabel 1. Kategoriasi audit dosimetri^[24]

Level Dosimetri	Kondisi Pengukuran ACDS	Tipe detector	Jenis Kunjungan	Sistem Pengecekan
Level IA	Keluaran sinar Standar	TLD atau OSL	<i>Remote</i>	Setiap modalitas
Level IB	Keluaran Berkas Standar	<i>Ionization Chamber</i>	<i>Onsite</i>	Setiap modalitas
Level II	Distribusi Dosis di Fantom	<i>Array Detector</i>	<i>Onsite</i>	Sistem Perencanaan Radioterapi
Level III	Pengukuran di Fantom Anthomorphic		<i>Onsite</i>	Rangkaian Proses Radioterapi

ACDS = Australian Clinical Dosimetry Services, OSL = Optically Stimulated Luminescent

Untuk aspek fisika, QUATRO melihat seluruh rangkaian aspek dosimetri pada pelayanan radioterapi. Di sisi lain, audit dosimetri dapat dilakukan untuk melihat secara komprehensif perencanaan radioterapi yang telah dilakukan oleh sebuah institusi dari aspek fisiknya.

Clark dkk mendefinisikan audit dosimetri dikategorikan berdasarkan kategorisasinya seperti tertuang pada Tabel 1. Audit dosimetri terbagi atas 3 tingkatan yaitu level I untuk untuk dosimetri titik, level II untuk dosimetri planar dan level III untuk *end to end test* dengan *anthomorphic phantom*.^[24]

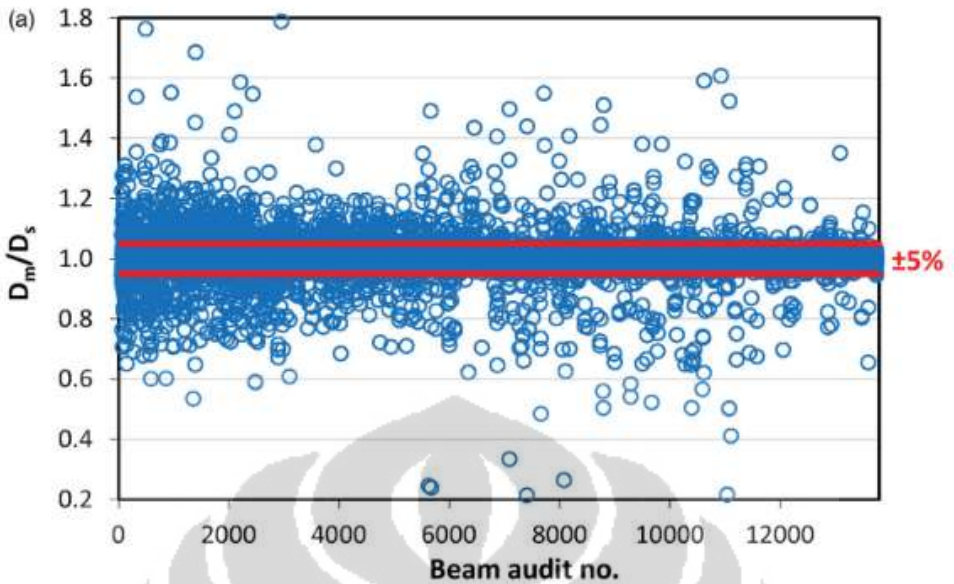
(Hadirin yang terhormat)

5. Perkembangan Audit Dosimetri

IAEA dan WHO mengenalkan program *postal dosimetry* pada tahun 1969 menggunakan detektor TLD. Pada pelaksanaannya IAEA akan mengirimkan detektor TLD dalam bentuk kapsul via pos beserta fantom yang dipakai untuk pengukurannya. Detektor diletakkan dan diradiasi pada kondisi referensi sesuai yang dituliskan pada panduan IAEA. Setelah diradiasi, detektor dikirimkan kembali ke Laboratorium Dosimetri IAEA untuk dilakukan pembacaan dan analisis. Jika terjadi bacaan yang sangat ekstrim perbedaannya, akan diminta melakukan iradiasi ulang. Audit ini bersifat sukarela yang partisipasinya melalui kontak pemerintah melalui *National Representative* IAEA di negara masing-masing. Hasil evaluasi kegiatan remote audit ini selama 47 tahun terlihat pada Gambar 5.^[25]

Radiological Physics Centre (RPC), MD Anderson, Houston yang sekarang dikenal sebagai Imaging and Radiation Oncology Core (IROC) telah memulai program audit dosimetri di Amerika Serikat pada tahun 1969, kemudian mereka menggunakan TLD untuk foton pada tahun 1977 dan untuk berkas elektron pada tahun 1982. Audit ini bersifat sukarela dengan partisipasi naik dari 22 institusi pada 1968 menjadi 2.214 pada akhir 2018 baik di Amerika Serikat sendiri atau negara lain yang berpartisipasi.^[25-26]

Untuk Eropa, ESTRO *Quality Assurance Network for radiotherapy* (EQUAL), didirikan pada tahun 1998 dan mulai tumbuh jaringan auditnya pada awal 1990. Lebih lanjut, interkomparasi dosimetri berkas foton di Inggris dimulai pada 1980 dan menjadi dasar pengembangan audit dosimetri nasional. Pada tahun 1995, National Physics Laboratory (NPL) mulai melaksanakan audit di Inggris. Sekarang, 50% negara Eropa Barat mengikuti audit dosimetri ini.^[25]



Gambar 5. Hasil remote audit yang dilakukan oleh IAEA dari 1969 – 2018

[25]

Di sisi lain, Australia melalui program Australian Clinical Dosimetry Services (ACDS) telah memulai kegiatan audit pada 2010 dan melakukan uji coba pada kurun waktu 2011-2014. Perbandingan metode audit yang dilakukan oleh IROC dan ACDS terlihat pada Tabel 2.^[26]

Pengalaman Indonesia

Sejak tahun 1970an, Indonesia telah melakukan prosedur pengukuran keluaran radiasi mesin radioterapi dari pihak luar rumah sakit yang dalam hal ini dikerjakan oleh Badan Tenaga Nuklir Nasional. Pengukuran ini dilakukan karena infrastruktur rumah sakit dalam melakukan pengukuran keluaran perangkat teleterapi dan juga sumber daya Fisikawan Medik belum memadai.^[27]

Tabel 2. Perbandingan metode audit dosimetri IROC versus ACDS [26]

Pengujian Audit	IROC			ACDS		
Faktor keluaran radiasi	$6 \times 6 \text{ cm}^2$ $15 \times 15 \text{ cm}^2$ $20 \times 20 \text{ cm}^2$ $30 \times 30 \text{ cm}^2$			$3 \times 3 \text{ cm}^2$ $20 \times 20 \text{ cm}^2$		
Faktor keluaran radiasi lapangan kecil	$6 \times 6 \text{ cm}^2$ $4 \times 4 \text{ cm}^2$ $3 \times 3 \text{ cm}^2$ $2 \times 2 \text{ cm}^2$			$3 \times 3 \text{ cm}^2$ $2 \times 2 \text{ cm}^2$ $1 \times 1 \text{ cm}^2$		
PDD	$6 \times 6 \text{ cm}^2$ 5 cm 10 cm 15 cm 20 cm	$10 \times 10 \text{ cm}^2$ d_{\max} 5 cm 10 cm 15 cm 20 cm	$20 \times 20 \text{ cm}^2$ 5 cm 10 cm 15 cm 20 cm	$12 \times 12 \text{ cm}^2$ 8 cm 15 cm	$12 \times 12 \text{ cm}^2$ EDW 8 cm 15 cm	$12 \times 12 \text{ cm}^2$ Lung 8 cm 15 cm
Faktor Wedge	$60^\circ \text{ EDW } 10 \times 10$ $45^\circ \text{ EDW } 10 \times 10$ $45^\circ \text{ EDW } 15 \times 15$ $60^\circ \text{ PHYSICAL } 10 \times 10$ $45^\circ \text{ PHYSICAL } 10 \times 10$			$60^\circ \text{ EDW } 10 \times 6$ $30^\circ \text{ EDW } 12 \times 12$		
Faktor off-axis	5 cm kiri 10 cm kanan/kiri 10 cm depan/belakang 15 cm kiri			Seluruh arah (menggunakan detektor 2D)		
Berkas lapangan tidak simetri	N/A			Asimetri 10×6		
Densitas paru-paru	N/A			$12 \times 12 \text{ cm}^2$ $60^\circ \text{ EDW } 10 \times 6$ $30^\circ \text{ EDW } 12 \times 12$		
PDD elektron	50% dosis kedalaman 80% dosis kedalaman			N/A		

Beberapa studi pendahuluan audit dosimetri yang dikerjakan oleh kelompok riset kami menunjukkan bahwa keluaran keluaran radiasi yang diukur pada kondisi standar (audit dosimetri level I) dengan metode IAEA dengan detektor TLD sangat mudah dilakukan untuk memantau kualitas peralatan radioterapi.^[28] Studi pendahuluan untuk audit dosimetri level II juga sudah dilakukan dengan menggunakan detector matriXX berdasarkan

AAPM Task Group (TG) nomor 119. Metode ini cukup membutuhkan persiapan yang banyak dan juga membutuhkan training yang cukup bagi auditor dan auditee. [29]

Audit mutu layanan radioterapi melalui skema QUATRO juga telah dilakukan secara sukarela di Indonesia yang digawangi oleh Perhimpunan Onkologi Radiasi Indonesia (PORI). Tim terdiri dari Dokter Spesialis Onkologi Radiasi, Fisikawan Medik Spesialis Radioterapi, dan Radioterapis. Tim ini akan memotret secara keseluruhan aspek radioterapi. Untuk aspek fisika, audit dosimetri dapat dilakukan dengan menggunakan skema audit level III.

(Hadirin yang terhormat)

Rencana ke Depan

Sejak terbentuknya Badan Pengawas Tenaga Nuklir pada 1999, pemerintah melalui BAPETEN telah mengatur bahwa fasilitas radioterapi wajib melakukan pengukuran output oleh Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) dan sekaligus sebagai *Secondary Standard Dosimetry Laboratory* (SSDL). Namun ini menjadi temuan audit IAEA karena ini diluar tugas SSDL.

Berkaitan dengan restrukturisasi BATAN dalam wadah Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dan SSDL beralih ke Badan Standardisasi Nasional (BSN), maka waktu yang tepat untuk mengubah formulasi audit dosimetri pada layanan radioterapi. Pengukuran keluaran radiasi dan audit dosimetri internal peralatan radioterapi menjadi tugas fungsional Fisikawan Medik pada instalasi radioterapi bersangkutan. Di sisi lain, pengukuran keluaran radiasi yang dilakukan oleh pihak eksternal rumah sakit yang selama ini dilakukan menjadi mekanisme audit external dosimetri level IB yang dilakukan pengukuran secara langsung dengan kondisi standar mengikuti

protokol IAEA TRS 398.

Jika memungkinkan organisasi profesi Aliansi Fisikawan Medik Indonesia (AFISMI) dapat menginisiasi *remote audit* dosimetri level IA dengan metode IAEA pada kondisi standar peralatan radioterapi sehingga dapat memantau kualitas dan akurasi perangkat radioterapi yang digunakan untuk pelayanan masyarakat secara berkala. Selain itu, AFISMI dapat berperan untuk membuat sistem laporan jaminan kualitas termasuk pengukuran keluaran peralatan radioterapi, sehingga para anggota yang bekerja di fasilitas radioterapi dapat melaporkan kinerja keprofesionalitasnya.

Pemerintah melalui BAPETEN juga perlu mengamandemen peraturan turunan dengan mendefinisikan ulang tentang pengukuran keluaran radiasi mesin radioterapi adalah menjadi tugas fungsi Fisikawan Medik yang mengukur secara berkala setiap bulan dan audit eksternal dilakukan oleh pihak luar rumah sakit.

Semoga dengan saling sinergi dari seluruh elemen Pemerintah, Rumah sakit dan Laboratorium Dosimetri menjadikan layanan mutu radioterapi terjaga dan meningkat. Selain itu, akurasi dan presisi pelayanan radioterapi terjaga untuk pelayanan prima radioterapi untuk masyarakat Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Hadirin yang Saya Hormati,

Pada akhir pidato ini izinkan saya sekali lagi mengucapkan puji syukur atas berkat dan karunia Allah SWT yang berlimpah. Perkenankan saya mengucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah mendukung saya dalam melaksanakan Tri dharma Perguruan Tinggi selama menjadi staf pengajar FMIPA Universitas Indonesia sehingga dapat dikukuhkan menjadi Guru Besar Universitas Indonesia pada bidang ilmu Fisika Radioterapi.

Saya sampaikan pula ucapan terima kasih kepada Pemerintah RI khususnya Menteri Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi Republik Indonesia, Prof. Dr. Satryo Soemantri Brodjonegoro dan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia, Bapak Nadiem Anwar Makarim, BA., MBA. yang telah menetapkan dan mengangkat saya sebagai Guru Besar di FMIPA Universitas Indonesia.

Ucapan terima kasih yang tulus kami sampaikan kepada Rektor Universitas Indonesia Prof. Dr. Ir. Heri Hermansyah, M.Eng, IPU yang telah mengukuhkan saya pada hari ini dan Prof. Ari Kuncoro, S.E., MA, Ph.D. beserta para Wakil Rektor Universitas Indonesia periode 2019 - 2024 yang telah banyak memberikan bantuan, melancarkan dan menyetujui pengusulan saya sebagai Guru Besar di lingkungan Universitas Indonesia.

Kepada Dewan Guru Besar Universitas Indonesia yang dipimpin oleh Prof. Harkristuti Harkrisnowo, S.H., M.A., Ph.D., beserta seluruh anggota Dewan Guru Besar; Ketua Tim Integritas/PAK UI yang diketuai oleh Prof. Dr. Ganjar Kiswanto dan anggota yang telah menyetujui

pengusulan Guru Besar, saya sampaikan terima kasih.

Terima kasih mendalam kepada Ketua Senat Akademik UI, Prof. Dr. dr. Budi Wiweko, Sp. OG (K) dan seluruh anggota Senat Akademik Universitas Indonesia atas dukungannya selama ini kepada saya untuk dapat diusulkan menjadi Guru Besar.

Terima kasih kepada Menteri Kesehatan Republik Indonesia, Ketua Konsil Kesehatan Indonesia, Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir, Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional (ORTN BRIN) dan Kepala Badan Standadisasi Nasional/Komite Akreditasi Nasional terutama yang telah mendukung dan bersinergi untuk mengembangkan keprofesian Fisikawan Medik di Indonesia.

Kepada seluruh anggota Dewan Guru Besar FMIPA Universitas Indonesia yang dipimpin oleh Prof. Dr. Sumi Hudiyono, sekretaris Prof. Dr. Jarnuzi Gunlazuardi, Prof. Dr. Muhammad Dimiyati selaku ketua tim penilai usulan jabatan akademik fakultas beserta para anggota penilai, saya ucapkan terima kasih setinggi-tingginya karena telah mendukung pengusulan saya menjadi Guru Besar FMIPA Universitas Indonesia.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Ketua Senat Akademik FMIPA Universitas Indonesia, Prof. Dr. Wellyzar Syamsurizal, beserta seluruh anggota Senat Akademik FMIPA Universitas Indonesia atas dukungan dan bantuannya.

Terima kasih saya sampaikan kepada Bapak Dekan Prof. Dede Djuhana, Ph.D. beserta jajarannya, yang telah membantu proses pengajuan Guru Besar saya. Terima kasih kepada Dekan FMIPA sebelumnya Prof. Dr.rer.nat Abdul Haris dan Pj Dekan FMIPA UI Dr. Rokhmatuloh yang telah memberikan kesempatan untuk belajar manajemen bidang keuangan dan sumber daya manusia sehingga dapat

berkontribusi mengembangkan SDM FMIPA UI pada periode 2014 – 2018.

Saya mengucapkan terima kasih juga kepada Direktur Sumber Daya Manusia Universitas Indonesia, Prof. Dr.-Ing Amalia Suzianti, ST, MSc beserta segenap staf Direktorat SDM UI, dan Tim SDM FMIPA UI atas bantuannya dan dukungannya dalam menyiapkan berkas pengurusan kenaikan jabatan akademik Guru Besar saya.

Saya menghaturkan terima kasih yang tak terhingga untuk Prof. Dr. Terry Mart dan Prof. Dr. Anto Sulaksono atas kesediaan dan keluangan waktu sebagai reviewer sejawat dan memberikan penilaian hasil-hasil riset yang kami tekuni.

Terima kasih khusus saya haturkan kepada Prof. Dr. Djarwani Soeharso Soejoko yang tanpa lelah membimbing kami untuk terus meningkatkan kualitas pendidikan dan riset bidang Fisika Medis dan memberikan estafet kerja sama di tataran internasional dan nasional. Ibu Djar yang telah tanpa henti mendorong saya untuk segera mengajukan kenaikan ke jabatan akademik Guru Besar. Terima kasih juga kepada Dr.sc.hum Dwi Seno K. Sihono, Kristina Wigati, M.Si, Dr. Lukmanda Evan Lubis, Dr. Akbar Azzi, Dr.sc.hum Deni Hardiansyah, Dr. Syahril Siregar, Siti Julia, M.Si, Intan Apriliani, M.Si atas kebersamaan di tim Fisika Medis dan Biofisika untuk mengelola urusan akademik dan non akademik.

Saya pun mengucapkan terima kasih kepada Ketua Departemen Fisika FMIPA UI, Dr. Djati Handoko, beserta para dosen dan tenaga kependidikan, yang telah bekerjasama untuk pengembangan atmosfer akademik di Departemen Fisika FMIPA UI dan khususnya bidang ilmu Fisika Medis dan Biofisika.

Ungkapan terima kasih yang mendalam kami aturkan juga untuk Pembimbing penelitian S1 saya, Prof. Dr. Muhammad Nur, DEA, Pembimbing S2 saya Prof. Dr. Djarwani Soeharso Soejoko dan Prof. Dr. Kin Yin Cheung dari Hongkong. *Vielen Dank* untuk Pembimbing S3 saya Prof. Dr. Wolfgang Birkfellner dan Prof. Dr. Dietmar Georg.

Terima kasih kepada Prof. Dr. dr. R Susworo, Sp.Rad (K) Onk, Prof. Dr. dr. Soehartati Gondhowiardjo, Sp.Rad (K) Onk dan dr. Gregorius Ben Prajogi, S. Rad. Onk (K) yang telah menjadi guru dan kolaborator dalam pengembangan fisika radioterapi di Indonesia.

Terima kasih juga saya ucapkan untuk seluruh guru-guru saya di SD Negeri 05 Glempang Pasir, SMP Negeri 01 Adipala, dan SMA Negeri 01 Kroya di Cilacap, Departemen Fisika FSM Universitas Diponegoro, Departemen Fisika FMIPA Universitas Indonesia dan Center for Medical Physics and Biomedical Engineering Medical University of Vienna, dengan bimbingan beliau- beliaulah saya menjadi sekarang ini.

Terima kasih saya ucapkan kepada seluruh mahasiswa bimbingan dari jenjang sarjana sampai doktoral yang telah bekerjasama untuk mengimplementasikan tema besar penelitian fisika radioterapi, khususnya Dr. Akbar Azzi yang telah menjadi sukarelawan menjadi mahasiswa doktor pertama yang saya bimbing bersama Prof. Terry Mart dan Prof Dietmar Georg.

Terima kasih khusus kepada Didin Tardi, M.Si, Wahyu Edy Wibowo, M.Si dan Adi Teguh Purnomo, M.Sc, ketiga anak bimbingan dan juga sebagai kolega yang telah banyak memberikan kritik membangun inisiasi program pendidikan profesi dan spesialis sehingga kualitas dan lulusan program tetap memiliki mutu yang baik.

Terima kasih kepada Tim DPP dan DPW AFISMI periode 2015 – 2024 dan tim AIPFMI yang telah berjuang bersama untuk pengembangan pendidikan akademik dan Profesi Fisikawan Medik di Indonesia.

Terima kasih kepada IAEA yang telah banyak mendukung pengembangan pendidikan akademik dan profesi di Indonesia dan telah menggelontorkan banyak dana untuk peralatan dan pengembangan sumber daya di Universitas Indonesia.

Terima kasih kepada Direktur Utama, Kepala Instalasi dan Fisikawan Medik Radioterapi di RSUPN Dr. Cipto Mangunkusumo, RSUP Persahabatan, MRCCC Siloam Semanggi, RSUD Pasar Minggu, RSUP Fatmawati, RS Siloam TB Simatupang, RS Kanker Dharmais, RSUP Hasan Sadikin, RS Tzu Chi, RS Mayapada Jakarta Selatan yang telah memeberikan akses peralatan dan mendukung penelitian yang kami lakukan serta dukungan terhadap program residensi Fisikawan Medik Spesialis Radioterapi.

Terima kasih kepada tim Center Medical Physics and Biophysics CMPB UI yang telah berkolaborasi dalam penyelenggaraan kegiatan pengabdian masyarakat dan ventura.

Terima kasih kepada teman seperjuangan Fisika Undip 97, SMA Kroya 94, SMP Adipala 91 atas kebersamaannya dalam proses pembelajaran bersama untuk belajar banyak hal terkait akademik dan non akademik.

Terima kasih kepada keluarga Bapak Soeyoto yang telah banyak membantu sewaktu berkenalan dengan Jakarta pertama kali pada saat penelitian jenjang sarjana di RSCM.

Terima kasih kepada Duta Besar Indonesia Vienna Dr. I Gusti Agung Wesaka Puja, staf KBRI, Keluarga Paguyuban Karawitan Jawa KBRI Wina periode 2008 – 2012 dan Bapak Tajan Tamiharja dari Cilacap atas dukungan dan pertolongannya selama menempuh studi S3 di Medical University of Vienna.

Terima kasih kepada tenaga kependidikan bidang umum FMIPA UI yang telah kebersamai belajar bersama dalam pelayanan bidang keuangan dan pengembangan sumber daya manusia khususnya kepada tim SDM FMIPA UI khususnya kepada Bapak Fakhur Rizki dan Bapak Caya Mikail yang telah membantu juga dalam pengurusan proses kenaikan jabatan akademik ini.

Pada kesempatan yang baik ini, perkenankan saya mengucapkan terima kasih atas kasih sayang dan dukungan dari kedua orang tua saya, Bapak Ardjo Pawiro dan almarhumah Ibu Sakinah yang sudah tanpa lelah merawat dan membesarkan saya dengan perjuangan dan pengorbanan besar. Terima kasih telah mendorong ananda untuk meneruskan sekolah di pendidikan tinggi walaupun beliau tidak menamatkan pendidikan dasarnya.

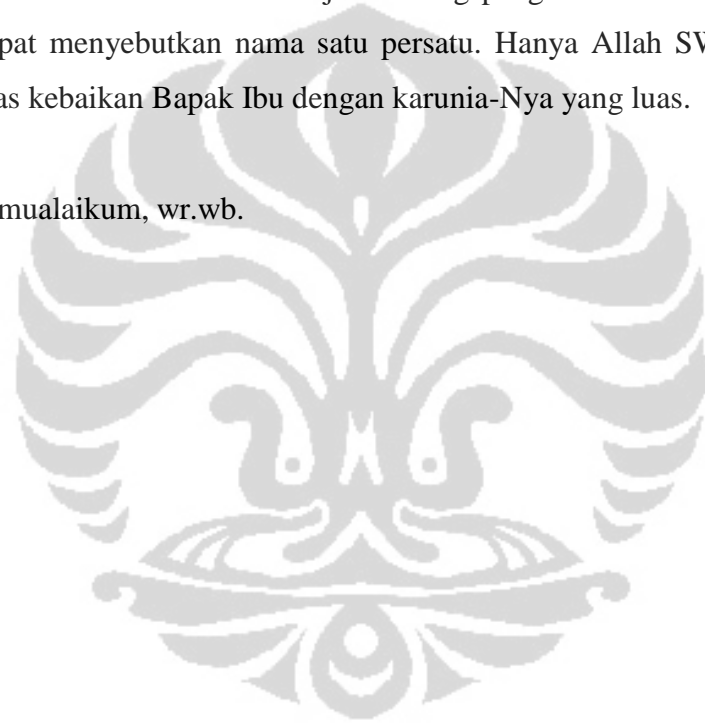
Ucapan terima kasih juga saya sampaikan pada istri saya tercinta Yuyun Harsal, atas cinta kasih, dukungan, dan kesabarannya; ketiga anak kami, Satrio Purnomo, Sabila Anindita dan Sakha Virendra Pawiro atas keceriaan, pertanyaan, diskusi, kritik dan kesabarannya dengan Bapak.

Terima kasih kami haturkan kepada Bapak Mertua almarhum Hardiwan dan ibu Salamah yang telah banyak mendukung saya sampai pada pencapaian ini.

Terima kasih juga untuk adik saya, Tugianto yang telah mengorbankan diri untuk “mengalah“ tidak sekolah demi kangmasmu ini. Terima kasih kepada keluarga besar Eyang Narso Pawiro dan Eyang Arsa Wigena yang telah ikut membesarkan dan mendidik saya.

Hadirin yang terhormat, Terima kasih atas dukungan dan kehadirannya. Mohon doakan saya agar dimudahkan dalam kebaikan, dan amanah Guru Besar ini menjadi ladang pengabdian. Mohon maaf tidak dapat menyebutkan nama satu persatu. Hanya Allah SWT yang membalas kebaikan Bapak Ibu dengan karunia-Nya yang luas.

Wassalamualaikum, wr.wb.



DAFTAR RUJUKAN

1. <https://p2ptm.kemkes.go.id/informasi-p2ptm/strategi-komprensif-penanganan-kanker-di-indonesia-rencana-kanker-nasional-2024-2034>
 2. Rajamanickam Baskar Kuo Ann Lee 1, Richard Yeo , Kheng-Wei Yeoh. Cancer and radiation therapy: current advances and future directions. (2012) Int J Med Sci.;9(3):193–199
 3. Badan Pengawas Tenaga Nuklir. Data Fasilitas Radioterapi di Indonesia. Jakarta, 2024
 4. Rebecca L Siegel , Kimberly D Miller, Hannah E Fuchs, Ahmedin Jemal. Cancer statistics, (2022) CA Cancer J Clin;72(1):7-33. doi: 10.3322/caac.21708
 5. IAEA. HHS31: Accuracy Requirements and Uncertainties in Radiotherapy, Vienna , 2016
 6. IAEA. TRS IAEA 430: Commissioning and Quality Assurance of Computerized Planning Systems for Radiation Treatment of Cancer, Vienna, 2014
 7. Suwandi Suwandi, Wahyu E. Wibowo, SA Pawiro. Simulasi Audit Dosimetri Treatment Planning System Foton Sinar-X 6MV Multicenter Radioterapi. Vol. 5 (2016): Prosising Seminar Nasional Fisika (E-JOURNAL) SNF2016.
 8. Sayid Mubarak, Wahyu E. Wibowo., Supriyanto A. Pawiro. 2D dose reconstruction of IMRT patient-specific QA based on log file. (2020). Radiation Physics and Chemistry; 166, 108473. _
 9. Akbar Azzi, Gerd Heilemann, Dietmar Georg, Supriyanto Ardjo Pawiro, Terry Mart, Wolfgang Lechner. Impact of log file source and data frequency on accuracy of log file-based Patient Specific Quality Assurance. Zeitschrift fuer Medizinische Physik (Accepted 2023)
 10. Eric E. Klein, Joseph Hanley, John Bayouth, Fang-Fang Yin, William Simon, Sean Dresser, Christopher Serago, Francisco Aguirre, Lijun Ma, Bijan Arjomandy, Chihray Liu, Carlos Sandin, Todd Holmes. Task Group 142 report: Quality assurance of medical accelerators). (2009) Medical Physics 36 (9): 4197 - 4212.
 11. IAEA. TRS 398: Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy An International Code of Practice for Dosimetry Based on Standards of Absorbed Dose To Water, Vienna, 2024
 12. Peter R Almond, Peter J Biggs, B M Coursey, W F Hanson, M S Huq, R Nath, D W Rogers. AAPM's TG-51 protocol for clinical reference dosimetry of high-energy photon and electron beams. (1999) Med Phys. 26(9):1847-
- Audit dosimetri..., Supriyanto Ardjo Prawiro, FMIPA UI, 2025

70.

13. Bryan R. Muir, Malcolm R. McEwen. Technical Note: On the use of cylindrical ionization chambers for electron beam reference dosimetry. (2017) *Med Phys.*;44:6641-6646.
14. Bryan R. Muir, D.W.O Rogers. Monte Carlo calculations of electron beam quality conversion factors for several ion chamber types. (2014) *Med Phys.*;41:111701-117015.
15. Bryan R.Muir. A modified for electron beam reference dosimetry to improve the accuracy of linac output calibration. (2020) *Med Phys.*;47:2268-2276.
16. Bryan Muir, Stephen Davis, Sandeep Dhanesar, Yair Hillman, Viktor Iakovenko, Grace Gwe-Ya Kim, Victor Gabriel Leandro Alves, Yu Lei, Jessica Lowenstein, James Renaud, Arman Sarfehnia, Jeffrey Siebers, Laurent Tantôt. AAPM WGTG51 Report 385: Addendum to the AAPM's TG-51 protocol for clinical reference dosimetry of high-energy electron beams. (2024) *Medical Physics* 51 (9):5840–5857
17. Supriyanto A. Pawiro., Dwi A. Mahfirotin, Muhammad I. Assegab, Wahyu E. Wibowo, W. E. (2022). Modified electron beam output calibration based on IAEA Technical Report Series 398. (2022) *Journal of Applied Clinical Medical Physics*. 23(4), e13573
18. Cica Yulinar, Muhammad I. Assegab, Wahyu E. Wibowo, Supriyanto A. Pawiro, Modified calibration protocols in electron beam dosimetry: comparison with IAEA TRS-398 and AAPM TG-51. (2023) *Biomedical Physics and Engineering Express*, 9(5), 055008
19. Dwi A. Mahfirotin, Brian Ferliano, Andrian, D. Handika, Yosi S. Asril, Muhammad Fadli, Dea Ryangga, Nelly Nelly, Eddy Kurniawan, Wahyu E., Wibowo, Poonam Yadav, Supriyanto A. Pawiro. A multicenter study of modified electron beam output calibration. (2024) *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 25(1) : e14232
20. Mukhlisin M. dan Supriyanto A. Pawiro, Dosimetric impact of interplay effect in lung IMRT and VMAT treatment using in-house dynamic thorax phantom. *Journal of Physics: Conference Series*, Volume 694, 13th South-East Asian Congress of Medical Physics 2015 (SEACOMP) 10–12 December 2015, Yogyakarta, Indonesia
21. Aninda Fitriandini, Wahyu E. Wibowo, Supriyanto A. Pawiro. Comparison of dosimeter response: ionization chamber, TLD, and Gafchromic EBT2 film in 3D-CRT, IMRT, and SBRT techniques for lung cancer. *Journal of Physics: Conference Series*, Volume 694, 13th South-East Asian Congress of Medical Physics 2015 (SEACOMP) 10–12 December 2015, Yogyakarta,

Indonesia

22. ESTRO: Guidelines for the Verification of IMRT, ESTRO Booklet No. 9, Brussels, 2008
23. IAEA. Comprehensive Audits of Radiotherapy Practices: A Tool for Quality Improvement, Vienna, 2022
24. Catharine H Clark, Edwin GA Aird, Steve Bolton, Elizabeth A Miles, Andrew Nisbet, Julia AD Snaith, Russell AS Thomas, Karen Venables 3, David I Thwaites. Radiotherapy dosimetry audit: three decades of improving standards and accuracy in UK clinical practice and trials. (2015) Br J Radiol. 28;88(1055):20150251
25. Joanna Izewska, Tomislav Bokulic, Pavel Kazantsev, Paulina Wesolowska, Debbie van der Merwe. 50 Years of the IAEA/WHO postal dose audit programme for radiotherapy: what can we learn from 13756 results? (2020) ACTA ONCOLOGICA: 59 (5): 495–502
26. Jessica Lye, Stephen Kry, Maddison Shaw, Francis Gibbons, Stephanie Keehan, Joerg Lehmann, Tomas Kron, David Followill, Ivan Williams. A comparison of IROC and ACDS on-site audits of reference and non-reference dosimetry. (2019) Medical Physics 46(12): 5878 – 5887
27. Djarwani S. Soejoko, Supriyanto A. Pawiro, Lukmanda .E. Lubis, “Medical Physics in Indonesia: Current Status and Plans,” Volume 51, edited by D.A. Jaffray (Springer International Publishing, 2015), pp. 1601–1603
28. Nazaroh Nazaroh. Kajian Analisis Ketidakpastian TLD Postal IAEA/WHO Sebagai Standandar Program Audit Dosis.(2009) Jurnal Standardisasi 11(2), 73 – 79
29. Ida A.P.I. Gayatri, I. A., Andian D. Handika, A. D., Wahyu E. Wibowo, Aninda Fitriandini, Muhammad Fadli, Aloysius M.Y. Putranto, Dewa N.Y. Prasada, Annisa Okselia, Suharsono Suharsono, Supriyanto A. Pawiro, 2-Dimensional IMRT dose audit: An Indonesian multicenter study. (2022). *Applied Radiation and Isotopes*, 188

RIWAYAT HIDUP



A. DATA DIRI

Nama : Prof. Supriyanto Ardjo Pawiro, Ph.D.
Tempat, Tanggal Lahir : Cilacap, 27 April 1979
Agama : Islam
Jabatan Fungsional : Guru Besar
Pangkat /Golongan : Pembina Tk. I / IVb
Institusi : Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia
E-mail : supriyanto.p@sci.ui.ac.id
Scopus ID/ h-index/ sitasi : 35776824000/ 10 /381

B. KELUARGA

Orangtua : Ardjo Pawiro
Almh. Sakinah
Istri : Yuyun Harsal, SE
Mertua : Alm. Hardiwan
Salamah
Anak : 1. Satrio Purnomo
2. Sabila Anindita
3. Sakha Virendra Pawiro

C. RIWAYAT PENDIDIKAN

- 1985 - 1991 : Sekolah Dasar Negeri 05 Glempang Pasir, Adipala, Cilacap
- 1991 - 1994 : Sekolah Menengah Pertama Negeri 01 Adipala, Cilacap
- 1994 - 1997 : Sekolah Menengah Atas Negeri 01 Kroya, Cilacap
- 1997 - 2001 : Sarjana Fisika, FMIPA Universitas Diponegoro
- 2002 - 2005 : Magister Ilmu Fisika, FMIPA Universitas Indonesia
- 2008 - 2011 : Doctor of Philosophy in Medical Physics, Center for Medical Physics and Biomedical Engineering, Medical University of Vienna, Austria

D. RIWAYAT PEKERJAAN / JABATAN

- 2005 - 2008 : Tenaga Magang Fisikawan Medik di Instalasi Radioterapi, RSUP Persahabatan
- 2005 – 2008 : Asisten Dosen Departemen Fisika FMIPA UI
- 2008 - Sekarang : Staf pengajar di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia
- 2012 : Intern, Divison Human Health, Department of Nuclear Application, International Atomic Energy Agency
- 2012 – 2014 : Tenaga Ahli Uji Kesesuaian Badan Pengawas Tenaga Nuklir
- 2014 - 2017 : Manajer Umum FMIPA UI
- 2014 -Sekarang : Ketua Center for Medical Physics and Biophysics LST FMIPA UI
- 2017 – sekarang : Asesor Akreditasi Laboratorium Badan Standardisasi Nasional
- 2020 – Sekarang : Ketua Program Studi Magister Fisika Medis FMIPA UI
- 2024 - Sekarang : Anggota Tim *Health Technology Aessment* Kementerian Kesehatan RI

E. KEPENGURUSAN / KEANGGOTAAN DALAM ORGANISASI

- 2012 – Sekarang : Bendahara Aliansi Intitusi Pendidikan Fisika Medis Indonesia
- 2013 – Sekarang : Anggota Himpunan Fisikawan Indonesia / Physical Society of Indonesia
- 2013 - 2021 : General Secretary South East Asian Federation Organizations for Medical Physics (SEAFOMP)
- 2014 – 2017 : Education and Training Committee Asia Oceania Federation Organizations for Medical Physics (AFOMP)
- 2015 – 2024 : Ketua Umum Aliansi Fisikawan Medik Indonesia
- 2015 – Sekarang : Anggota American Association of Physicists in Medicine (AAPM)
- 2022 – Sekarang : Education and Training Committee International Organizations for Medical Physics (IOMP)
- 2024 – Sekarang : Dewan Pengawas Aliansi Fisikawan Medik Indonesia

F. TRAINING

- 2006 : IAEA Fellowship Department of Radiation Oncology, National Cancer Center of Singapore
- 2007 : ICTP College on Medical Physics, BRAC India
- 2008 : IAEA/ICTP School on Imaging in Advance Radiotherapy Techniques, Italy
- 2008 - 2011 : Internship Department of Radiation Oncology, Medical University of Vienna
- 2011 : Workshop on Treatment Planning on Proton Therapy, Wienerneustadt, Austria
- 2017 : Pelatihan Asesor Akreditasi Laboratorium BSN
- 2024 : IAEA Training Quality Audit Radiation Oncology

G. TANDA JASA / PENGHARGAAN

- 2017 : SEAFOMP Young Leader award
- 2022 : Makara Dharma Bhakti X tahun

H. HIBAH RISET (5 TAHUN TERAKHIR)			
Tahun	Skema Hibah	Judul	Dana
2019	PIT9	Perencanaan dan Evaluasi Perlakuan Teknik Lanjut Radioterapi	UI
2019	PITTA-A	Pengembangan Dosimetri 3D pada Perangkat Radioterapi	UI
2019	Kolaborasi Riset Internasional	Implementasi Positron Emission Tomography (PET)-based Treatment Planning pada Peptide receptor Radionuclide Therapy (PRRT) menggunakan PBPk Model	UI
2020	PUTI Saintekes	Optimasi Dosis Tiroid dan Esofagus pada Pasien Kanker Payudara dalam Perencanaan Radioterapi Lokoregional	UI
2020	PUTI Q2	Pengembangan Model Tiga Dimensi Untuk Verifikasi Dosis Sinar Foton Linac Tanpa Perata Berkas	UI
2020	PUTI Q2	Pengembangan Dosimetri In Vivo Berdasarkan Citra EPID dengan Menggunakan algoritma Rasio Korelasi dan Koreksi Machine Learning	UI
2020	PUTI Prosiding	Estimasi Keakurasian Dosimetri Eksternal untuk Peningkatan Kualitas Layanan Pasien Radioterapi	UI
2022	PUTI Pascasarjana	Evaluasi Dosis Kontaminasi Neutron pada LINAC Medis	UI
2022	PUTI Q1	Modifikasi Kalibrasi Keluaran Berkas Elektron Linear Accelerator Medis: Kajian Multi Institusi	UI
2023	PUTI Q2	Modifikasi Kalibrasi Keluaran Berkas Elektron Linear Accelerator Medis: Kajian Laju Dosis Tinggi Berkas Elektron	UI
2024	PUTI Q1	Evaluasi Karakteristik Dosimetri pada Implementasi High Dose Rate Electron untuk Teknik Total Skin Electron Therapy	UI

I. PENGABDIAN MASYARAKAT	
Tanggal	Kegiatan
2024 Sekarang	- Pelatihan CMPB UI : Pelatihan Dosimetri Radioterapi
2019 Sekarang	- Pelatihan CMPB UI : Pelatihan Penguji Berkualifikasi Pesawat Radiologi Diagnostik dan Intervensional
2019 Sekarang	- Pelatihan CMPB UI : Pelatihan Petugas Proteksi Radiasi Medik 1 dan Medik 2
2018	Peningkatan Mutu dan Kompetensi Fisikawan Medik bidang Radiologi Diagnostik dan Intervensional di Kalimantan

J.PENDANAAN INTERNASIONAL		
Tahun	Kegiatan	Pendanaan
2008- 2011	Strengthening the Knowledge and Capacity of Medical Physicists in Indonesia	IAEA
2013	School on Imaging Radiotherapy	ICTP
2014 – 2015	Improving Quality for Cancer Management through Improved Medical Physics Services	IAEA
2014	School on Image Processing in Medical Physics	ASEA UNINET
2018 - 2020	Upgrading the Secondary Standard Dosimetry Laboratory and Strengthening Medical Physics in University Hospitals	IAEA
2018	Imaging Physics Course	AAPM/ IOMP
2014 - 2017	Strengthening the Effectiveness and Extent of Medical Physics Education and Training (RCA)	IAEA
2018 – 2021	Enhancing Medical Physics Services in Developing Standards, Education and Training through Regional Cooperation (RCA)	IAEA
2018 - 2021	Strengthening Education and Clinical Training Programmes for Medical Physicists	IAEA
2020	Donasi Perangkat Treatment Planning System Monaco untuk Pembelajaran dan Riset	Elekta Medical System

2020	Donasi Perangkat Treatment Planning System Eclipse untuk Pembelajaran dan Riset	Varian Medical System
2022 - 2025	Improving the Quality and Safety of Radiation Medicine through Medical Physicist Education and Training (RCA)	IAEA
2023 – 2026	Entwicklung der Medizinischen Physik in Lehre und Forschung in Indonesia” (Development of Medical Physics Teaching and Research in Indonesia)	DAAD
2024	School on Advance Medical Imaging	IEEE
2024 - 2027	Improving the Quality and Safety of Diagnostic and Interventional Radiology Services to Benefit Health Care by Enhancing the Status, Knowledge and Skills of Medical Physicists (RCA)	IAEA
2024 – 2027	Expanding Radiation Medicine Facilities in Indonesia	IAEA

IAEA = International Atomic Energy Agency, ICTP= International Center for Theoretical Physics, AAPM= American Association of Physicists in Medicine, IEEE NPSS = Institute of Electrical and Electronics Engineers Nuclear Physics and Plasma Science Society, DAAD = Deutscher Akademischer Austauschdienst=German Academic Exchange Service, ASEAN UNINET= ASEAN – European Academic University Network, IOMP= International Organization for Medical Physics

K. NARASUMBER (5 TAHUN TERAKHIR)	
Tanggal	Kegiatan
5 Juli 2019	Narasumber Workshop on Medical Linac Operational and Maintenance in Indonesia, Depok: Experience in Building up Medical Physics in Indonesia
26 Maret 2019	Narasumber Interdisciplinary Approach of Applying Cutting-Edge Technologies at Frontier of Cancer Research, Osaka: Medical Physics Contributions in Cancer Management in Indonesia
2 Maret 2019	Narasumber AMDI USM 2019, Penang: Assesment of MLC Accuracy of Linear Accelerator
3 Maret 2019	Narasumber AMDI USM 2019, Penang: Challenges and Strategy in Harmonization and Enhancement Medical Physics Education and Training
9 November 2019	Narasumber IEEE NPSS Workshop on Applications of Radiation Instrumentation, Vietnam: Imaging and Dosimetry System in Radiotherapy

8 Desember 2020	Narasumber Revisi Perka 8 Bapeten : Proton Terapi - Aspek Sumber Daya dan Proteksi Radiasi
5 Maret 2021	Narasumber di BAPETEN : Tantangan dan Kompetensi Fisikawan Medik di Indonesia
26 April 2021	Narasumber IMPW Malaysia 2023 : Medical Physicists Registration: Experience from Indonesia
22 October 2021	Narasumber 19th SEACOMP, 13th Annual Congress of TMPS" and the "14th ASEAN College of Medical Physics, Thailand : SEAFOMP-Education and Clinical Training of MP in ASEAN region
22 October 2021	Narasumber 19th SEACOMP, 13th Annual Congress of TMPS" and the "14th ASEAN College of Medical Physics, Thailand : SEAFOMP - Accreditation of MP education and training
23 October 2021	Narasumber 19th SEACOMP, 13th Annual Congress of TMPS" and the "14th ASEAN College of Medical Physics, Thailand : Audit dosimetry in radiotherapy
29 November 2021	AMDI Workshop on IMRT : IMRT and Pre-treatment Verification
29 Mei 2022	Narasumber Penyusunan Kurikulum S1 Fisika Universitas Matana
23 Juli 2022	Narasumber Talkshow I4 - Pengembangan Sumber Daya Fisika Medis pada Layanan Radioterapi di Indonesia
14 November 2022	Narasumber Rancangan Peraturan Perundang Undangan Bidang Fasilitas Radiasi dan Zar Radioaktif
24 November 2022	Narasumber pada Rapat Koordinasi Nasional Radioterapi di Yogyakarta
4 Mei 2023	Narasumber pada Rapat koordinasi IAEA-Kemenkes
10 Agustus 2023	Narasumber pada PIT FMB/SEACOMP 2023
16 November 2023	Narasumber Narasumber pada Rapat Koordinasi Radioterapi 2023 di Jakarta
29 Februari 2024	Narasumber TMPS Conference 2024: Dosimetry Audit in Radiotherapy
29 Februari 2024	Narasumber TMPS Conference 2024: Modified Electron Beam Dosimetry

25 April 2024	Narasumber Bangladesh Society of Medical Physics Webinar 2024: Recognition and Development of Medical Physics in Indonesia
10 Agustus 2024	Narasumber PITFMB2024 : Dosimetry Audit in Radiotherapy
10 Oktober 2024	Narasumber AOCMP/ SEACOMP 2024, Penang : Modiefied Electron Beam Dosimetry
16 November 2024	Narasumber IDMP 2024, Indonesia : Opportunities for Research and Development Aimed Enhancing Patient Safety
11 Desember 2024	Narasumber Kurikulum S2 Fisika di Universitas Jenederal Soedirman, Purwokerto
11 Januari 2025	Narasumber AFOMP Webinar: Recognition and Development Medical Physics in Indonesia
23 – 25 Januari 2025	Narasumber SEACOMP 2025, Chiang Rai, Thailand: Dose Verification in Organ Motion Radiotherapy

L. PESERTA / PEMAKALAH (5 TAHUN TERAKHIR)	
Tanggal	Kegiatan
3 Juni 2018	World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2018, Prague: Overseeing the Growth of Medical Physics: Indonesia Case



M. REVIEWER JOURNAL INTERNASIONAL (3 TAHUN TERAKHIR)

Tahun	Jurnal
2022	<ul style="list-style-type: none"> ○ Elsevier: Radiation Physics and Chemistry ○ Elsevier: Applied Radiation and Isotopes ○ Elsevier : Physica Medica
2023	<ul style="list-style-type: none"> ○ AIP: Journal Applied Clinical Medical Physics ○ Elsevier: Physica Medica ○ Elsevier: Applied Radiation and Isotopes ○ Iranian Journal of Medical Physics
2024	<ul style="list-style-type: none"> ○ Elsevier: Radiation Physics and Chemistry ○ Elsevier: Applied Radiation and Isotopes ○ IoP: Biomedical Physics and Engineering Express ○ Elsevier: Applied Radiation and Isotopes

N. DAFTAR MAHASISWA BIMBINGAN (5 TAHUN TERAKHIR)

Sedang Berlangsung

Nama	Judul
Program Sarjana Fisika	
Program Magister Fisika Medis / Magister Ilmu Fisika	
Zulfa Hasna Fadhilah	Analisis Electron Backscatter Factor (EBF) Perisai Internal Timbal dan Bolus Internal Pada Perawatan Berkas Elektron Klinis
Desmalia Putri Ardiyanti	Verifikasi dosis Organ at risk pada simulasi tindakan brakhiterapi Intracavitary
Vincentius Ananta Deva	Evaluasi Dosimetri Radiasi Inhomogenitas Material Densitas Tinggi Pada Substitusi Tulang
Irna Jelita Estri Satiti	Kontaminasi Neutron pada Radioterapi Stereotaktik
Mochamad Robby Fairuzzihab Qodarul	Verifikasi Dosis Berbasis Dynalog untuk IMRT dan VMAT Menggunakan PRIMO Monte Carlo

Iqbal Auliarachman	Otimalisasi Margin Volume Target Non-Small Cell Lung Cancer (NSCLC) Pada Stereotactic Body Radiation Therapy (SBRT) dengan MLC Tracking
Christian Imanuel Ango	Komparasi Koreksi Artifak Respon Lateral Pada Film EBT3 dan EBT4 Menggunakan Metode Image Stitching
Program Dokter Spesialis Onkologi Radiasi	
Gerson Andrew Warnares	Formulasi Bolus Lunak Slime dan Silikon dari Bahan-Bahan Sederhana dan Perbandingan Sifat Fisika Dengan Bolus Konvensional dan Bolus Silikon Komersial yang digunakan di Instalasi Pelayanan Terpadu Onkologi Radiasi
Program Doktor Ilmu Fisika	
Nur Rahmah Hidayati	Pengembangan Metode Translasi Dosis Serap Radiasi Radiofarmaka Menggunakan Seleksi Model dari Hewan Uji ke Manusia
Indra Budiansyah	Non-linear mixed-effect (NLME) modelling in two-cycle prostate cancer therapy and physiologically based pharmacokinetics (PBPK) model to enhance the individualized dosimetry
Andeka Susanto	Implementasi Metode Hybrid Image Fusion pada Multienergy X-ray Computed Tomography untuk meningkatkan Kualitas Citra Tomografi pada Sampel Multi-material
Wahyu Wibowo	Development of Verification and Validation of Total Skin Electron Therapy Irradiation
Eko Juarlin	Pengembangan Modifikasi Metode Kalibrasi Keluaran Berkas Elektron Linear Accelerator Medik

Lulus

Tahun	Nama	Judul
Program Sarjana Fisika		
2019	Muhammad Mahdi Ramadhan	Validasi Dosimetri In-Vivo Epid 2 Dimensi Menggunakan Algoritma Rasio Korelasi
2019	Raden Adhyasa Pradigta C.P.	Evaluasi Gamma Indeks Berdasarkan Frenomena Tread Effect pada Pesawat Tomoterapi
2019	Bayu Bagaskara	Pengaruh Kontur Kepala Secara Manual dan Citra CT terhadap Distribusi Dosis Pada Tindakan Gamma Knife Stereotaktik Radiosurgery
2020	Iqbal Auliarachman	Rekonstruksi Dosis Berkas Foton Flattening Filter : Free (FFF) Linac 6 MV dengan Metode Konvolusi Fluens
2020	Ade Abdul Wahab	Studi Perencanaan Radioterapi untuk Target Tumor Paru Menggunakan Teknik Optimasi Robust pada Fantom Toraks Dinamik In-House
2020	Nikita Ciamaudi	Simulasi Monte Carlo Pengukuran Profile Neutron pada Linear Accelerator Varian iX Keluaran Berkas Foton Berenergi 15 MV Menggunakan MCNPX Versi 2.6.0
2020	Novia Rahmaheni Putri	Verifikasi Dosimetri In Vivo 2 Dimensi Pada Electronic Portal Imaging Device (EPID) Dengan Metode Monte Carlo
2020	Vika Vernanda	Evaluasi Dosis Perencanaan Radioterapi Berkas Proton Menggunakan Teknik Intensity-Modulated Proton Therapy (IMPT) Pada Fantom In-House Thorax Dynamic
2021	Anak Agung Mas Raditya Respati	Studi Dosimetri Pada Fetus Untuk Penyinaran Berkas Foton 6 MV Dengan Simulasi Monte Carlo
2021	Didin	Perbandingan Dosimetri Radioterapi Pada Berkas Proton dan Foton Menggunakan Parameter Evaluasi Dosis untuk Kasus Vetibular Schwannoma

2022	Vania Sandra Clarissa	Pengaruh Konsentrasi Pendadah Pada Sifat Termoluminesensi Campuran Kalsium Sulfat Terdadah Tembaga
2022	Fakhriyah Nada Salsabila	Pengaruh Konsentrasi Pendadah Pada Sifat Termoluminesensi Kalsium Sulfat Terdadah Perak
2023	Fatimah Azzahrah Hanifah	Pengaruh Variasi Konsentrasi Pendadah Terhadap Sensitivitas Dosimeter Termoluminesensi Kalsium Sulfat Terdadah Fosforus
2023	Sarah Nurmila	Pengaruh Kadar Konsentrasi Pendadah Terhadap Respons Dosimeter Termoluminesensi Kalsium Sulfat Terdadah Magnesium
2024	Ferdian Yudha Ranadya	Evaluasi Karakteristik Dosimeter Termoluminesensi Kalsium Sulfat Terdadah Fosfor Pada Foton Energi Rendah
Program Magister Ilmu Fisika (Peminatan Fisika Medis)		
2019	Aloysius Mario Yudi Putranto	Efek Gerak Translasi dan Rotasi pada Dosis Pusat Serta Tepi Target Tumor Paru Teknik 3D-CRT IMRT dan VMAT Menggunakan Fantom Toraks Dinamik In-house
2019	Iva Nistiyanti	Pengaruh Gerak Target Tumor paru pada Dosis Neutron
2019	Surayaningsih	Karakteristik Kontaminasi Dosis Neutron Berkas Sinar-X 15 MV pada Varian Clinacix
2019	Andrian Dede Handika	Penentuan Faktor Keluaran Berkas Foton Lapangan Kecil pada Medium Homogen dan Inhomogen
2019	Sonak Tarigan	Adaptive Planning Berdasarkan Cone Beam Computed Tomography (CBCT)
2019	Nuruddin	Efek gerakan target arah longitudinal pada distribusi dosis dalam simulasi perlakuan radioterapi dengan fantom cheese menggunakan pesawat tomoterapi
2019	Ahmad Syafii	Perbandingan Antara Adaptive Planning Tomoterapi Berbasis MVCT dan SBRT Berbasis KVCT

2019	I Nyoman Pranditayana	Verifikasi Dosis Titik Pada Gamma Knife Radiosurgery Model Perfexion Menggunakan Film Gafchromic EBT3: Studi Fantom Rando
2019	Putri Amalia Pontoh	Evaluasi Dosis Organ Kritis Pada Perlakuan Gamma Knife Stereotactic Radiosurgery (GKRS) Menggunakan Film Gafchromic XR-QA2 dan Themolumiscent Dosimeter (TLD)
2019	Sasono Wijanarko	Evaluasi Posisi dan Volume Target Fantom Toraks Dinamik In-House Dengan Teknik Radioterapi Realtime Position Management (RPM)
2019	Annisa Rahma Fauzia	Analisis Kualitas Citra Magnetic Resonance Imaging (MRI) untuk Gamma Knife Menggunakan Fantom Desain Khusus
2020	Ade Riana	Studi populasi dan model kovariat pada Physiologically Based Pharmacokinetics (PBPK) model untuk Peptide Receptor Radionuclide Therapy (PRRT)
2020	Khaerunnisa	Evaluasi Perbandingan Dosimetri Film Menggunakan Metode Scanner, Densitometer, dan Spectrofotometer dan Aplikasinya Dalam Radioterapi
2021	Dewa Ngurah Yudhi Prasada	Evaluasi Karakteristik Energi dan Dosis Kontaminasi Neutron Dari Pesawat Linear Accelerator (Linac) Medik berbasis Monte Carlo
2021	Weni Purwanti	Evaluasi Dosis Pasien IMRT Kanker Kepala dan Leher Berbasis Analisis Gamma Menggunakan LINAC Varian Halcyon 2.0
2021	Grace Esterina	Evaluasi Ketidakpastian Dosimetri Radioterapi di Beberapa Rumah Sakit di Indonesia
2021	Ardian Widi Handoko	Perbandingan Distribusi Dosis pada Planning Klinis dan Planning Menggunakan Konsep Definite Target Volume (DTV) pada Teknik Radioterapi Stereotaktik
2021	Firyal Dhiyaul Haqqi S	Akurasi Volume Target dan Dosis pada Intrafraksi Radiasi Paru-Paru Berbasis Citra 4D Fan-Beam dan Cone-Beam CT: Menggunakan Fantom Toraks Dinamik In-House

2021	Dwi Aprilia Mahfirotin	Implementasi Modifikasi Kalibrasi Berkas Elektron Keluaran dari Pesawat Linear Accelerator
2021	Mely Mediawati	Evaluasi Dosis Neutron pada Beberapa Fasilitas Linear Accelerator Medik
2022	Ida Ayu Putu Inten Gayatri	Smulasi Audit Dosis 2D Treatment Planning System Multicenter Radioterapi Dengan Acuan AAPM TG-119
2022	Cica Yulinar	Perbandingan IAEA TRS 398 dan AAPM TG-51 Terhadap Modifikasi Protokol Kalibrasi Pada Dosimetri Berkas Elektron
2022	Rafika Fitria Puspasari	Analisis Studi Perbandingan Dosis Keluaran Linac Multi Institusi
2022	Muhammad Mahdi Ramadhan	Peningkatan Kemiripan Citra Distribusi Dosis Antara Epid dan Tps Berbasis Artificial Intelligence
2023	Isnaini Nur Islami	Kalibrasi dan Uji Praklinik Sistem Pemicu Gating Pernapasan Tanpa Kontak Berbasis Laser
2024	Fiki Hurum Maqsuroh	Simulasi Audit Dosimetri Treatment Planning System Teknik IMRT dan VMAT Pada Radioterapi Eksternal: Kajian Multi Institusi
2024	Amar Ma'rif Irfan Muhamadi	Rancang Bangun Purwarupa Sistem Pemantauan Pergerakan Napas pada Respiratory Gating Berbasis Laser dan Kamera
Program Magister Fisika Medis		
2022	Didin	Analisis Patient Specific Quality Assurance (PSQA) pada Halcyon 2.0 berdasarkan TG 218
2022	Meirisa Ambalinggi'	Evaluasi Metrik Kompleksitas Berbasis Bukaannya Pada Bukaannya Multileaf Collimator (MLC) dengan teknik IMRT
2023	Allam Ubaidillah	Analisis Pengaruh Small Field of View dan Parameter Pencitraan terhadap Kualitas Citra dan Kalkulasi Dosis dalam Radioterapi Adaptif Untuk Kasus Kepala dan Leher
2023	Elsi Trisma	Evaluasi Dosis Radioterapi Teknik VMAT Partial Arc dan Full Arc Berdasarkan Protokol AAPM TG 218

2023	Ahcdriany	Pengaruh penggunaan fungsi kalibrasi film gafchromic EBT3 pada beberapa modalitas dalam pengukuran dosis brakhiterapi Ir-192 dan Co-60
2023	Luh Gede Puja Satwika	Perbandingan Distribusi Dosis Perencanaan Klinis pada Teknik Radioterapi Stereotaktik dan Brakiterapi Menggunakan Konsep Definite Target Volume (DTV)
2024	Evi Pratiwi	Implementasi Modifikasi Kalibrasi Berkas Elektron pada Mode High Dose Rate Electron (HDRE) Pesawat Linear Accelerator Multi Institusi
2024	Brigitha Dwinesti	Pengembangan Metode dan Desain Fantom untuk Audit Dosimetri IMRT: Studi Multicenter
2024	Elshaday Siregar	Audit Dosis Pada Brakhiterapi 192Ir dan 60Co Menggunakan Film Gafchromic EBT3 dan 2D Array Ionization Chamber
2024	Vibol Ban	Evaluation Of Cross-Calibration Method Based On TRS-398 And TG-51 To Modified Electron Beam Calibration Methods
2024	Abel Tafadzwa Mangoro	Evaluation of Material Phantom to Modified Electron Beam Calibration
Program Doktor Ilmu Fisika		
2023	Akbar Azzi	Towards Automated Patient-Specific Quality Assurance for Adaptive Radiotherapy

O. PUBLIKASI ILMIAH JURNAL INTERNASIONAL (5 TAHUN TERAKHIR)

1. Nainggolan, A., & **Pawiro, S. A. (2019)**. Dosimetric Evaluation of Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT) and Intensity Modulated Radiotherapy (IMRT) Using AAPM TG 119 Protocol. *Journal of biomedical physics & engineering*, 9(4), 395–408. <https://doi.org/10.31661/jbpe.v0i0.839>
2. Lubis, L. E., Bayuadi, I., Bayhaqi, Y. A., Ardiansyah, F., Setiadi, A. R., Sugandi, R. D., Craig, L. A., Nasir, A., Basith, R. A., **Pawiro, S. A.**, & Soejoko, D. S. (2019). Radiation Dose from Dental Radiography in

- Indonesia: A Five-Year Survey. *Radiation Protection Dosimetry*, 183(3), 342-347. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncy123>
3. Mclean, I. D., Healy, B. J., Adhikari, K., Jamal, N., Kakakhel, M. B., Krisanachinda, A., Lee, J. C. L., Ng, K. H., **Pawiro, S. A.**, Quadir, K. A., San, B., 11, J., Thomas, B. J., & Abdullah, W. A. K. W. (2019). Recommendations For Accrediation And Certification In Medical Physics Education and Clinical Training Programmes for The RCA Region. In *Medical Physics International Journal* (Vol. 7, Issue 3). www.rcaro.org
4. Mubarak, S., Wahyu, W. E., & **Pawiro. S. A.** (2020). 2D dose reconstruction of IMRT patient-specific QA based on log file. *Radiation Physics and Chemistry (Oxford, England : 1993)*, 166, 108473. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2019.108473>
5. **Pawiro, S. A.**, Lubis, L. E., Oktavianto, A. N., Mukhlisin, M., & Soejoko, D. S. (2020). Professional Training Scheme to Answer National Demand Medical Physicists in Indonesia. In *Medical Physics International Journal* (Vol. 8, Issue 2). www.aipfmi.org
6. **Pawiro, S. A.**, Azzi, A., & Soejoko, D. S. (2020). A Monte Carlo study of photon beam characteristics on various linear accelerator filters. *Journal of Biomedical Physics and Engineering*, 10(5), 613–622. <https://doi.org/10.31661/jbpe.v0i0.1192>
7. S Liura, S., & **Pawiro, S. A.** (2020). Comparison of Gamma Index Passing Rate in Several Treatment Planning System Algorithms. *Atom Indonesia*, 46, 77. <https://doi.org/10.17146/aij.2020.899>
8. Hardiansyah, D., Kletting, P., Begum, N. J., Eiber, M., Beer, A. J., **Pawiro, S. A.**, & Glatting, G. (2021). Important pharmacokinetic parameters for individualization of 177Lu-PSMA therapy: A global sensitivity analysis for a physiologically-based pharmacokinetic model. *Medical Physics*, 48(2), 556–568. <https://doi.org/10.1002/mp.14622>
9. Azzi, A., Ryangga, D., & **Pawiro, S. A.** (2021). Comparison of air-gaps effect in a small cavity on dose calculation for 6 mv linac. *Journal of Biomedical Physics and Engineering*, 11(1), 17–28. <https://doi.org/10.31661/jbpe.v0i0.2004-1096>

10. Nasution, N., Wibowo, W. E., Purnomo, A. T., & **Pawiro, S. A. (2021)**. Dosimetric Study in Tomotherapy Based on AAPM TG 119 Structures: A Longitudinal Moving Phantom Case. *Iranian Journal of Medical Physics*, 18(5), 331–338. <https://doi.org/10.22038/ijmp.2020.47698.1762>
11. Prasada, D. N. Y., Ciamaudi, N., Fadli, M., Tursinah, R., & **Pawiro, S. A. (2021)**. Evaluation of the linac neutron dose profile for various depths and field sizes: a Monte Carlo study. *Biomedical physics & engineering express*, 7(6), 10.1088/2057-1976/ac2dd5. <https://doi.org/10.1088/2057-1976/ac2dd5>
12. Hardiansyah, D., Riana, A., Kletting, P., Zaid, N. R. R., Eiber, M., **Pawiro, S. A.**, Beer, A. J., & Glatting, G. (2021). A population-based method to determine the time-integrated activity in molecular radiotherapy. *EJNMMI Physics*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40658-021-00427-x>
13. Syafi'i, A., Nasution, N., Wibowo, W. E., Kodrat, H., & **Pawiro, S. A. (2022)**. Feasibility of Megavoltage CT for High-Dose Retrospective Planning of Helical Tomotherapy and Linac Treatment Plans: Hepatocellular Carcinoma Cancer Case. *Iranian Journal of Medical Physics*, 19(2), 106–114. <https://doi.org/10.22038/IJMP.2021.53854.1885>
14. **Pawiro, S. A.**, Mahfirotn, D. A., Assegab, M. I., & Wibowo, W. E. (2022). Modified electron beam output calibration based on IAEA Technical Report Series 398. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 23(4), e13573. <https://doi.org/10.1002/acm2.13573>
15. Haqqi, F. D., Sudarmaji, A., Wibowo, W. E., Nasution, N., Handoko, H., Fauzia, A. R., Qudsi, J., & **Pawiro, S. A. (2022)**. Evaluation of target volume and dose accuracy in intrafractional cases of lung cancer based on 4D-CT and 4D-CBCT images using an in-house dynamic thorax phantom. *Reports of Practical Oncology and Radiotherapy*, 27(2), 360–370. <https://doi.org/10.5603/RPOR.a2022.0029>
16. Ramadhan, M. M., Wibowo, W. E., & **Pawiro, S. A. (2022)**. Development of Artificial Intelligence as a Conversion Tool for Cine Electronic Portal Imaging Device Images to Radiotherapy Dosimetry:

- Preliminary Study. *Iranian Journal of Medical Physics*, 19(5), 296–304. <https://doi.org/10.22038/IJMP.2022.60896.2024>
17. Putu Inten Gayatri, I. A., Handika, A. D., Wibowo, W. E., Fitriandini, A., Fadli, M., Yudi Putranto, A. M., Yudhi Prasada, D. N., Okselia, A., Suharsono, & **Pawiro, S. A. (2022)**. 2-Dimensional IMRT dose audit: An Indonesian multicenter study. *Applied Radiation and Isotopes*, 188. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2022.110415>
18. Peiris, G. S., **Pawiro, S. A.**, Kasim, M. F., & Sheehy, S. L. (2023). Failure modes and downtime of radiotherapy LINACs and multileaf collimators in Indonesia. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 24(1). <https://doi.org/10.1002/acm2.13756>
19. Vernanda, V., Azzi, A., & **Pawiro, S. A. (2023)**. Dose Planning Evaluation of Intensity-Modulated Proton Therapy (IMPT) Technique Based on In-House Dynamic Thorax Phantom. *Atom Indonesia*, 49(1), 7–11. <https://doi.org/10.55981/aij.2023.1196>
20. Purwanti, W., Suhaimi, F., Wibowo, W. E., & **Pawiro, S. A. (2023)**. Dose Evaluation of Head and Neck Cancer IMRT Treatment Planning Based on Gamma Index Analysis of Varian Halcyon 2.0 Linac. *Atom Indonesia*, 49(1). <https://doi.org/10.55981/aij.2023.1203>
21. Handoko, A. W., Munandar, A., Syuhaimi, F., Wibowo, W. E., & **Pawiro, S. A. (2023)**. Comparison of Dose Distribution in Clinical Planning and Dose Plan Using the Concept of Definite Target Volume in Stereotactic Radiotherapy Techniques. *Iranian Journal of Medical Physics*, 20(4), 207–214. <https://doi.org/10.22038/IJMP.2022.64049.2092>
22. Ubaidillah, A., Fauzia, A. R., Purnomo, A. T., Nasution, N., Wibowo, W. E., & **Pawiro, S. A. (2023)**. Effect of the Small Field of View and Imaging Parameters to Image Quality and Dose Calculation in Adaptive Radiotherapy. *Polish Journal of Medical Physics and Engineering*, 29(2), 130–142. <https://doi.org/10.2478/pjmpe-2023-0014>
23. Yulinar, C., Assegab, M. I., Wibowo, W. E., & **Pawiro, S. A. (2023)**. Modified calibration protocols in electron beam dosimetry: comparison with IAEA TRS-398 and AAPM TG-51. *Biomedical*

24. Tardi, D., Fitriandini, A., Fauziah, A. R., Wibowo, W. E., Siswantining, T., & **Pawiro, S. A. (2023)**. Analysis of dose distribution reproducibility based on a fluence map of in vivo transit dose using an electronic portal imaging device. *Biomedical Physics & Engineering Express*, 10(1), 15013. <https://doi.org/10.1088/2057-1976/ad124a>
25. Ramadhan, M. M., Wibowo, W. E., Prajitno, P., & **Pawiro, S. A. (2023)**. Comparison of deep learning models for building two-dimensional non-transit EPID Dosimetry on Varian Halcyon. *Reports of Practical Oncology and Radiotherapy*, 28(6), 737–745. <https://doi.org/10.5603/rpor.98729>
26. Mahfirotin, D. A., Ferliano, B., Andrian, D. H., Asril, Y. S., Fadli, M., Ryangga, D., Nelly, N., Kurniawan, E., Wibowo, W. E., Yadav, P., & **Pawiro, S. A. (2024)**. A multicenter study of modified electron beam output calibration. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 25(1)<https://doi.org/10.1002/acm2.14232>
27. **Pawiro, S. A.**, Lubis, L., Hariyati, I., Lestariningsih, I., & Soejoko, D. (2024). Impact of national recognition on medical physicist job positions in Indonesia: survey study from 2015–2021. *Health and Technology*, 14. <https://doi.org/10.1007/s12553-024-00838-7>
28. Ambalinggi, M., Putranto, A. M. Y., Prasada, D. N. Y., Gayatri, I. A. P. I., **Pawiro, S. A.**, & Sihono, D. S. K. (2024). Implementation of Aperture-Based Complexity Metrics of MLC Opening based on the IMRT Technique for Central Nervous System (CNS) and Breast Cases. *Iranian Journal of Medical Physics*, 21(2), 71–77. <https://doi.org/10.22038/IJMP.2023.69437.2226>
29. Impact of log file source and data frequency on accuracy of log file-based Patient Specific Quality Assurance. *Zeitschrift fuer Medizinische Physik* (Accepted 2023)
30. Strengthening education and training programmes for medical physics in Asia and the Pacific: the IAEA non-agreement technical cooperation (TC) regional RAS6088 project. *Physical and Engineering Sciences in Medicine* (Accepted 2024)

31. Calibration and Volunteer Testing of a Prototype Contactless Respiratory Motion Detection System Based on Laser Tracking. *Journal of Applied Clinical Medical Physics* (Accepted 2024)

P. PUBLIKASI ILMIAH PROSIDING DAN JURNAL NASIONAL (5 TAHUN TERAKHIR)

1. Rahmawati, R., Wibowo, W. E., & **Pawiro, S. A. (2020)**. Point dose measurements for brachytherapy with a cylinder applicator. *Journal of Physics: Conference Series*, 1442(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1442/1/012018>
2. Wijanarko, S., Sudarmaji, A., & **Pawiro, S. A. (2020)**. Calibration of mechanical systems of in-house dynamic thorax phantom for radiotherapy dosimetry. *Journal of Physics: Conference Series*, 1528(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1528/1/012064>
3. Fauzia, A. R., Setiadi, A. R., & **Pawiro, S. A. (2020)**. Analysis of magnetic resonance image quality using an in-house phantom: Gamma knife application. *Journal of Physics: Conference Series*, 1528(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1528/1/012013>
4. Pontoh, P. A., Firmansyah, O. A., Setiadi, A. R., Tandian, D., & **Pawiro, S. A. (2020)**. Dose evaluation of organs at risk during treatment using gamma knife stereotactic radiosurgery (GKSRS): Phantom study. *Journal of Physics: Conference Series*, 1528(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1528/1/012014>
5. Pranditayana, I. N., Setiadi, A. R., Ramadhan, M. M., Tandian, D., & **Pawiro, S. A. (2020)**. Verification of dose distribution on the gamma knife perfexion radiosurgery using gafchromic EBT3 film: RANDO phantom study. *Journal of Physics: Conference Series*, 1528(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1528/1/012028>
6. Suryaningsih, S., Nainggolan, A., Fadli, M., Liura, S., Fendinugroho, Tursinah, R., & **Pawiro, S. A. (2020)**. The Characteristic of Profile and Depth Dose of Neutron Clinac iX 15 MV. *Journal of Physics: Conference Series*, 1505(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1505/1/012027>

7. Tarigan, S. T., Nainggolan, A., Fadli, M., Liura, S., & **Pawiro, S. A.** (2020). Evaluation of Adaptive Planning of Lung Cases based on Cone Beam CT Images. *Journal of Physics: Conference Series*, 1505(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1505/1/012020>
8. Nistiyanti, I., Putranto, A. M. Y., Nugroho, F., Nainggolan, A., Fadli, M., Liura, S., Tursinah, R., & **Pawiro, S. A.** (2020). The Effect of Lung Tumors Target Movement on Neutron Dose. *Journal of Physics: Conference Series*, 1505(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1505/1/012006>
9. Rosalina, F., Nasution, N., Wibowo, W. E., & **Pawiro, S. A.** (2020). The Impact of Corrected-MVCT Images to Dose Distribution on Adaptive Tomotherapy: Hepatocellular Carcinoma Case. *Journal of Physics: Conference Series*, 1505(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1505/1/012017>
10. AD Handika, ST Tarigan, PD Karunia, A Syafi'i, AR Fauzia, K Mar'ie, **Pawiro, S. A.**, Audit dosimetri treatment planning system berkas foton pada radioterapi eksternal: A Review. *Journal of Medical Physics and Biophysics* 7 (1), 32-45 2020
11. Ittaqa, A. N., **Pawiro, S. A.**, Riana, A., Misrawati, Mas'Udi, L. D. H. A., & Hardiansyah, D. (2021). Estimation of main and total effect of PBPK parameters in Meningioma patients. *Journal of Physics: Conference Series*, 1816(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1816/1/012101>
12. Riana, A., **Pawiro, S. A.**, & Hardiansyah, D. (2021). Study of population and covariate model in physiologically based pharmacokinetics model used for treatment planning in peptide receptor radionuclide therapy. *AIP Conference Proceedings*, 2320(1), 050015. <https://doi.org/10.1063/5.0037544>
13. Azzi, A., **Pawiro, S. A.**, & Mart, T. (2021). 3D dose reconstruction of 6 MV medical linear accelerator based on modified ray tracing algorithm: A preliminary result. *AIP Conference Proceedings*, 2346(1), 050001. <https://doi.org/10.1063/5.0047744>
14. Hasril, M., Luthfy, M., Riana, A., Ittaqa, A. N., **Pawiro, S. A.**, & Hardiansyah, D. (2021). Study the effect of the physiological parameters Audit dosimetri..., Supriyanto Ardjo Prawiro, FMIPA UI, 2025

to the optimal administration of lysine/arginine during peptide receptor radionuclide therapy (PPRT) using a physiologically-based pharmacokinetic (PBPk) model. *AIP Conference Proceedings*, 2346(1), 030004. <https://doi.org/10.1063/5.0047911>

15. Muhamadi, A. M. I., Sudarmaji, A., & **Pawiro, S. A. (2023)**. Recent Technological Advancements in Respiratory Gating Devices. *Indonesian Journal of Cancer*, 17(4), 387. <https://doi.org/10.33371/ijoc.v17i4.984>
16. Hidayat, N.R., Nuraeni, N., Hardiansyah, D., **Pawiro, S.A.** Estimation of human absorbed radiation dose of radiopharmaceuticals based on animal biodistribution data: A review from last decade. *AIP Conf. Proc.* 3210, 040003 (2024) <https://doi.org/10.1063/5.0228110>
17. Satiti, I., Haryanto, F., **Pawiro, S.A.** Photoneutron production in advanced techniques radiation therapy: A review. *AIP Conf. Proc.* 3210, 050005 (2024) <https://doi.org/10.1063/5.0231964>
18. Hidayah, N., Nasir, A., **Pawiro, S.A.** Dosimetric evaluation of linear accelerator SHINVA. *AIP Conf. Proc.* 3210, 050005 (2024) <https://doi.org/10.1063/5.0228122>