

1.2



FAKULTAS
SAINS
DAN
MATEMATIKA



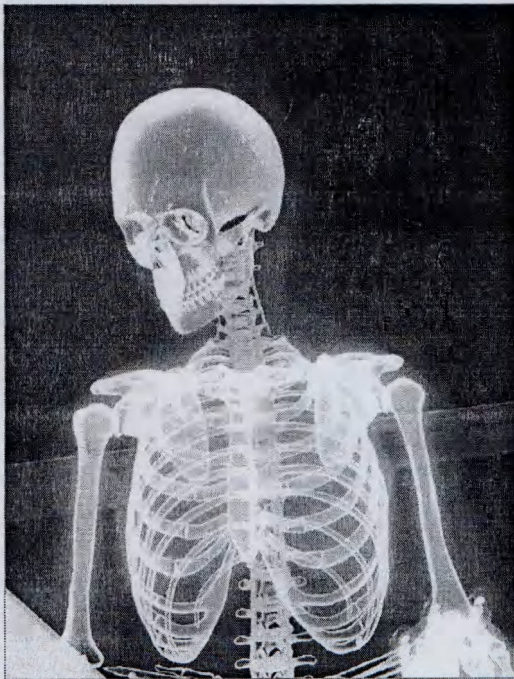
ISSN 2581 - 1150
VOL. 2, NO. 1, 2018

PROSIDING

Pertemuan Ilmiah Tahunan

Fisika Medis & Biofisika

2018



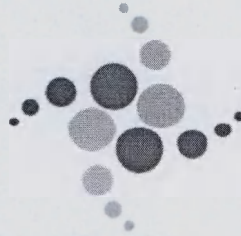
10 - 12 Agustus 2018
Hotel MG Sentos Semarang



9 772581 115008



PITFMB
2018



Pertemuan Ilmiah Tahunan
Fisika Medis & Biofisika
2018

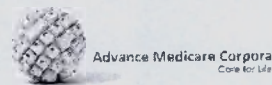
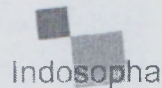
PENYELENGGARA



FAKULTAS
SAINS
DAN
MATEMATIKA



SPONSOR



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	1
SAMBUTAN	2
DAFTAR KOMITE PITFMB 2018.....	7
JADWAL WORKSHOP	10
JADWAL SEMINAR	14
SUSUNAN DEWAN REDAKSI	25
ABSTRAK	26
MAKALAH	110
DENAH LOKASI	163
CATATAN	165

KOMITE PENGARAH (*steering committee*)

Pelindung

- Prof. Dr. Widowati – Dekan FSM Universitas Diponegoro
- Dr. rer. Nat. Abdul Haris – Dekan FMIPA Universitas Indonesia
- Prof. Dr. Edy Tri Baskoro – Dekan FMIPA Institut Teknologi Bandung
- Dr. Adi Susilo – Dekan FMIPA Universitas Brawijaya
- Dr. Amiruddin – Dekan FMIPA Universitas Hasanuddin

Penasihat

- Dr. Kusworo Adi – Ketua Departemen Fisika FSM Universitas Diponegoro

KOMITE ILMIAH (*scientific committee*)

Ketua

Prof. Dr. Wahyu Setia Budi – Ketua AIPFMI

Wakil Ketua

Supriyanto A. Pawiro, Ph.D – Ketua Umum AFISMI

Anggota

- Prof. Dr. Djarwani S. Soejoko – Anggota AIPFMI (FMIPA Universitas Indonesia)
- Prof. Dr. Syamsir Dewang – Anggota AIPFMI (FMIPA Universitas Hasanuddin)
- Dr. rer. Nat. Freddy Haryanto – Anggota AIPFMI (FMIPA Institut Teknologi Bandung)
- Johan Noor, Ph.D. – Anggota AIPFMI (FMIPA Universitas Brawijaya)
- Agung N. Oktavianto, M.Si – Sekretaris Jendral AFISMI
- Dr. Muhammad Nur, DEA – FSM Universitas Diponegoro

KOMITE PELAKSANA TEKNIS (*organizing committee*)

Ketua

Dr. Choirul Anam

Sekretaris

Pandji Triadyaksa, M.Sc.

Bendahara

Evi Setiawati, M.Si.

Divisi Kesekretariatan :

- Zaenul Muhlisin, M.Si.
- Fajar Arianto, M.Si.
- Agus Budiono, M.Kes.

Divisi Acara dan Protokol :

- Prof. Dr. Heri Sutanto
- Ir. Vivi Vira V. M.Kes.
- Kesawa Sudarsih, M.Si.
- Siti Nur Endahyani, S.Si.

Divisi Ilmiah :

- Dr. Eng. Ali Khumaeni
- K. Sofjan Firdausi, M.Sc.
- Dr. Asep Yoyo Wardaya

Divisi Sponsorship :

- Zaenal Arifin, M.Si.
- Siti Akbari, S.Si, M.Kes.

Divisi Desain, Publikasi dan Multimedia :

- Dr. Eng Eko Hidayanto
- Dr. Suryono
- Dr. Catur Edi Widodo
- Sanggam R., M.Si.

Divisi Perlengkapan :

- Heri Sugito, M.Sc.
- M. Azam M.Si.
- Suwardi, M.Kes.
- Piryadi, S.Si.
- Dr. Ngurah Ayu K.U.
- Rina Dwi Indriana, M.Si.
- Ari Bawono, M.Si.
- Ulya Indrayani, S.Si.

KOMITE WORKSHOP PRE-SEMINAR

Sesi Radioterapi

- Wahyu Edy Wibowo, M.Si. (RSUPN dr. Cipto Mangunkusumo)
- Bambang Haris, M.Si. (RS dr. Soetomo Surabaya)
- Sanggam Ramantisan, M.Si. (RSUP dr. Karyadi)

Sesi Radiologi Diagnostik dan Intervensional

- Lukmanda Evan Lubis, M.Si. (Dept. Fisika FMIPA UI)
- Edy Suprpto, M.Si. (RS. Kanker Darmas)
- Siti Akbari, S.Si, M.Kes. (RSUP dr. Karyadi)

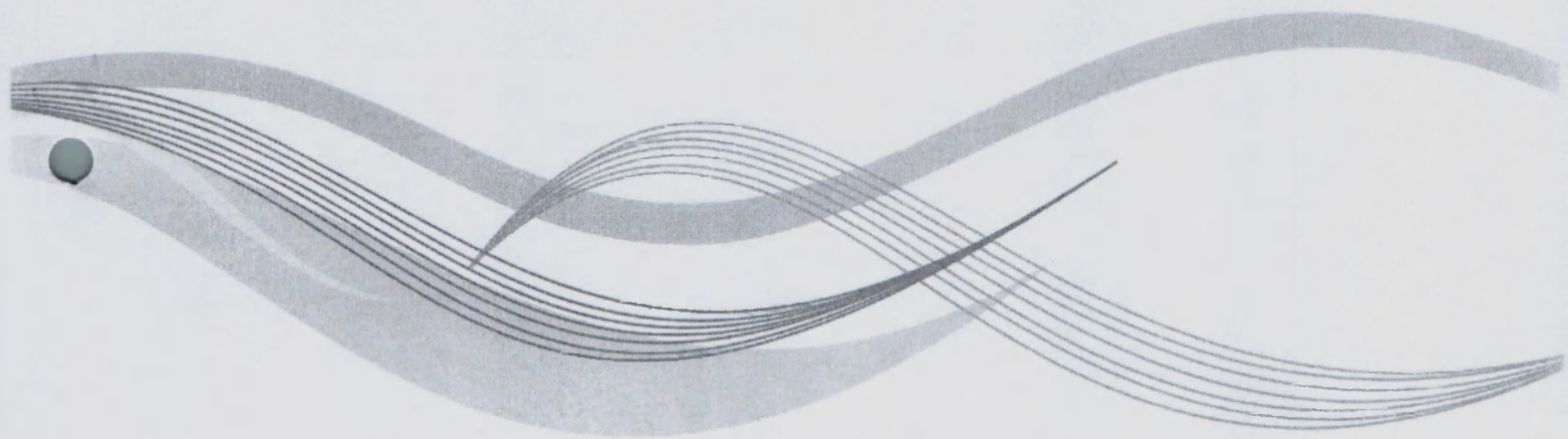
Sesi Kedokteran Nuklir

- Rini Shintawati, M.Sc. (RSUP dr. Hasan Sadikin)
- Nur Rahmah Hidayati, M.Sc. (Badan Tenaga Nuklir Nasional)
- Yurnelly, S.Si. (RS. Jantung Harapan Kita)
- Zainal Arifin, M.Si (Universitas Diponegoro)

Sesi Biofisika

- Dr. Yessie Widya Sari (Dept. Fisika FMIPA IPB)
- Dr. Endarko (Dept. Fisika FMIPA ITS)
- Dr. Suryani Dyah Astuti (Dept. Fisika FST UNAIR)
- Much Azam, M.Si. (Dept. Fisika FSM UNDIP)

JADWAL SEMINAR



Sabtu, 11 Agustus 2018

SEMINAR ILMIAH (Rangkaian Pembukaan dan Sesi Pleno)

(Hotel MG Setos Semarang)

Moderator : Pandji Triadyaksa, M.Sc.
Zaenal Arifin, M.Si.

Waktu	Kegiatan
08.00-08.30	Registrasi
08.30-09.30	Rangkaian Acara Pembukaan PIT-FMB 2018
09.30-10.15	Keynote speaker (KS) dr. Andi Saguni, MA – Kemenkes RI
10.15-10.30	<i>Coffee Break</i>
10.30-11.10	Plenary speaker 1 (PS-01) <i>Functions of data science in medical physics</i> Prof. Dr. Hidetaka Arimura – Kyushu University, Japan
11.10-11.50	Plenary speaker 2 (PS-02) <i>Radiation protection and dosimetry for medical field</i> Dr. Toshioh Fujibuchi – Kyushu University, Japan
11.50-13.00	LUNCH & ISHOMA
13.00-13.15	Vendor Update (1) PT. Indosopha
13.15-13.30	Vendor Update (2) PT. Indosopha
13.30-13.45	Vendor Update (3) PT. Enseval
13.45-14.15	Plenary speaker 4 (PS-03) Fisikawan medis dalam era <i>personalized radiology</i> Prof. Dr. Wahyu Setia Budi – Universitas Diponegoro
14.15-14.45	Plenary speaker 3 (PS-04) Tantangan implementasi dosimetri lapangan kecil radioterapi Supriyanto A. Pawiro, Ph.D – Universitas Indonesia
14.45-15.30	<i>Coffee Break & Sholat Ashar</i>
15.30-16.00	Plenary speaker 6 (PS-05) Aplikasi ECVT untuk pencitraan tubuh manusia Dr. Warsito P. Taruno – C-TechLabs Edwar Technology
16.00-16.30	Plenary speaker 5 (PS-06) Pengkajian dosis organ di Indonesia: merespon isu global proteksi radiasi bidang kedokteran nuklir Nur Rahmah Hidayati, M.Sc. – Badan Tenaga Nuklir Nasional

Minggu, 12 Agustus 2018

SEMINAR ILMIAH (Sesi Paralel dan Sesi Penutupan)

SESI PARALEL : RUANG 1

Chair : Edy Suprpto, M.Si.

Co-Chair : Evi Setiawati, M.Si.

Waktu	Kegiatan
08.00-08.30	Registrasi
08.30-09.00	[IS-RT-01] Konsep fisis perhitungan dosis pada pasien di radioterapi Dr. rer. nat. Freddy Haryanto
09.00-09.10	[RT- 01] Study of secondary gamma emitted during proton therapy G. A. Urfa, A. E. Chen, and M. V. Nemallapudi
09.10-09.20	[RT- 02] Penentuan konfigurasi <i>beam</i> yang optimal pada kanker prostat dengan menggunakan parameter HI, TCI, NTSI, TCP, dan NTCP A.P. Bhakti dan F. Haryanto
09.20-09.30	[RT- 03] Proporsi teknik radiasi antara elektron dan brakhiterapi superfisial Sebagai <i>booster</i> kanker payudara paska radiasi eksterna teknik tangensial dinding dada yang telah dilakukan mastektomi Di RSUP dr Kariadi Khumaidi, D.F. Bramantyo, dan Z. Arifin
09.30-09.40	[RT- 04] Efek sudut kolimator dan lebar bukaan <i>jaw</i> terhadap hasil optimisasi perencanaan radioterapi dengan teknik rapidArc (RA) A. Mutohar dan L. A. N. Fatimah
09.40-09.50	[RT- 05] Pengaruh penggunaan pelat pelindung pada <i>intra-operative radiation therapy</i> terhadap persentase dosis kedalaman untuk kasus kanker payudara A. Amalia dan R. Widita
09.50-10.00	[RT- 06] Penentuan jumlah optimum dan posisi <i>seed</i> pada brakiterapi kanker payudara dengan menggunakan I-125 6702 A. Nurul dan R. Widita
10.00-10.20	<i>Coffee Break</i>

10.20-10.30	[RT- 07] Pengaruh <i>euromechanics rw3 qa phantom</i> terhadap keluaran radiasi dan <i>time error</i> pada pesawat <i>cobalt 60</i> M. Manda, N. Patandung, W. E. Wibowo
10.30-10.40	[RT- 08] Verifikasi dosis radiasi teknik <i>intensity modulated radiotherapy</i> (IMRT) dengan menggunakan 2D Array pada kasus kanker <i>cerebri</i> A. Walyatalattov, Darmawati, A. Muharini, dan Anggrata
10.40-10.50	[RT- 09] Verifikasi dosis radiasi teknik <i>intensity modulated radiotherapy</i> (IMRT) dengan menggunakan 2D array pada kasus kanker <i>sinonasal</i> L. Rahayu, Darmawati, A. Muharini, dan Anggrata
10.50-11.00	[RT- 10] Evaluasi konsistensi nilai indeks gamma pada verifikasi perencanaan radioterapi teknik IMRT dan VMAT kasus kanker otak dan kanker prostat N. U. Fitriyah, M. Fadli, S. A. Pawiro, dan T. Siswantining
11.00-11.10	[RT- 11] Pengukuran produk aktivasi dalam <i>medical linear accelerator</i> A. S.Hartanti, Bunawas, dan J. A. E. Noor
11.10-11.20	[RT- 12] Pengaruh jumlah segmen terhadap distribusi dosis radiasi menggunakan teknik <i>intensity-modulated radiotherapy</i> (IMRT) pada kanker kepala dan leher S. Hunou, Darmawati, Mondjo, dan Anggrata
11.20-11.30	[RT- 13] Analisis keluaran berkas foton 6 MV dan elektron dengan orientasi <i>jaws</i> pada luasan lapangan persegi panjang pesawat <i>linear accelerator</i> M. Sahara, K. S. Firdausi, E. Setiawati, dan G. P. Saraswati
11.30-11.40	[RT- 15] Perbandingan <i>output factor</i> dari <i>beam data commissioning linear accelerator</i> (linac) baru di Indonesia A. D. Handika dan W. E. Wibowo
11.40-11.50	[RT-16] Karakteristik berkas foton 6 MV tanpa <i>flattening filter</i> pesawat pemercepat linier medik varian trilogy A. F. Firmansyah, D. Ryangga, S. I. Sunaryati, N. Rajagukguk, dan A. Azzi
11.50-12.00	[RT-17] Optimasi energi berkas elektron dan ukuran aplikator treatment IOERT menggunakan metode Monte Carlo dengan parameter <i>beam flatness</i> dan

	<i>beam symmetry</i> N.I. Ramadhan dan F. Haryanto
12.00-12.30	Pemberian penghargaan pemakalah terbaik dan penutupan
12.30-13.00	ISHOMA

Minggu, 12 Agustus 2018

SEMINAR ILMIAH (Sesi Paralel dan Sesi Penutupan)

SESI PARALEL : RUANG 2

Chair : Susila Wardaya, M.Si.

Co-Chair : Sudharto Wahab Ahmad, SH, DFM, M.Kes.

Waktu	Kegiatan
08.00-08.30	Registrasi
08.30-09.00	[IS-RT-02] Pengolahan citra medik menggunakan metoda <i>celluler automata</i> (CA) untuk aplikasi dalam bidang radioterapi Prof. Dr. Syamsir Dewang
09.00-09.10	[RT-18] Pengaruh faktor repopulasi dalam <i>biological effective dose</i> (BED) dan <i>time, dose, fractionation</i> (TDF) terhadap perubahan jumlah fraksi radioterapi Hanivia, Y. R. Annisa, dan R. Widita
09.10-09.20	[RT-19] Perbandingan model berkas pesawat LINAC dengan <i>flattening filter</i> (WFF) dan <i>flattening filter free</i> (FFF) menggunakan simulasi monte carlo EGSnrc user code A. Azzi, D. Ryangga, dan S. A. Pawiro
09.20-09.30	[RT-21] <i>Commissioning</i> algoritma perhitungan dosis <i>quadrant infinite beam</i> (QIB) pada perangkat lunak <i>computational environment for radiotherapy research</i> (CERR) Y. R. Annisa dan F. Haryanto
09.30-09.40	[RT-22] Validasi <i>SSD extended</i> pada <i>treatment planning system</i> (TPS) eclipse dengan algoritma AAA S. Ulya, D. Ryangga, dan S. A. Pawiro
09.40-09.50	[RT-23] Studi awal deteksi dan diagnosa tumor paru-paru menggunakan jaringan syaraf <i>backpropagation</i> dan sistem logika <i>fuzzy</i> T. Pandiangan, I. Bali, dan A. R. J. Silalahi
09.50-10.00	[RT-24] <i>Determination of the absorbed dose rates to water for photon beams with a small field size Using the ptw microdiamond detector</i> A. F. Firmansyah, S. I. Sunaryati, dan N. Rajagukguk
10.00-10.20	<i>Coffee Break</i>

10.20-10.30	[RT-25] Simulasi distribusi dosis serap dan dosis efektif untuk <i>brachytherapy</i> pada kanker hati dengan radiasi- γ ^{103}Pd menggunakan MCNPX R. Almareanta, Z. Arifin, dan E. Setiawati
10.30-10.40	[RT-26] Verifikasi teknik <i>IMRT</i> menggunakan kamera <i>CCD-based EPID</i> A. D. Sakti, S. Ramantisan, W. S. Budi, M. Hidayatullah, dan E. Hidayanto
10.40-10.50	[RT-28] Verifikasi monitor unit pada modalitas <i>linear accelerator</i> (LINAC) foton 6 MV T. G. D. Kumara, W. E. Wibowo, dan S. A. Pawiro
10.50-11.00	[RT-29] Penentuan jumlah Seed ^{125}I pada <i>brachytherapy</i> untuk kanker pankreas dengan simulasi Monte Carlo <i>N-particle extended</i> M. N. Widhatama, Z. Arifin, dan E. Setiawati
11.00-11.10	[RT-30] Evaluasi dosis radiasi perifer berkas foton <i>flattening filter free</i> (FFF) 6 MV menggunakan detektor CC13 I.P. Putri, D. Ryangga, dan S.A. Pawiro
11.10-11.20	[RT-31] Pengaruh variasi jarak sumber Gamma Knife Perfexion TM terhadap spektrum keluaran detektor NaI (TI) Junios, F. Haryanto, Z. Su'ud, dan Irhas
11.20-11.30	[RT-32] Evaluasi spektrum neutron keluaran pesawat linac Elekta Agility menggunakan MCNP I. Budiansah, S. Yani, M. F. Rhani, dan F. Haryanto
11.30-11.40	[RT-33] Studi area pengukuran derajat kehitaman film gafchromic untuk pembangkitan kurva kalibrasi dosis pada berkas keluaran referensi <i>gamma knife</i> Irhas, E. Soediatmoko, dan F. Haryanto
11.40-11.50	[RT-34] Analisis efektifitas <i>masker body loxon</i> pada kasus <i>hepatocellular carcinoma</i> dengan teknik <i>Rapid ARC</i> terhadap koordinat X, Y Dan Z menggunakan <i>On Board Imager</i> (OBI) di Rumah Sakit Siloam MRCCC Semanggi Samsun, Sriyatun, N. H. Apriantoro, R. Kurniawan, dan S. Pangestu
11.50-12.30	Pemberian penghargaan pemakalah terbaik dan penutupan
12.30-13.00	ISHOMA

Minggu, 12 Agustus 2018

SEMINAR ILMIAH (Sesi Paralel dan Sesi Penutupan)

SESI PARALEL : RUANG 3

Chair : Agung N. Oktavianto, M.Si.

Co-Chair : Siti Akbari, S.Si., M.Kes.

Waktu	Kegiatan
08.00-08.30	Registrasi
08.30-08.50	[IS-RDI-01] <i>Acceptance test sistem computed radiography (CR)</i> Prof. Dr. Djarwani Soeharso Soejoko (Universitas Indonesia)
08.50-09.10	[IS-RDI-02] <i>Diagnostic reference level: penting dan urgensinya</i> Johan Noor, PhD (Universitas Brawijaya)
09.10-09.20	[RDI- 01] <i>Echo planar imaging (EPI): prinsip dasar dan pengembangan mutakhir</i> W. Ifani
09.20-09.30	[RDI- 02] Perbandingan diameter efektif dan diameter ekuivalen air untuk estimasi dosis pasien yang menjalani pemeriksaan CT pada daerah pelvis, perut, dada dan kepala C. Anam, F. Haryanto, R. Widta, I. Arif, dan G. Dougherty
09.30-09.40	[RDI- 03] Peningkatan akurasi ukuran kanker serviks dari citra CT-Scan melalui peningkatan kontras citra K. Ain, B. Haris, dan I. Purwanti
09.40-09.50	[RDI- 04] <i>Survey dosis pasien thorax dewasa computed tomography (CT) multislice: studi pendahuluan</i> M. Damanik, Josepa, dan Z. Arifin
09.50-10.00	[RDI- 05] Evaluasi dosis dan kualitas citra <i>mega-voltage computed tomography (MVCT)</i> pada perangkat tomoterapi N. Lailyshofa, W. E. Wibowo, Nuruddin, B. Ferliano, dan S. A. Pawiro
10.00-10.20	<i>Coffee Break</i>

10.30-10.40	[RDI- 06] Optimasi akuisisi citra simulator CT: studi awal verifikasi nilai HU terhadap variasi <i>pitch</i> dan kVp Rofikoh, A. Rafliansyah , D. S. Soejoko, dan Sugiyantari
10.40-10.50	[RDI- 07] Evaluasi <i>mean glandular dose</i> (MGD) pada pesawat mammografi B. Rahayuningsih dan Z. Arifin
10.50-11.00	[RDI- 08] Aplikasi metoda <i>celluler automata</i> (CA) pada bidang radioterapi guna memprediksi penyusutan citra CT scan pada pasien penderita tumor otak S. Dewang, M. K. A. Darwis, dan S. Arif
11.00-11.10	[RDI- 09] Audit dosis pasien <i>computed tomography</i> (CT) <i>multislice</i> untuk pemeriksaan kepala dan abdomen: studi pendahuluan J. N. D. Simanjuntak dan L. E. Lubis
11.10-11.20	[RDI- 10] Pengaruh <i>threshol</i> d terhadap derajat keabuan rata-rata dan <i>signal to noise ratio</i> (SNR) citra batu kemih L. A. Fitri, Y. Warty, F. D. E. Latief, F. Haryanto, dan U. Fauzi
11.20-11.30	[RDI-11] Optimalisasi parameter <i>bandwidth</i> dan <i>time echo</i> untuk mengurangi <i>susceptibility artifacts</i> dan <i>chemical shift</i> pada MRI A. Muzamil, N. V. I. Astutik, dan S. D. Astuti
11.30-11.40	[RDI-12] Pemantauan paparan radiasi 2 (dua) unit <i>computed tomography</i> yang dipasang pada ruang berdampingan T. Amalia, C. Anam, L. E. Lubis, dan A. Taopik
11.40-11.50	[RDI-14] Pengembangan perangkat lunak untuk uji kualitas citra digital perangkat radiologi diagnostik I. P. Susila, L. E. Lubis, dan D. S. Soejoko
11.50-12.00	[RDI-15] Inovasi sistem pencitraan radiografi digital untuk pengembangan Lab Fisika Medik Unnes Susilo, W. Hardyanto, Mosik, dan R. Setiawan
12.00-12.30	Pemberian penghargaan pemakalah terbaik dan penutupan
12.30-13.00	ISHOMA

SUSUNAN DEWAN REDAKSI PROSIDING PIT-FMB 2018

Ketua Dewan Redaksi

Prof. Dr. Djarwani S. Soejoko

Wakil Ketua Dewan Redaksi

Supriyanto A. Pawiro, Ph.D.

Anggota Dewan Redaksi

Prof. Dr. Wahyu S. Budi

Prof. Dr. Syamsir Dewang

Dr. rer. nat. Freddy Haryanto

Johan A. E. Noor, Ph.D.

Agung N. Oktavianto, M.Si.

Editor

Dr. Choirul Anam

Dr. Eng. Eko Hidayanto

Zaenal Arifin, M.Si.

Pandji Triadyaksa, M.Sc.

Zaenul Muhlisin, M.Si.

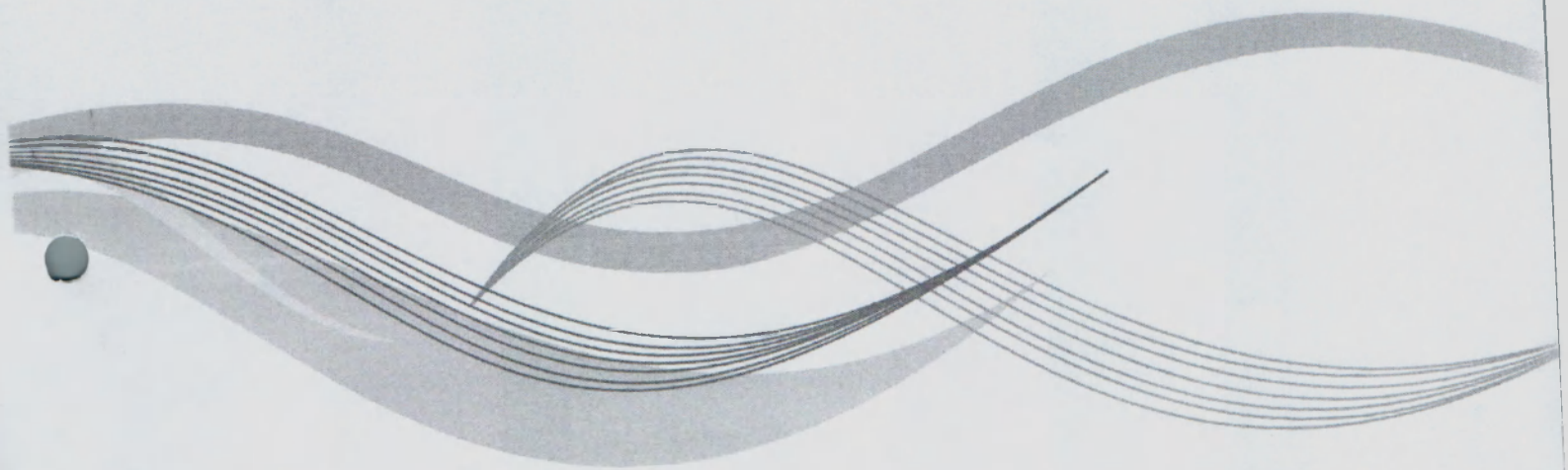
Evi Setiawati, M.Si.

Heri Sugito, M.Sc.

Desain dan Layout

Feri Junia Purnomo

ABSTRAK



Karakteristik berkas foton 6 MV tanpa *flattening filter* pesawat pemercepat linier medik Varian Trilogy

A. F. Firmansyah^{1,*}, D. Ryangga², S. I. Sunaryati³, N. Rajagukguk⁴ dan A. Azzi⁵

^{1,3,4}Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional, 12440, Jakarta, Indonesia

²Rumah Sakit Umum Daerah Pasar Minggu, 12550, Jakarta, Indonesia

⁵Program Pasca Sarjana Universitas Indonesia, Jawa Barat, 16424, Indonesia

*E-mail: firnando3154@gmail.com

ABSTRAK

PENDAHULUAN Makalah ini menyajikan karakteristik dosimetri berkas foton 6 MV tanpa flattening filter yang dipancarkan dari pesawat pemercepat linier medik Varian Trilogy. Hal ini sangat penting untuk diulas mengingat perkembangan teknik dalam radioterapi beberapa tahun belakangan ini menunjukkan semakin banyak penggunaan lapangan radiasi kecil (kurang dari 4cm x4cm). Sehingga dengan penggunaan berkas yang relatif kecil tidak digunakan lagi flattening filter pada berkas foton di pesawat pemercepat linier medik.

BAHAN DAN METODE Karakteristik berkas radiasi meliputi: laju dosi serap, persentase dosis di kedalaman, profil berkas foton dan faktor keluaran. Diuraikan juga pengukuran yang sama menggunakan flattening filter sebagai perbandingan. Pengukuran persentase dosis di kedalaman dan profile dilakukan dengan detektor ionisasi tipe CC13 volume 0,13 cc, kemudian pengukuran faktor keluaran menggunakan tiga buah detektor ionisasi masing-masing tipe IBA CC13 volume 0,13 cc, Pinpoint PTW 31016 volume 0,016 cc dan TW 30013 volume 0,6 cc. Pengukuran dilakukan di dalam Blue Fantom2 IBA pada jarak sumber radiasi ke permukaan 100 cm. Fantom dilengkapi dengan perangkat lunak OmniPro Accept versi 7.3 yang digunakan untuk memindai dan menganalisis berkas radiasi.

HASIL Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa untuk berkas foton tanpa flattening filter, dosis di permukaan mendapatkan nilai yang lebih besar dengan selisih 9,1%, 7,6%, dan 5,9% dibandingkan dengan menggunakan flattening filter untuk lapangan radiasi 5x5, 10x10, dan 15x15 dalam satuan cm x cm. Tetapi kualitas radiasi yang dimiliki berkas foton tanpa flattening filter cenderung lebih rendah terhadap berkas foton menggunakan flattening filter.

PEMBAHASAN Perbedaan kualitas berkas foton ini semakin jelas pada kedalaman yang semakin jauh. Dengan kualitas yang lebih rendah maka kedalaman yang dicapai dari dosis maksimum (DMak) juga lebih pendek, yaitu rata-rata 0,12 cm terhadap berkas foton yang menggunakan flattening filter.

KESIMPULAN Sebagai kesimpulan, bahwa berkas foton tanpa flattening filter menyebabkan karakteristik dosimetri berkas radiasi yang berbeda dibandingkan menggunakan flattening filter.

Kata kunci: ionisasi, radiasi, persentase, profil, radioterapi

Karakteristik berkas foton 6 MV tanpa *flattening filter* pesawat pemercepat linier medik Varian Trilogy

A. F. Firmansyah^{1*}, D. Ryangga², S. I. Sunaryati³, N. Rajaguguk⁴ dan A. Azzi⁵

^{1,3,4}Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional, 12440, Jakarta, Indonesia

²Rumah Sakit Umum Daerah Pasar Minggu, 12550, Jakarta, Indonesia

⁵Program Pasca Sarjana Universitas Indonesia, Jawa Barat, 16424, Indonesia

*Email: firmando3154@gmail.com

ABSTRAK

Makalah ini menyajikan karakteristik dosimetri berkas foton 6 MV tanpa flattening filter yang dipancarkan dari pesawat pemercepat linier medik Varian Trilogy. Hal ini sangat penting untuk diulas mengingat perkembangan teknik dalam radioterapi beberapa tahun belakangan ini menunjukkan semakin banyak penggunaan lapangan radiasi kecil (kurang dari 4cm x4cm). Sehingga dengan penggunaan berkas yang relatif kecil tidak digunakan lagi flattening filter pada berkas foton di pesawat pemercepat linier medik. Karakteristik berkas radiasi meliputi: laju dosi serap, persentase dosis di kedalaman, profil berkas foton dan faktor keluaran. Diuraikan juga pengukuran yang sama menggunakan flattening filter sebagai perbandingan. Pengukuran persentase dosis di kedalaman dan profile dilakukan dengan detektor ionisasi tipe CC13 volume 0,13 cc, kemudian pengukuran faktor keluaran menggunakan tiga buah detektor ionisasi masing-masing tipe IBA CC13 volume 0,13 cc, Pinpoint PTW 31016 volume 0,016 cc dan TW 30013 volume 0,6 cc. Pengukuran dilakukan di dalam Blue Phantom2 IBA pada jarak sumber radiasi ke permukaan 100 cm. Fantom dilengkapi dengan perangkat lunak OmniPro Accept versi 7.3 yang digunakan untuk memindai dan menganalisis berkas radiasi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa untuk berkas foton tanpa flattening filter, dosis di permukaan mendapatkan nilai yang lebih besar dengan selisih 9,1%, 7,6%, dan 5,9% dibandingkan dengan menggunakan flattening filter untuk lapangan radiasi 5x5, 10x10, dan 15x15 dalam satuan cm x cm. Tetapi kualitas radiasi yang dimiliki berkas foton tanpa flattening filter cenderung lebih rendah terhadap berkas foton menggunakan flattening filter. Perbedaan kualitas berkas foton ini semakin jelas pada kedalaman yang semakin jauh. Dengan kualitas yang lebih rendah maka kedalaman yang dicapai dari dosis maksimum (D_{Mak}) juga lebih pendek, yaitu rata-rata 0,12 cm terhadap berkas foton yang menggunakan flattening filter. Sebagai kesimpulan, bahwa berkas foton tanpa flattening filter menyebabkan karakteristik dosimetri berkas radiasi yang berbeda dibandingkan menggunakan flattening filter.

Kata kunci: ionisasi, radiasi, persentase, profil, radioterapi

ABSTRACT

This paper describes the dosimetry characteristics of a 6 MV flattening filter free beam produced from a Varian Trilogy linear accelerator unit. This is very important to discuss because the technical developments in radiotherapy in recent years have shown more and more use of small radiation fields (less than 4cm x4cm). So with the relatively small field usage, no needed flattening filter in the photon beam in the medical linear accelerator again. The radiation beam characteristics consist of absorbed dose to water rate, percentage depth doses, output factors and beam profiles. And also described about the same measurement using flattening filter as a comparison. Measurement of percentage depth dose and profile was done with ionization chamber type of CC13 volume 0.13 cc, the measurement of output factor using three ionization chamber type of: IBA CC13 volume 0.13 cc, pinpoint PTW 31016 volume 0.016 cc and TW 30013 volume 0.6 cc. Measurement has been carried out inside the Blue Phantom 2 IBA by using 0.13 cc type of CC 13 ionization chambers at the source to the detector distance of 100 cm. The Blue Phantom 2 was supported with OmniPro Accept software version 7.3 to scan the beams. The result obtained showed the flattening filter free beams, the surface doses where higher than about 9.1%, 7.6%, and 5.9% of compared to using flattening filters for radiation field 5x5, 10x10 and 15x15 in unit cm x cm. But the quality of the photon beam radiation with flattening filter free be lower than the photon beam using a flattening filter. The difference in the quality of the photon beam is increasingly evident at deeper. With the lower quality, the maximum dose (D_{Mak}) is also shorter, about is 0.12 cm from photon beams that use the flattening filter. In conclusion, that photon beam without flattening filter produces a different type of radiation than the use flattening filter.

Keywords: ionization, radiation, percentage, profile, radiotherapy

PENDAHULUAN

Dalam radioterapi, berkas foton dengan energi tinggi dihasilkan dengan cara membombardir *target* dengan berkas elektron energi tinggi. Untuk jangka panjang berkas yang digunakan adalah homogen yang diperoleh dengan menempatkan *flattening filter* pada berkas foton tersebut.

Perkembangan teknik dalam radioterapi beberapa tahun belakangan ini menunjukkan semakin pentingnya penggunaan lapangan radiasi kecil

(kurang dari 4cm x4cm). Dengan demikian tidak diperlukan berkas yang homogen.

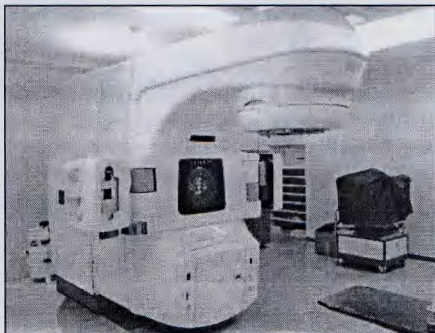
Di Indonesia penggunaan berkas radiasi foton dari pesawat pemercepat linier medik yang tidak menggunakan *flattening filter* diawali dari Rumah Sakit Umum Pusat Nasional Dr. Cipto Mangunkusumo, Jakarta pada tahun 2016 dengan dioperasikannya pesawat tomoterapi HI-ART dilanjutkan oleh Rumah Sakit Murni Teguh Memorial Hospital, Medan dengan pesawat Elekta Versa HD serta Rumah Sakit Umum

Daerah Pasar Minggu dan Rumah Sakit Kanker Dharmas dengan pesawat Varian Trilogy. ¹

Pesawat pemercepat linier medik Varian Trilogy dapat dilihat pada Gambar 1. Beberapa keuntungan dari penggunaan berkas foton tanpa *flattening filter* dibandingkan dengan menggunakan *flattening filter* ini antara lain bertambahnya laju dosis, berkurangnya hamburan pada *head* pesawat dan berkurangnya dosis di luar lapangan radiasi. Bertambahnya laju dosis sudah tentu merupakan keuntungan tersendiri untuk teknik *stereotactic radiotherapy* (SRS) dan *intensity modulated radiotherapy* (IMRT).²

Pada akhir tahun 2017 International Atomic Energy Agency memublikasi Technical Report Series No. 483 dengan judul *Dosimetry of Small Static Fields Used in External Beam Radiotherapy*³

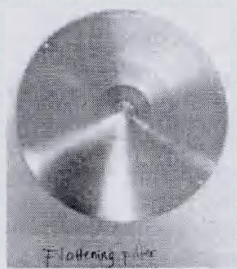
Makalah ini menguraikan karakteristik dosimetri berkas foton 6 MV dengan dan tanpa *flattening filter* yang dipancarkan dari pesawat pemercepat linier medik Varian Trilogy no. seri 6258 milik Rumah Sakit Umum Daerah Pasar Minggu.



Gambar 1. Pesawat pemercepat linier medik Varian Trilogy

TINJAUAN PUSTAKA

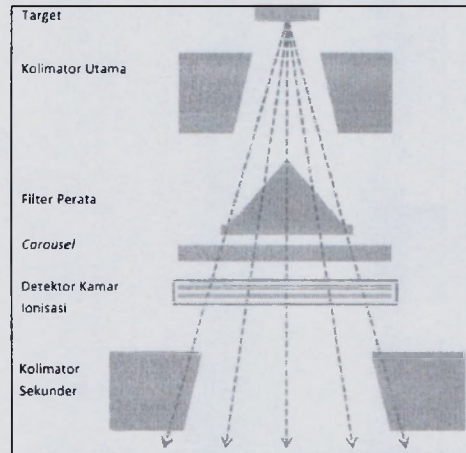
Berkas foton dari pesawat pemercepat linier medik dihasilkan dari berkas elektron yang dipercepat dalam *wave guide* yang ditumbukkan pada suatu target. Untuk keperluan penyinaran tumor, diperlukan berkas radiasi foton yang homogen. Untuk itu berkas radiasi difiltrasi menggunakan filter perata (*flattening filter*) yang berbentuk konus (*cone*) dengan titik konus menghadap target. *flattening filter* ini dibuat dari bahan tungsten atau logam atau kombinasi timah hitam/baja. *Flattening filter* dari pesawat linac Varian Trilogy dapat dilihat pada Gambar 2.



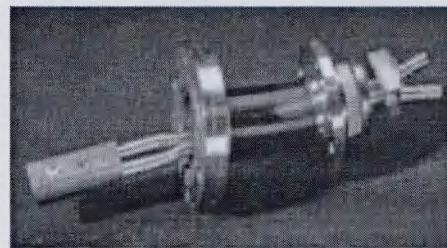
Gambar 2. Filter perata berkas (*flattening filter*)

Dengan penggunaan *flattening filter* ini, maka akan menimbulkan beberapa efek negatif seperti:

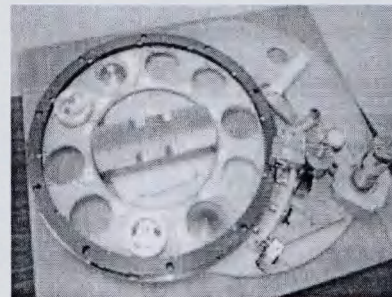
- pengurangan intensitas berkas radiasi primer yang mengarah pada pengurangan laju dosis
- perubahan spektrum berkas radiasi
- kontaminasi elektron pada berkas radiasi primer
- Bertambahnya kebocoran radiasi pada *Head* pesawat. ⁴



Gambar 3. Diagram berkas foton pesawat pemercepat linier medik



Gambar 4. Target elektron



Gambar 5. Carousel

Penggunaan berkas radiasi foton yang tidak difiltrasi dikenal dengan akronim FFF sebagai kepanjangan dari *Flattening Filter Free* pertama kali diperkenalkan oleh O' Brien dan kawan-kawan pada tahun 1991 yang meneliti penggunaan berkas radiasi foton yang tidak difiltrasi dengan *flattening filter* pada pesawat pemercepat linier Therac 6. Di era moderen berkas radiasi foton tanpa difiltrasi digunakan dalam pesawat Tomoterapi dan Cyber Knife. ^{5,6}

PERALATAN DAN TATA KERJA

Sumber Radiasi

Sebagai sumber radiasi digunakan pesawat pemercepat linier medik Varian *Trilogy* yang dapat memancarkan berkas foton 6 MV dan 10 MV menggunakan *flattening filter* (FF). Pesawat ini dapat juga digunakan untuk berkas foton 6 MV tanpa *flattening filter*.

Pesawat Varian *Trilogy* ini dilengkapi dengan 120 bilah kolimator dengan ketebalan 5 mm.

Alat Ukur Radiasi

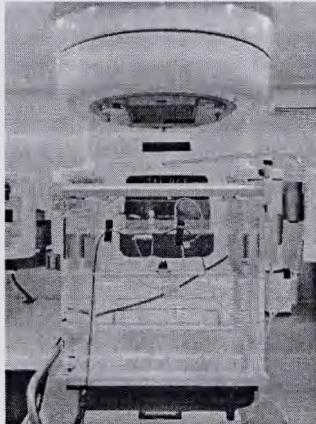
Sebagai alat ukur radiasi untuk pengukuran persentase dosis di kedalaman dan profil berkas radiasi digunakan dua buah detektor ionisasi volume 0,13 cc tipe CC13 IBA. Sedangkan untuk pengukuran faktor keluaran digunakan tiga buah detektor ionisasi masing-masing dengan volume 0,13 cc IBA CC13, volume 0,016 cc TW 60016 dan volume 0,6 cc TW 30013

Fantom Air

Pengukuran dilakukan di dalam fantom air Blue Fantom² IBA dengan dimensi pemindaian (*scanning*) 48 cm x 48 cm x 48 cm yang dilengkapi perangkat lunak OmniPro Accept versi 7.3 untuk pemindaian data.

Tata Kerja

Pertama-tama dilakukan pengukuran persentase dosis di kedalaman air berkas foton 6 MV menggunakan *flattening filter* 6 MV. Setelah itu dilakukan pengukuran tanpa *flattening filter* 6 MV. Kedua pengukuran tersebut dilakukan jarak sumber radiasi ke permukaan air 100 cm dan lapangan radiasi yang bervariasi 5cmx5cm, 10cmx10 cm, 15cmx15cm. Susunan peralatan pada pengukuran dapat dilihat pada Gambar 6.



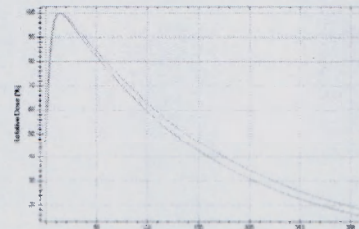
Gambar 6. Susunan peralatan pada pengukuran persentase dosis di kedalaman, faktor keluaran dan profil berkas radiasi foton 6 MV FF dan FFF. Jarak sumber radiasi ke permukaan 100 cm.

Setelah itu dilakukan pengukuran faktor keluaran berkas radiasi 6 MV FF dan FFF dari lapangan radiasi 2cmx2cm sampai dengan 15cmx15cm pada jarak sumber radiasi ke permukaan air 100 cm. Pengukuran dilakukan menggunakan detektor ionisasi CC13 IBA yang dirangkaikan dengan elektrometer Dose 1 dan detektor ionisasi volume 0,6 cc TW 30013 dan TW 90016 yang dirangkaikan dengan elektrometer PTW *Webline*.

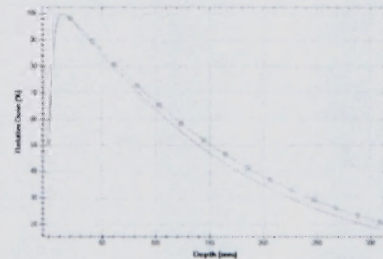
Selanjutnya dilakukan pengukuran profil pada arah *inline* dan *crossline* menggunakan detektor CC13 untuk lapangan radiasi 3cmx3 cm, 10cmx10cm dan 15cmx15cm untuk berkas radiasi 6 MV FF, sedangkan untuk 6 MV FFF ditambah dengan lapangan 2cmx2cm, 4cmx4cm, 5cmx5cm dan 15cmx15cm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

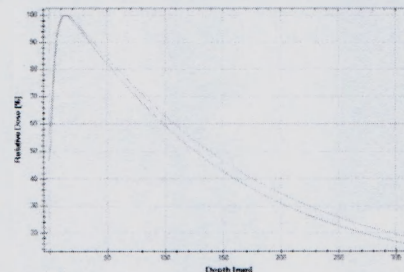
Hasil pengukuran persentase dosis di kedalaman berkas foton dengan dan tanpa filter pada jarak sumber radiasi ke permukaan fantom 100 cm dengan lapangan radiasi 3cmx3cm, 5cmx5cm, 10cmx10cm, dan 15cmx15cm yang diukur menggunakan detektor ionisasi volume 0,125 cc dapat dilihat pada Gambar 7, 8, dan 9 di bawah ini, sedangkan parameter dosimetri kurva tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 7. Persentase dosis di kedalaman berkas foton 6 FF dan FFF pada jarak sumber radiasi 100 cm dan lapangan radiasi 5cmx5cm.



Gambar 8. Persentase dosis di kedalaman berkas foton 6 FF dan FFF pada jarak sumber radiasi 100 cm dan lapangan radiasi 10cmx10cm.



Gambar 9. Persentase dosis di kedalaman berkas foton 6 FF dan FFF pada jarak sumber radiasi 100 cm dan lapangan radiasi 15cmx15cm.

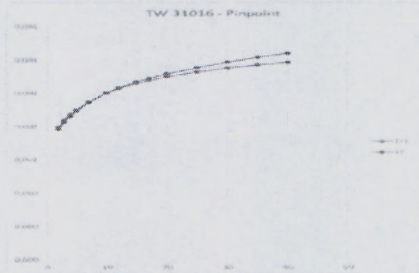
Dari Gambar 7, 8 dan 9 serta Tabel 1 dapat dilihat untuk semua lapangan radiasi yang diukur, menunjukkan bahwa semakin dalam pengukuran akan mendapatkan nilai perbedaan yang semakin besar.

Tabel 1. Parameter dosimetri berkas foton 6 MV pesawat pemercepat linier medik Varian Trilogy dengan dan tanpa flattening filter

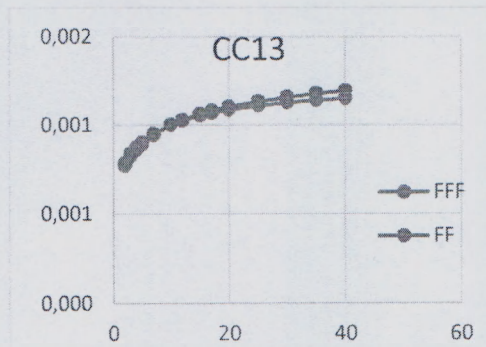
Parameter	5cmx5cm		10cmx10cm		15cmx15cm	
	FF	FFF	FF	FFF	FF	FFF
DS (%)	50,71	59,82	55,44	63,00	59,89	65,78
D10 (%)	62,90	59,36	66,54	63,48	68,43	65,20
D20 (%)	34,54	30,89	38,05	34,70	40,91	36,78
D _{max} (cm)	1,45	1,33	1,44	1,32	1,56	1,45
TPR _{20/10} (%)	0,636	0,599	0,665	0,633	0,697	0,655

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa untuk semua lapangan radiasi yang diukur mulai dari 5 cm x 5 cm sampai dengan 15 cm x 15 cm menunjukkan kecenderungan yang sama bahwa dosis di permukaan dari berkas 6 MV FFF mendapatkan nilai yang lebih besar daripada berkas 6 MV FF. Hal ini disebabkan karena berkas FFF adanya kontaminasi dengan elektron dan banyak komponen energi rendah dari berkas foton yang sampai di permukaan. Makin besar lapangan radiasi maka perbedaan tersebut semakin kecil.

Hasil pengukuran faktor keluaran menggunakan tiga buah detektor ionisasi dari lapangan 2cmx2cm sampai dengan 40cmx40cm dapat dilihat pada Gambar 10, 11 dan 12.



Gambar 10. Faktor keluaran berkas foton 6 MV FF dan FFF mulai dari lapangan 2cmx2cm sampai dengan 40cmx40 cm yang diukur dengan detektor ionisasi volume 0,016 cc tipe TW 31016.

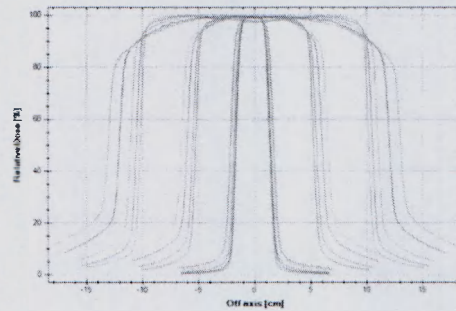


Gambar 11. Faktor keluaran berkas foton 6 MV FF dan FFF mulai dari lapangan 2cmx2cm sampai dengan 40cmx40cm yang diukur dengan detektor ionisasi volume 0,13 cc tipe IBA CC13.

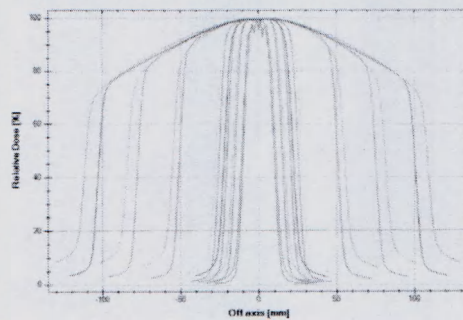


Gambar 12. Faktor keluaran berkas foton 6 MV FF dan FFF mulai dari lapangan 5cmx5cm sampai dengan 40cmx40cm yang diukur dengan detektor ionisasi volume 0,6 cc tipe TW 30013.

Dari Gambar 10, 11 dan 12 dapat dilihat bahwa faktor keluaran berkas foton 6 MV FF dan FFF mendapatkan kecenderungan yang sama yaitu berkas 6 MV FFF sedikit lebih rendah pada lapangan radiasi yang besar dan sebaliknya pada lapangan radiasi yang kecil.



Gambar 13. Profile berkas radiasi foton 6 MV FF pada inline dan crossline mulai dari lapangan radiasi 2cmx2cm sampai dengan 40cmx40cm pada jarak sumber radiasi ke permukaan fantom 100 cm.



Gambar 14. Profile berkas radiasi foton 6 MV FFF pada inline dan crossline mulai dari lapangan radiasi 2cmx2cm sampai dengan 40cmx40cm pada jarak sumber radiasi ke permukaan fantom 100 cm.

Dari Gambar 13 dan 14 dapat dilihat secara kualitatif pengaruh flattening filter terhadap profil berkas, pada lapangan radiasi yang relatif kecil tidak ditemukan perbedaan yang signifikan antara profil FF dan FFF. Sedangkan pada lapangan radiasi yang relatif besar (40cmx40cm) terlihat jelas perbedaan antara profil FF dan FFF. Hal ini disebabkan

peranan perata berkas yang sangat berpengaruh jika pada lapangan relatif besar.

KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa kedalaman dosis mencapai maksimum D_{Mek} berkas foton 6 MV dengan dan tanpa *flattening filter* bergeser secara tidak signifikan, dosis di permukaan berkas foton tanpa *flattening filter* menunjukkan nilai yang lebih besar dari pada berkas dengan *flattening filter*, kualitas radiasi berkas tanpa *flattening filter* lebih kecil dari pada dengan *flattening filter* perbedaan ini semakin besar pada kedalaman yang lebih jauh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Syarifatul Ulya yang telah mengizinkan penggunaan foto *flattening filter* dalam makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Radiotherapy, Rumah Sakit Umum Pusat Nasional Dr. Cipto Mangunkusumo, Jakarta (2016).
2. Gabriel Kragt, Sacha af Welterstdt, Barbara Knäust, Märten Lind, Patrick Mc Cavana, Tommy Knöös, Brendan Mc Clean, Dietmart Georg, "Radiotherapy and Oncology", Volume 93, (2009).
3. International Atomic Energy Agency, "Dosimetry of Small Static Fields Used in External Beam Radiotherapy". An International Code of Practice for Reference and Relative Dose Determination, Technical Report Series No. 483, IAEA, Vienna, (2017)
4. <https://www.mdbuyline.com/analyst/julie-johson/> Versa HD: The Technical Breakdown of Elekta's New Radiotherapy Linear Accelerator, March 5, (2013)
5. Ganesh Narayanasamy, Daniel Saenz, Wilbert Cruz, Chul S Ha, Niko Papanikolaou and Sotirios Stathakis, "Commissioning an Elekta HD linear accelerator", Journal of Applied Clinical Medical Physisc, Volume 17, number 1, (2016)
6. Mackey T.R., History of tomotherapy, Physics in Medicine and Biology, Phys. Med. Biol. 51, Institute of Physics Publishing, (2006)
7. Sen A., and West M.K., Commissioning experience and quality assurance of helical tomotherapy machines, Journal of Medical Physics, (2009)