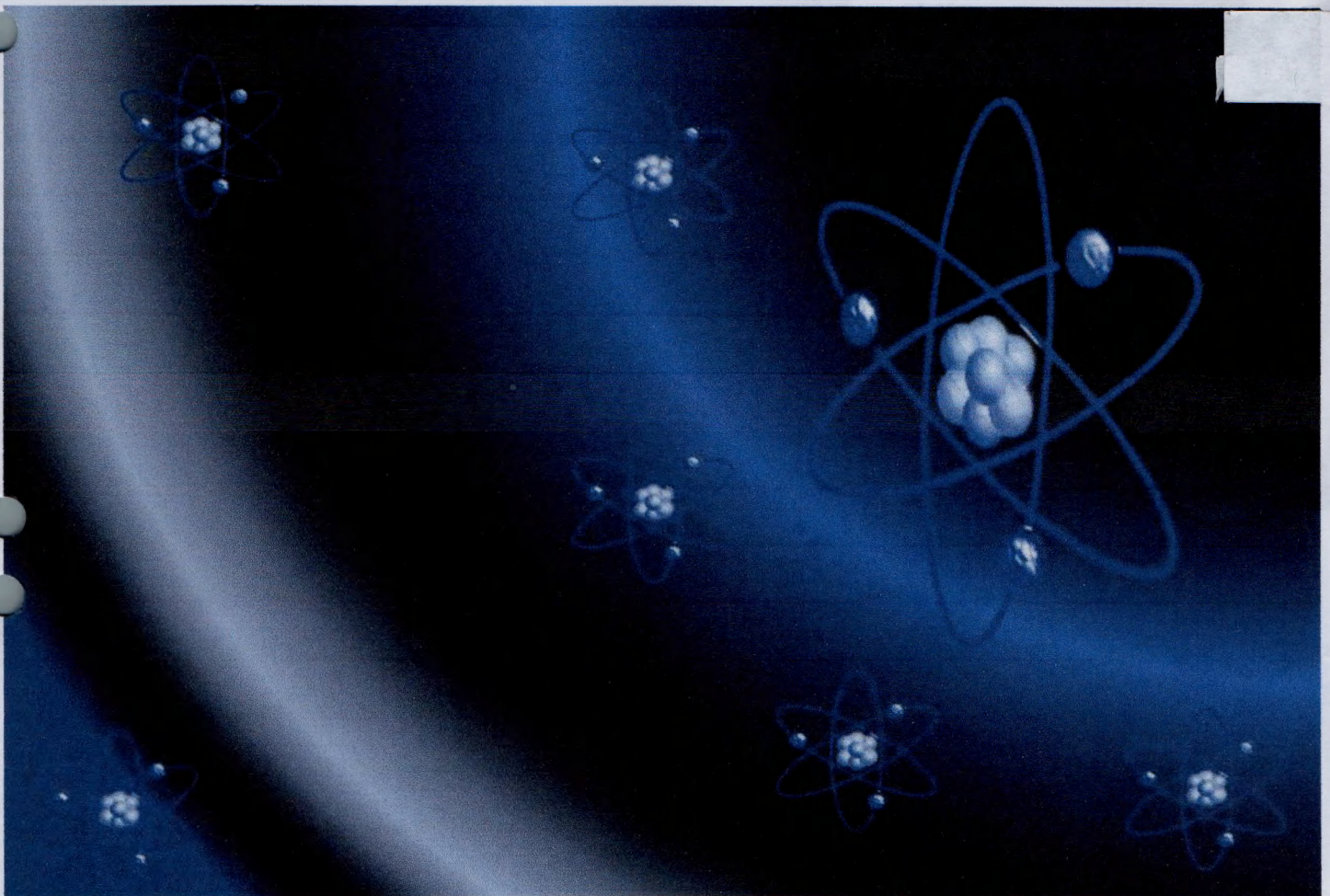


PROSIDING
SEMINAR NASIONAL
APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI 2018



Tema:
Isotop dan Radiasi Mendukung Kemandirian Bangsa
Jakarta, 09 Agustus 2018



Diterbitkan oleh :
Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi
Badan Tenaga Nuklir Nasional
Tanggal 20 Desember 2018

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warrahmatullahi wabarakatuh,

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala berkah, rahmat, dan karunia-Nya sehingga **Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Isotop dan Radiasi (APISORA) 2018** dengan tema "Isotop dan Radiasi Mendukung Kemandirian Bangsa" dapat diterbitkan. Prosiding ini merupakan kumpulan karya ilmiah para pemakalah dari berbagai institusi/universitas dan berbagai latar belakang kepakaran yang telah dipresentasikan pada Seminar Nasional APISORA yang diselenggarakan pada tanggal 09 Agustus 2018 di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR)-Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN).

Seminar APISORA 2018 dihadiri oleh 245 (dua ratus empat puluh lima) peserta dan tamu undangan dari berbagai instansi pemerintah, universitas, rumah sakit, dan industri swasta di Indonesia. Pada seminar APISORA dipresentasikan sejumlah 64 (enam puluh empat) makalah yang berasal dari berbagai institusi dan universitas, yaitu 47 (empat puluh tujuh) makalah berasal dari BATAN, dan 17 (tujuh belas) makalah berasal dari lembaga lain, yaitu: LIPI, Kementerian Kelautan dan Perikanan, UIN Syarif Hidayatullah, Institut Pertanian Bogor, Institut Teknologi Bandung, Universitas Pancasila, Universitas Andalas, Universitas Sebelas Maret, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Universitas Islam Sumatera Utara, dan Universitas Bakrie. Setelah melalui seleksi oleh Dewan Editor dan Reviewer APISORA, sejumlah tiga puluh lima (tiga puluh lima) makalah dipilih untuk dimuat di Prosiding APISORA 2018.

PAIR-BATAN sebagai pihak penyelenggara seminar APISORA 2018 mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh panitia, pembicara, moderator, serta peserta pemakalah dan pendengar yang telah berpartisipasi aktif dalam kegiatan seminar. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada seluruh dewan Editor dan Reviewer APISORA yang telah melakukan seleksi, memberikan penilaian, arahan, masukan, dan koreksi terhadap makalah-makalah yang masuk, sehingga layak untuk diterbitkan di Prosiding APISORA 2018. Ucapan terimakasih yang tak terhingga juga diucapkan kepada seluruh dewan redaksi yang telah bekerja keras untuk menyusun dan menerbitkan Prosiding ini.

Besar harapan kami, bahwa prosiding ini akan memberikan manfaat bagi para pembaca, serta menjadi acuan dalam melakukan kegiatan penelitian dan pengembangan aplikasi isotop dan radiasi di Indonesia. Akhir kata, kami menyadari bahwa Prosiding ini tidak lepas dari berbagai kekurangan. Kami sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan kegiatan seminar dan penerbitan Prosiding APISORA yang akan datang.

Wa'alaikumsalam warrahmatullahi wabarakatuh,

Jakarta, 20 Desember 2018
Ketua

Dr. Eng. Farah Nurlidar, M.Si

PROSIDING
SEMINAR NASIONAL APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI (APISORA) 2018
“Isotop dan Radiasi Mendukung Kemandirian Bangsa”

SUSUNAN PANITIA, DEWAN REVIEWER, DAN EDITOR PROSIDING APISORA 2018

Pengarah:

Ketua : Prof. Dr. Djarot S. Wisnubroto (Kepala BATAN)
Anggota : Prof. Dr. Ir. Efrizon Umar, MT (Deputi BATAN)
Totti Tjiptosumirat (Kepala PAIR - BATAN)

Dewan Reviewer:

Dr. Darmawan Darwis (PAIR - BATAN) Dr. Desta Wirnas, SP, M.Si (Institut Pertanian Bogor)
Dr. Paston Sidauruk (PAIR - BATAN) Dr. Boki Jeanne Tuasikal (PAIR - BATAN)
Dr. Irawan Sugoro (PAIR - BATAN) Dr. Ania Citraresmini (PAIR - BATAN)
Prof. Dr. Soeranto Human, M.Sc (PAIR - BATAN) Dr. Murni Indarwatmi (PAIR - BATAN)
Dr. Sobrizal (PAIR - BATAN) Dr. Tita Puspitasari (PAIR - BATAN)
Dr. Endang Saepudin (Universitas Indonesia) Dian Pribadi Perkasa, M.Biotech (PAIR - BATAN)

Dewan Editor:

Dr. Eng. Farah Nurlidar, M.Si
Rasi Prasetio, M.Si
Dr. Ania Citraresmini

Panitia Pelaksana:

Ketua Pelaksana : Dr. Eng. Farah Nurlidar, M.Si
Wakil Ketua : Rasi Prasetio, M.Si
Sekretaris I : Beni Ernawan, M.Si
Sekretaris II : Ali Agus
Bendahara : Agus Darmawan, SP
Seksi Seminar : Niken Hayudanti Anggarini, M.Si
Marina Yuniawati Maryono, M.Si
Susanto, S.Si
Dewa Ketut Rai
Saroji, A.Md
Seksi Pameran : Bayu Azmi, M.Si
Anggi Nico Flatian, M.Si
Untung Sugiharto, A.Md
Seksi Promosi dan Humas : Akhmad Rasyid Syahputra, M.Si
Melisa Weno Gusthia, S.Si
Indra Mustika Pratama, A.Md
Seksi Publikasi : Bambang Sutarto, M.M
Asih Nariastuti, B.Sc
Protokol : Mubarik Achmad
Dokumentasi : Ikin Sadikin
Konsumsi : Farida Ariyanti
Kesehatan : dr. Irfany Khairunnisa
Pengamanan : Tedi Hadi Permana, A.Md

ISBN 978-979-3558-29-5

Penerbit:

Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

Redaksi:

Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta Selatan 12440

Telp. 021-7690709

Fax. 021-7691607

Email: pair@batan.go.id

Cetakan pertama, Desember 2018

Hak cipta dilindungi undang-undang.

**Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk apapun
tanpa ijin tertulis dari penerbit**

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Kata Pengantar	ii
Susunan Panitia, Dewan Reviewer, dan Editor Prosiding APISORA 2018	iii
Daftar Isi	v
Aktivitas Enzim dan Profil Serat pada Jerami Padi yang Difermentasi menggunakan <i>Aspergillus niger</i> yang Diiradiasi Gamma <i>T. Wahyono, D. P. Utomo, Nurhasni, N. Mulyana, S. N. W. Hardani dan Suharyono</i>	1-8
Profil Kecernaan <i>In Vitro</i> Tanaman Sorgum Hasil Pemuliaan dengan Mutasi Radiasi <i>T. Wahyono, S. N. W. Hardani, D. Ansori, T. Handayani, D. Priyoatmojo, Sihono, Firsoni, W. T. Sasongko, dan I. Sugoro</i>	9-18
Seleksi Mutan Padi Beras Merah Lokal Sumatera Barat Genotipe Sigah Berdasarkan Karakter Tinggi Tanaman dan Jumlah Anakan <i>S. Kurniawati, I. Chaniago, dan I. Suliansyah</i>	19-24
Uji Daya Hasil Lanjutan Galur-Galur Mutan Sorgum Pangan di Citayam Bogor <i>Sihono, W. M. Indriatama, dan S. Human</i>	25-31
Produktivitas Raton Pertama 45 Galur Mutan Sorgum <i>M. F. S. Ningrum, W. M. Indriatama dan H. Gustia</i>	32-40
Peningkatan Produksi Kedelai Hitam Varietas Mutiara 2 Melalui Pemberian Pupuk Organik Cair <i>T. Bachtiar, Nurrobifahmi, A. Citraresmini, A. N. Flatian, , S. Slamet, dan Tarmizi</i>	41-48
Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma pada Pertumbuhan Tanaman Kapas Varietas Karisma 1 <i>L. Harsanti dan S. Widiarsih</i>	49-53
Aktifitas Hipolipidemik Beras Hitam (<i>Oriza sativa</i> L.) Hasil Pemuliaan dengan Sinar Gamma <i>N. W. Istanti, S. Listyawati, dan Sutarno</i>	54-59
Dampak Radiasi Pengion terhadap Profil Hematologi Pekerja Radiasi di Rumah Sakit <i>T. Rahardjo, H. N. E. Surniyantoro, V. A. Sufivan, Titin Prihatini, dan Darlina</i>	60-66
Efek Radiasi Gamma Terhadap Viabilitas Bakteri <i>Brucella abortus</i> CH 09 BL <i>T. Handayani, S. M. Noor, dan F. H. Pasaribu</i>	67-72
Analisis Sitogenetik dan SNPs pada Sel Limfosit Pekerja Radiasi Medik <i>Y. Lusiyanti, V. A. Sufivan, M. Lubis, Suryadi, H. N. E. Surniyantoro, S. Purnami, dan N. Rahajeng</i>	73-78
Komparasi Hasil Perhitungan Paparan Internal Uranium dan Plutonium pada Sampel Bioassay antara Metode Konvensional dengan Menggunakan Software IMBA <i>M. M. Farid dan Y. Andriani</i>	79-84

Analisis Profil Sel Darah Merah dari Implantasi <i>Demineralized Freeze-Dried Bone Xenograft</i> Steril Iradiasi Gamma pada Tulang Kalvaria Tikus <i>F. Amelia, B. Abbas, D. Darwis, S. Estuningsih, dan D. Noviana</i>	85-94
Penentuan Kadar <i>Kurkumin</i> dari beberapa Tanaman <i>Curcuma</i> Setelah Diiradiasi Gamma <i>Susanto dan E. K. Winarno</i>	95-101
Korelasi Paparan Radiasi Pngion terhadap Kadar Hematokrit, Trombosit, dan Eritrosit Pekerja Radiasi <i>H. N. E. Surniyantoro dan T. Rahardjo</i>	102-108
Sintesis Kitosan Berat Molekul Rendah Menggunakan Hidrogen Peroksida dan Iradiasi Sinar Gamma <i>N. Nuryanthi, A.R. Syahputra, D.S. Pangerteni, S. Susilawati, T. Puspitasari, dan D. Darwis</i>	109-113
Estimasi Laju Sedimentasi Menggunakan Isotop Alam $^{210}\text{Pb}_{\text{excess}}$ di S. Cisemeut – Lebak – Banten <i>N. Suhartini dan B. Aliyanta</i>	114-119
Pengaruh Sebaran Normal Dosis Radiasi Personil pada Zona Quartil Atas terhadap Nilai Pembatas Dosis <i>S. Muhammad</i>	120-125
Distribusi Radioisotop Radon-222 dalam Gas Tanah di Kawasan Nuklir Pasar Jumat <i>N. Laksminingpuri, R. Prasetio, dan Nurfadhlini</i>	126-131
Disain Sistem Iradiasi dengan Cobalt-60 untuk Disinfeksi Air dalam Budidaya Udang <i>N. F. Gusmawati, D. Soembogo, A. A. Lubis, dan E. Supriyono</i>	132-141
Optimisasi Proteksi dan Keselamatan Radiasi di Pusat Teknologi Radioisotop dan Radiofarmaka <i>Rr. D. R. Pipin Soedjarwo*, F. Priyadi, D. Setiaji, dan Rohmansyur</i>	142-147
Evaluasi Radioaktivitas Gross Beta, TDS, dan pH pada Air Tanah di Kawasan Nuklir Pasar Jumat (KNPJ) dan Sekitar <i>N. H. Anggarini, M. Stefanus, T. Hud, dan L. Rixon</i>	148-155
Study the Response of TLD-Barc Against X-Ray and Photon and Algorithm for Evaluation of Hp(10) <i>Nazaroh, R. Syaifudin, C. T. Budiantari, dan A. S. Pradhan</i>	156-162
Pengukuran Laju Paparan Radiasi dan Potensi Paparan Radiasi Sumber Iradiator Gamma Merah Putih <i>T. Ardiyati dan Kasmudin</i>	163-169
Studi Unjuk Kerja Keselamatan Mekanik dan Radiasi pada Peralatan Radiografi Model 880 Delta dan Tech Ops 660 B <i>B. Y. E. B. Jumpeno dan M. Rangkuti</i>	170-176
Studi Respon TLD-700 [LiF:Mg, Ti] Terhadap Gamma (^{137}Cs) dan Beta [^{147}Pm , ^{85}Kr dan ^{90}Sr] <i>Nazaroh, Pardi, dan C. T. Budiantari</i>	177-185

Early Study on Radiographic Examination of Soft Alloy Casting Material using Digital Fluoroscopy <i>Sugiharto, Y. Kriswandono, Wibisono, Kushartono, H. A. Ramadhany, D. Soembogo, N. Sianta, and S. B. Santoso</i>	186-194
Evaluation of Mixing Level of Continuous Single Phase Pipe Flow using Basic radiotracer Models <i>Sugiharto</i>	195-202
Verifikasi Penentuan Laju Dosis Serap Air Berkas Foton 6 MV Pesawat Tomoterapi Hi Art antara PTKMR dan RSCM <i>A. F. Firmanyah, N. Rajagukguk, Nuruddin, W. E. Wibowo, dan P. Cheah</i>	203-207
Penentuan Efisiensi dan Faktor Koreksi Absorpsi untuk Pengukuran Radioaktivitas Beta Total Menggunakan Kalium Klorida (KCl) <i>L. Rixson dan M. Stefanus</i>	208-14
Measurement of Metal Thickness using X-Ray Computed Radiography <i>B. Azmi, H. A. Ramadhany, and F. R. Ningsih</i>	215-220
Analisis Pengurangan Emisi Karbon dengan Opsi PLTN Pengganti PLTU untuk Wilayah Nusa Tenggara Barat <i>W. L. Widodo</i>	221-228
Kajian Kebijakan Strategis dalam Pengelolaan Iradiator pada Era PP Tarif Baru <i>Y. Garini dan H. Wahyuningrum</i>	229-235
Scan Absorption Column in Industrial Process <i>Wibisono, B. Azmi, F. R. Ningsih, dan M. Stefanus</i>	236-240
Scan Reference Performed on Quench Tower using Co-60 <i>Wibisono</i>	241-247

VERIFIKASI PENENTUAN LAJU DOSIS SERAP AIR BERKAS FOTON 6 MV PESAWAT TOMOTERAPI HI ART ANTARA PTKMR DAN RSCM

Verification of the Determination of Absorbed Dose to Water for a 6 MV Photon Beam from a Hi Art Tomotherapy Machine between PTKMR and RSCM

Assef Firmando Firmansyah^{1*}, Nurman Rajagukguk², Nuruddin³, Wahyu Edi Wibowo⁴, dan Pearl Cheach⁵

^{1,2} Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional
Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta Selatan 12440, Indonesia

^{3,4} Rumah Sakit Umum Pusat Nasional Dr. Cipto Mangunkusumo, Jl. Diponegoro No. 71, Jakarta
Pusat 10430, Indonesia

⁵ Hospital Penjagaan Kesehatan, Kuala Lumpur, Malaysia

*E-mail korespondensi: firmando3154@gmail.com

ABSTRAK

Makalah ini menguraikan verifikasi penentuan laju dosis serap air berkas foton 6 MV yang dipancarkan dari pesawat Tomoterapi Hi Art antara PTKMR dan Rumah Sakit Umum Pusat Nasional Dr. Cipto Mangunkusumo. Pengukuran dilakukan di dalam fantom air dan fantom air padat pada kondisi acuan spesifik mesin dengan jarak sumber radiasi ke permukaan 85 cm dan lapangan radiasi 5 cm x 10 cm serta kedalaman 10 cm. Sebagai alat ukur radiasi digunakan detektor ionisasi volume 0,6 cc tipe TW 30013 yang dirangkaikan dengan elektrometer PTW Unidos Webline milik PTKMR dan detektor ionisasi volume 0,056 cc tipe A 1 SL yang dirangkaikan dengan elektrometer TomoElectrometer milik Rumah Sakit Umum Pusat Nasional Dr. Cipto Mangunkusumo. Perhitungan hasil pengukuran dilakukan menggunakan rekomendasi IAEA/AAPM yang terdapat dalam publikasi AAPM TG 148. Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya kesesuaian yang cukup baik antara kedua pengukuran dengan perbedaan sebesar 1,2 %, namun lebih besar 2,0 % terhadap *Gold Data*. Sebagai kesimpulan pesawat tomoterapi Hi Art tersebut perlu *adjustment*.

Kata kunci: verifikasi, laju dosis serap air, berkas foton, detektor ionisasi, dan pesawat tomoterapi Hi Art

ABSTRACT

This paper describes the verification of the determination of the absorbed doses to water for 6 MV foton produced from the Hi Art tomotherapy machine. Measurement has been carried out inside water and solid water phantoms at the machine specific reference condition with the source to the surface distance of 85 cm, field size of 5 cm x 10 cm and the depth of 10 cm. Measurement has been carried out by using a 0.6 cc ionization chamber type of TW 30013 connected to a PTW Unidos Webline electrometer owned by PTKMR and a 0.056 cc ionization chamber type of Exradin A 1 SL connected to a TomoElectrometer electrometer owned by Dr. Cipto Mangunkusumo National General Hospital. Calculation of the measurement were based on the the IAEA/AAPM recommendation at the AAPM TG 148 publication. The result obtained showed that there were a good agreement between the measurement with the difference of 2.0 %, but higher than 2.0 % against Gold Data. In summary, the Hi Art Tomotherapy machine should be adjusted.

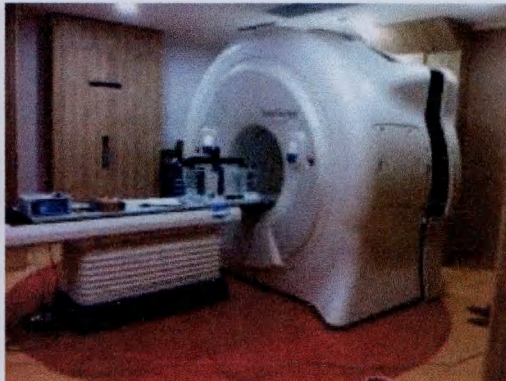
Keywords: verification, absorbed dose to water, photon beam, ionization chamber and Hi Art tomotherapy machine

PENDAHULUAN

Pesawat tomoterapi Hi Art model H-0000-0003/0110065 buatan *Accuracy* adalah sumber radiasi terapi yang digunakan oleh Rumah Sakit Umum Pusat Nasional Dr. Cipto Mangunkusumo (RSCM) untuk penyinaran pasien kanker. Sumber radiasi dari pesawat tomoterapi Hi Art adalah berkas foton 6 MV yang dipancarkan dari pesawat pemercepat linier medik [1]. Perbedaan pesawat

tomoterapi dengan pesawat pemercepat linier medik konvensional adalah pada meja pasien yang dapat bergerak seiring dengan Bergeraknya sumber radiasi. Hal lain adalah data laju dosis serap air dari pesawat ini diperoleh berdasarkan pengukuran yang dilakukan di bunker pabrik sebelum pesawat tersebut dikirim ke rumah sakit. Data pengukuran di bunker pabrik ini disimpan dalam sistem pesawat sebagai data acuan yang

disebut *Gold Data* [2]. Pesawat tomoterapi Hi Art tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Pada tahun 2017 pesawat ini mengalami perbaikan sehingga perlu dilakukan pengukuran ulang untuk mengamati sejauh mana perubahan *Gold Data* khususnya untuk besaran laju dosis serap air dari pesawat tersebut pada kondisi acuan spesifik mesin (*machine specific reference condition*) yaitu pada lapangan radiasi 5 cm x 10 cm dengan jarak sumber radiasi ke permukaan 85 cm [3].



Gambar 1. Pesawat Tomoterapi

Untuk menjamin kebenaran hasil pengukuran yang dilakukan oleh fisikawan medis rumah sakit tersebut, maka diperlukan verifikasi oleh pihak lain di luar rumah sakit yang independen yang dalam hal ini adalah Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi Radiasi – BATAN. Personil masing-masing pihak melakukan pengukuran untuk besaran yang sama dengan menggunakan alat ukur radiasi, protokol dan perangkat penunjang yang dimilikinya.

Makalah ini menguraikan pengukuran untuk memverifikasi laju dosis serap air pada kondisi acuan spesifik mesin antara PTKMR dan RSCM yang dilakukan setelah pesawat tersebut mengalami perbaikan.

TINJAUAN PUSTAKA

Kualitas Radiasi Berkas Foton

Salah satu parameter dosimetri yang penting dari sebuah pesawat pemercepat linier medik adalah kualitas radiasi dari berkas foton. Kualitas radiasi ini diperlukan terutama untuk detektor yang dikalibrasi terhadap berkas radiasi Co-60. Dengan menggunakan kualitas radiasi ini, maka akan diperoleh faktor koreksi kualitas radiasi dari detektor yang digunakan untuk menentukan laju dosis serap air berkas foton yang diukur [4,5].

Kualitas radiasi dapat ditentukan berdasarkan nilai rasio dosis di lapangan acuan 10 cm x 10 cm pada dua kedalaman yaitu 10 cm dan 20 cm dengan jarak sumber radiasi ke permukaan fantom (SSD) dan lapangan radiasi di permukaan tetap, D_{20}/D_{10} atau berdasarkan nilai rasio PDD_{20}/PDD_{10} yang diperoleh dari kurva persentase dosis di kedalaman pada kondisi acuan [6]. Disamping itu kualitas radiasi ini dapat ditentukan juga dari rasio dosis di dua kedalaman pada jarak sumber radiasi ke detektor (SDD) dan lapangan radiasi di permukaan tetap, $TPR_{20/10}$ [7].

Pada pesawat tomoterapi, kondisi acuan dengan lapangan radiasi 10 cm x 10 cm yang diuraikan di atas tidak bisa dicapai karena kolimator binari pada pesawat ini salah satu sumbu hanya dapat membuka maksimal 5 cm. Dengan demikian untuk pesawat tomoterapi lapangan radiasi pada kondisi acuannya adalah minimal 5 cm x 10 cm yang disebut sebagai kondisi acuan spesifik mesin (*machine specific reference condition*) [8].

Dalam *Gold Data* diukur juga nilai rasio kedua kedalaman tersebut di atas terhadap kedalaman 1,5 cm, $D_{10}/D_{1,5}$ dan $D_{20}/D_{1,5}$ untuk mengetahui konsistensi kualitas radiasi berkas foton dari waktu ke waktu.

Laju Dosis Serap Air Berkas Foton

Laju dosis serap air berkas foton pada kondisi acuan spesifik mesin (*machine specific reference, msr*) dari sebuah pesawat tomoterapi dengan kualitas radiasi Q dapat ditentukan dengan pengukuran menggunakan detektor ionisasi yang dikalibrasi dalam besaran dosis serap air untuk berkas sinar gamma Co-60, N_{D,w,Q_0} menggunakan persamaan 1:

$$D_{w,Q_{msr}}^{f_{msr}} = M_{Q_{msr}}^{f_{msr}} \cdot N_{D,w,Q_0} \cdot k_Q \quad (1)$$

Dengan:

Q: kualitas berkas radiasi [% dd (10) x] dari medan radiasi acuan konvensional 10 cm x 10 cm pada jarak sumber radiasi ke permukaan, SSD 100 cm sesuai dengan TG-51

Q_{msr} : kualitas berkas radiasi [% dd (10) x] dari medan radiasi machine specific reference fmsr (5 cm x 10 cm pada SSD 85 cm) dari pesawat tomoterapi

$M_{Q_{mar}}^{f_{mar}}$: bacaan dosimeter terkoreksi kondisi lingkungan, rekombinasi ion dan polaritas untuk medan radiasi

N_{D,w,Q_0} : faktor kalibrasi detektor dalam besaran dosis serap air untuk berkas sinar gamma Co-60 (mGy/nC)

k_Q : adalah perkalian k_{Q,Q_0} . $k_{Q_{mar},Q}^{f_{mar},f_{ref}}$

k_{Q,Q_0} : faktor koreksi berkas radiasi untuk kualitas berkas Q dari lapangan acuan konvensional 10 cm × 10 cm pada jarak sumber radiasi ke permukaan, SSD 100 cm sesuai dengan TG-51

$k_{Q_{mar},Q}^{f_{mar},f_{ref}}$: faktor koreksi perbedaan antara kondisi lapangan radiasi, geometri, bahan fantom dan kualitas berkas radiasi acuan konvensional dan medan radiasi dari machine specific reference

Nilai k_Q untuk beberapa detektor dapat diperoleh menggunakan protokol TG 51 atau Tabel 1 pada TG 148. Nilai untuk kebanyakan detektor ionisasi terletak pada rentang 0,9995 sampai dengan 0,9990 [9].

**PERALATAN
Sumber Radiasi**

Sebagai sumber radiasi digunakan pesawat tomoterapi Hi Art model H-0000-0003/011065 buatan Accuracy. Sumber radiasi pesawat tomoterapi ini adalah berkas foton 6 MV dari pesawat pemercepat linier medik yang ditempatkan pada Gantri. Sebelum pesawat tersebut dikirim ke Indonesia, maka dilakukan pengukuran di bunker pabrik pesawat tersebut untuk mendapatkan *Gold Data* yang akan digunakan sebagai acuan untuk komisioning setelah pesawat tersebut selesai dipasang di RSCM. Pengukuran dilakukan menggunakan peralatan ukur milik pabrik yaitu detektor ionisasi AISL no. seri 42799 dan 102221 buatan pabrik Exradin.

Alat Ukur Radiasi RSCM

Sebagai alat ukur radiasi untuk pengukuran parameter kualitas radiasi digunakan detektor ionisasi volume 0.056 cc Exradin AISL no. seri 160401 dan 160499 milik RSCM yang dihubungkan dengan elektrometeiasir Tomo

Elektrometer. Dalam pengukuran detektor ionisasi diletakkan dalam fantom air padat (*solid water*) berukuran 60 cm × 25 cm × 25 cm.



Gambar 2. Pesawat tomoterapi Hi Art

Alat Ukur Radiasi PTKMR

Sebagai alat ukur radiasi untuk pengukuran digunakan detektor ionisasi volume 0,6 cc tipe TW 30013 yang dirangkaikan dengan elektrometer PTW Unidos Weblinc. Dalam pengukuran detektor ionisasi diletakkan dalam fantom air 1D Scanner berukuran 30 cm × 35 cm × 35 cm.

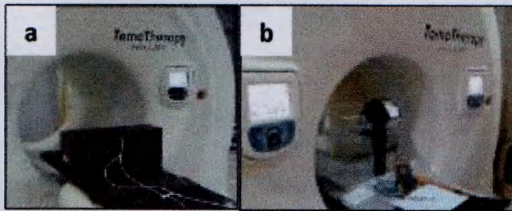
TATA KERJA

Pengecekan Kualitas Berkas Radiasi Pesawat Tomoterapi

Pertama dilakukan pengecekan parameter kualitas radiasi berkas foton 6 MV pesawat tomoterapi Hi Art. Pengecekan dilakukan dengan menempatkan dua buah detektor AISL di dalam fantom air padat di kedalaman 1,5 cm dan 10 cm pada sumbu utama berkas radiasi. Jarak sumber radiasi ke permukaan fantom (SSD) 85 cm dan lapangan radiasi 5 cm x 10 cm. Setelah itu dilakukan penyinaran kedua detektor tersebut selama 1 menit untuk dua buah data.

Selanjutnya satu buah detektor AISL tersebut dipindahkan ke kedalaman 20 cm. Lubang yang ditinggalkan detektor tersebut ditutup dengan bahan yang sama. Dilakukan kembali penyinaran seperti penyinaran sebelumnya. Dilakukan kembali penyinaran yang sama dengan sebelumnya. Kondisi pengukuran dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil pengukuran ini dibandingkan dengan *Gold Data* yang

diperoleh berdasarkan pengukuran di pabrik pesawat tersebut di Amerika sebelum dikirim ke Indonesia.



Gambar 3. Susunan peralatan pada pengukuran kualitas radiasi berkas foton 6 MV yang dilakukan oleh fisikawan medis RSCM a) dan staf PTKMR b).

Setelah itu pengukuran laju dosis serap air dilakukan menggunakan dosimeter milik PTKMR. Pertama detektor ionisasi volume 0,6 cc tipe TW 30013 no. seri 6367 diletakkan pada kedalaman 10 cm dengan jarak sumber radiasi ke permukaan air 85 cm dengan lapangan radiasi 5 cm x 10 cm. Kemudian dilakukan penyinaran untuk 5 buah data dengan masing-masing penyinaran selama 1 menit. Setelah itu dilakukan kembali penyinaran untuk menentukan faktor-faktor koreksi yang diperlukan dalam perhitungan laju dosis serap air seperti faktor koreksi rekombinasi ion dan polaritas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran kualitas radiasi *Gold Data* yang dilakukan di *bunker* pabrik di Amerika pada tanggal 3 April 2014 dan yang dilakukan oleh fisikawan medis RSCM pada tanggal 14 Oktober 2017 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran kualitas radiasi

Kondisi Pengukuran	Bunker (Pabrikan)	RSCM
Tanggal	14/03/2014	14/10/2017
$D_{10/1,5}$	0,610	0,600
$D_{20/1,5}$	0,320	0,308
$D_{20/10}$	0,524	0,513
Dosimeter	Pabrikan	Milik RSCM

Dari Tabel 1 tersebut di atas dapat dilihat nilai rasio $D_{20/10}$ pada pengukuran di bunker pabrik mendapatkan nilai 0,524, sedangkan yang dilakukan di RSCM mendapatkan nilai 0,513. Hal ini menunjukkan adanya deviasi sebesar 2,04 %

antara hasil pengukuran setelah pesawat mengalami perbaikan. Dari tabel tersebut di atas dapat dilihat juga nilai rasio $D_{10/1,5}$ dan $D_{20/1,5}$ yang masing masing mendapatkan deviasi sebesar 1,6 % dan 3,9 %. Hasil tersebut menunjukkan adanya penurunan kualitas radiasi dari berkas tersebut dan penurunan ini semakin besar dengan semakin dalamnya pengukuran.

Hasil penentuan laju dosis serap air dan ketidakpastiannya [10] yang dilakukan oleh fisikawan medis RSCM dan staf PTKMR-BATAN pada tanggal 14 Oktober 2017, dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Hasil penentuan laju dosis serap air pada kondisi acuan spesifik mesin

Parameter Pengukuran	A 1 SL	TW 30013
M_Q (nC)	8,330	91,96
$N_{D,w}$ (mGy/nC)	603,3	54,04
K_{Pol}	1,000*	1,0006
K_S	1,000*	1,0026
K_Q	0,9985	0,9979
D_{10} (mGy/menit)	5018	4959
PDD10 (%)	58,88	58,88
$D_{w,Q_{msr}}^{msr}$ (mGy/menit)	$8321 \pm 2,5 \%$	$8421 \pm 2,1 \%$

*faktor koreksi dianggap 1,00

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa kedua pengukuran tersebut mendapatkan perbedaan yang tidak signifikan sebesar 1,2 %. Perbedaan ini sebenarnya dapat menjadi lebih kecil lagi jika pengukuran yang dilakukan dengan detektor A 1 SL menggunakan elektrometer yang dilengkapi dengan pengatur bias tegangan, sehingga faktor koreksi rekombinasi ion dan polaritas dapat dilakukan.

Jika kedua hasil ini dibandingkan dengan *Gold Data* yang nilai laju dosis serap airnya adalah 849,47 cGy/menit, maka diperoleh perbedaan yang cukup signifikan sebesar 2,0 %. Hal ini menunjukkan luaran dari pesawat tersebut pada kondisi acuan spesifik mesin telah mengalami perubahan. Dengan demikian maka pihak pabrikan harus melakukan *adjustment* ulang untuk mengembalikan kedua parameter tersebut mendekati nilai *Gold Data*.

KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa kualitas radiasi berkas foton yang dipancarkan dari pesawat tomoterapi Hi Art berubah signifikan terhadap *Gold Data*. Hasil penentuan laju dosis serap air berkas foton 6 MV yang dipancarkan dari pesawat tomoterapi Hi Art yang dilakukan oleh personel PTKMR dan RSCM mendapatkan kesesuaian yang cukup. Dengan adanya deviasi yang cukup besar dari hasil pengukuran ini terhadap *Gold Data*, maka perlu dilakukan *adjustment* baik pada kualitas radiasi berkas foton maupun kuantitasnya yaitu laju dosis serap airnya agar diperoleh kembali nilai yang mendekati nilai *Gold Data*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada staf Unit Radioterapi Rumah Sakit Umum Pusat Nasional dan staf PT Transmedic Indonesia yatas bantuannya sehingga penulisan ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. T.R. Mackie, *History of tomotherapy, Physics in Medicine and Biology, Phys. Med. Biol. 51, Institute of Physics Publishing, Wisconsin, 2006.*
- [2]. Amarjit Sen and Matthew K. West, *Commissioning experience and quality assurance of helical tomotherapy machines, Journal of Medical Physics, 2009.*
- [3]. Komunikasi dengan staff Fisika Medis di Instalasi Radiotherapy RSUD N. Dr. Cipto Mangunkusumo, Jakarta 2017.
- [4]. International Atomic Energy Agency, *Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams: An International Code of Practice, Technical Report Series No. 277, IAEA, Vienna, 1987.*
- [5]. International Atomic Energy Agency, *Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy; An International Code of Practice for Dosimetry Based on Standards of Absorbed Dose to Water, Technical Report Series No.398, IAEA, Vienna, 2000.*
- [6]. International Commission On Radiological Units and Measurement, *Radiation dosimetry: electron beams with energies between 1 and 50 MeV, ICRU Rep. 35, ICRU Publications, Bethesda, MD, 1984.*
- [7]. American Association of Physicists American (AAPM) Association of Physicists in Medicine, *Code of practice of X-ray therapy linear accelerator, a protocol for the determination of absorbed dose from high-energy and electron beam, Medical Physics 10, 1983.*
- [8]. *QA for helical tomotherapy: Report of the AAPM Task Group 148, Med. Phys. 37, AAPM, 2010.*
- [9]. Peter R. Almond, Peter J. Biggs, B. M. Coursey, W.F. Hansom, M. Saiful Hug, Revinder Nath, D.W.O. Roger, *AAPM's TG-51 protocol for clinical reference dosimetry of high-energy photon and electron beams, Med. Phys. 26, AAPM, 1999*
- [10]. *Measurement Uncertainty, A Practical Guide for Secondary Standards Dosimetry Laboratories, IAEA-TECDOC-1585, Vienna Austria, Mei 2008.*

PERTANYAAN SAAT PRESENTASI

- Tidak ada pertanyaan