

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN KARYA SENDIRI	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iv
ABSTRACT	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR ISTILAH	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Metode Pengumpulan Data	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pengertian Radioterapi	7
2.2 <i>Linear Accelerator (LINAC)</i>	8
2.3 Interaksi Foton dengan materi	11
2.4 <i>Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT)</i>	13
2.5 Kuantitas Berkas Foton	16
2.6 Distribusi Dosis	17
2.7 Metode Monte Carlo dalam Radioterapi	20

2.8	<i>Transport</i> Foton Pada Simulasi Monte Carlo	21
2.9	Program EGSnrc	24
2.9.1	BEAMnrc	26
2.9.2	DOSXYZnrc.....	27
2.9.3	ISOURCE 19 BEAMnrc dan ISOURCE 20 DOSXYZnrc.....	28
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		30
3.1	Data <i>Rtplan.dcm</i>	33
3.2	Desain <i>Head linac</i> pada BEAMnrc	34
3.3	Penentuan Karakteristik Berkas Foton	38
3.4	<i>Beam Shared Library</i>	39
3.5	Desain <i>Phantom</i> pada DOSXYZnrc	40
3.6	Simulasi Monte Carlo VMAT.....	42
3.7	Penentuan Kurva Distribusi Dosis	44
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		45
4.1	Hasil Simulasi <i>Head</i> Linac.....	45
4.2	Karakteristik Berkas Foton.....	46
4.3	Hasil Simulasi Distribusi Dosis VMAT.....	50
4.4	Analisis Distribusi Dosis VMAT.....	52
BAB 5 PENUTUP.....		64
5.1	Kesimpulan.....	64
5.2	Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA		65
LAMPIRAN A.....		68
	<i>Code</i> Pemograman <i>Python</i> Silinder	
LAMPIRAN B		70
	<i>Code</i> <i>Coordinate Transform from DICOM to DOSXYZnrc</i>	
LAMPIRAN C.....		72
	<i>Code</i> Pemograman <i>Pycom.py</i>	
LAMPIRAN D.....		81
RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komponen <i>head</i> Linac untuk mode foton (Podgorsak, 2005).....	9
Gambar 2.2 (A) Berkas sinar-x (B) Berkas elektron (Khan, 2014).....	10
Gambar 2.3 Ilustrasi terjadinya Efek Fotolistrik (Khan, 2014).....	12
Gambar 2.4 Ilustrasi terjadinya Efek Compton (Khan, 2014).....	12
Gambar 2.5 Ilustrasi terjadinya Produksi Pasangan (Khan, 2014).....	13
Gambar 2.6 Contoh distribusi dosis pada potongan axial abdomen dengan menggunakan hasil perhitungan TPS dengan VMAT (kiri) dan IMRT (kanan) (Dirgayussa, 2014)	15
Gambar 2.7 Kurva profil dosis (Gunilla, 1996).....	19
Gambar 2.8 Kurva Isodosis (Khaerani, 2017).....	19
Gambar 2.9 Transport foton pada simulasi Monte Carlo	21
Gambar 2.10 Pemilihan tipe interaksi	24
Gambar 2.11 Struktur <i>code system</i> EGSnrc (Kawrakow, 2013)	25
Gambar 2.12 <i>Flow Chart</i> BEAMnrc untuk memodelkan <i>head linac</i>	26
Gambar 2.13 <i>Flow chart</i> DOSXYZ untuk simulasi distribusi dosis <i>phantom</i>	28
Gambar 2.14 (a) ISOURCE 19 <i>parallel circular beam</i> 2D distribusi gaussian (b) ISOURCE 20 <i>synchronized phase space source</i> (Walters et al., 2015).....	29
Gambar 3.1 Skema alur penelitian (a) Simulasi <i>Head Linac</i> pada BEAMnrc dan (b) Simulasi Monte Carlo VMAT pada DOSXYZnrc	31
Gambar 3.2 Desain <i>head linac</i> pada BEAMnrc	38
Gambar 3.3 Desain <i>phantom arccheck</i>	40
Gambar 3.4 Desain <i>phantom python</i>	41
Gambar 4.1 Grafik <i>fluence</i> relatif terhadap <i>fluence</i> total arah sumbu-Y.....	47
Gambar 4.2 Grafik energi <i>fluence</i> relatif terhadap energi <i>fluence</i> total arah sumbu-Y	47
Gambar 4.3 Grafik distribusi spektral relatif terhadap distribusi spektral total ..	49

Gambar 4.4	Grafik Distribusi energi <i>fluence</i> relatif terhadap distribusi energi <i>fluence</i> total	50
Gambar 4.5	Distribusi dosis 1D untuk sumbu-X, (a) <i>phantom arccheck</i> MLC <i>pycom</i> , (b) <i>phantom arccheck</i> MLC Dicoman, (c) <i>phantom python</i> MLC <i>pycom</i> dan (d) <i>Phantom python</i> MLC Dicoman.....	54
Gambar 4.6	Distribusi dosis 2D untuk bidang XZ <i>slice</i> 65, (a) <i>phantom arccheck</i> MLC <i>pycom</i> , (b) <i>phantom arccheck</i> MLC Dicoman, (c) <i>phantom python</i> MLC <i>pycom</i> dan (d) <i>Phantom python</i> MLC Dicoman.....	55
Gambar 4.7	Distribusi dosis 1D untuk sumbu-Y (a) <i>phantom arccheck</i> MLC <i>pycom</i> , (b) <i>phantom arccheck</i> MLC Dicoman, (c) <i>phantom python</i> MLC <i>pycom</i> dan (d) <i>Phantom python</i> MLC Dicoman.....	57
Gambar 4.8	Distribusi dosis 2D untuk bidang XY <i>slice</i> 9, (a) <i>phantom arccheck</i> MLC <i>pycom</i> , (b) <i>phantom arccheck</i> MLC Dicoman, (c) <i>phantom python</i> MLC <i>pycom</i> dan (d) <i>Phantom python</i> MLC Dicoman.....	58
Gambar 4.9	Distribusi dosis 1D untuk sumbu-Z (a) <i>phantom arccheck</i> MLC <i>pycom</i> , (b) <i>phantom arccheck</i> MLC Dicoman, (c) <i>phantom python</i> MLC <i>pycom</i> dan (d) <i>Phantom python</i> MLC Dicoman.....	60
Gambar 4.10	Distribusi dosis 2D untuk bidang YZ <i>slice</i> 66 (a) <i>phantom arccheck</i> MLC <i>pycom</i> , (b) <i>phantom arccheck</i> MLC Dicoman, dan <i>slice</i> 40 (c) <i>phantom python</i> MLC <i>pycom</i> dan (d) <i>Phantom python</i> MLC Dicoman	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan antara IMRT dan VMAT	16
Tabel 3.1 Parameter input <i>Beam</i> pada data <i>rtplan.dcm</i>	34
Tabel 3.2 Parameter tetap dalam simulasi <i>Head Linac</i>	35
Tabel 3.3 Komponen modul yang digunakan dalam BEAMnrc untuk pemodelan <i>head linac</i>	35
Tabel 3.4 Parameter <i>MLC leaf position</i>	37
Tabel 3.5 Parameter BEAMDP untuk penentuan karakteristik berkas foton	39
Tabel 3.6 Jumlah dan ukuran <i>voxel</i> pada <i>phantom arccheck</i>	40
Tabel 3.7 Jumlah dan ukuran <i>voxel</i> pada <i>phantom python</i>	41
Tabel 3.8 Pengaturan <i>control point</i> pada <i>isource-20 DOSXYZnrc</i> dari <i>Python</i> ..	42
Tabel 3.9 Pengaturan <i>control point</i> pada <i>isource-20 DOSXYZnrc</i> dari <i>Dicom</i>	43
Tabel 4.1 History partikel dan waktu untuk simulasi <i>head linac</i>	45
Tabel 4.2 History partikel dan waktu simulasi VMAT <i>DOSXYZnrc</i>	51



DAFTAR ISTILAH

- DICOM : Data DICOM digunakan untuk menyimpan dan mengirimkan sebuah informasi dalam pencitraan medis. Data DICOM ini berisi data perencanaan radioterapi (*radiotherapy planning*) untuk kanker *thorax* dengan menggunakan perhitungan algoritma AAA yang diperoleh dari *Tan Tock Seng Hospital*, Singapura.
- MLC Dicoman : Informasi *MLC leaf position* pada data DICOM yang dibaca menggunakan *software* Dicoman, yaitu *software* yang digunakan untuk membaca file dalam format DICOM. *Software* DICOM ini dibuat oleh Yulong Yan pada tahun 2008.
- MLC *Pycom* : Informasi *MLC leaf position* pada data DICOM yang dibaca menggunakan *code* PYCOM yaitu *code* pemrograman dalam bahasa *python* yang digunakan untuk mengubah data DICOM menjadi file input untuk BEAMnrc dan DOSXYZnrc. PYCOM ini dibuat oleh Lixin Zhan pada tahun 2012.
- Phantom *Arccheck* : Phantom dengan bentuk silinder berbahan PMMA yang dibuat menggunakan program *ctcreate*, yaitu program yang dapat mengkonversi data CT scan menjadi file dalam format *.egsphant* yang digunakan untuk simulasi.
- Phantom *Python* : Phantom dengan bentuk silinder berbahan PMMA yang dibuat menggunakan *code* pemrograman dalam bahasa *python* yang dapat menghasilkan file dalam format *.egsphant*. *Code* pemrogramannya dibuat oleh Kyohei Fukata pada tahun 2017.

DAFTAR SINGKATAN

AAA	: <i>Analytical Anisotropic Algorithm</i>
CM	: <i>Component Module</i>
DICOM	: <i>Digital Imaging and Communication in Medicine</i>
ECUT	: <i>Electron Cut Off</i>
EGSnrc	: <i>Electron Gamma Shower national research council</i>
IMRT	: <i>Intensity Modulated Radiation Therapy</i>
LINAC	: <i>Linear Accelerator</i>
MLC	: <i>Multileaf Collimator</i>
MU	: <i>Monitor Unit</i>
MV	: <i>Mega Voltage</i>
PCUT	: <i>Photon Cut Off</i>
PMMA	: <i>Polimetil Methacrylate</i>
PYCOM	: <i>Python Dicom</i>
SSD	: <i>Source to Surface Distance</i>
TPS	: <i>Treatment Planning System</i>
VMAT	: <i>Volumetric Modulated Arc Therapy</i>

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG