

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	ii
SURAT KETERANGAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN .....	xiv
INTISARI.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Perumusan Masalah .....	3
I.2.1. Batasan Masalah .....	4
I.3. Tujuan Penelitian .....	4
I.4. Manfaat Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
BAB III DASAR TEORI .....	7
III.1. Kanker Serviks.....	7
III.2. <i>Phantom</i> .....	9
III.2.1. Water Phantom.....	9
III.2.2. ORNL Phantom.....	9
III.3. Sumber Radiasi .....	11
III.3.1. <i>Linear Accelerator (Linac)</i> .....	11
III.3.2. Pembentukan Foton.....	17
III.3.3. Interaksi Foton dengan Materi .....	19
III.4. Neutron yang Timbul pada Penyinaran Foton Berenergi Tinggi.....	21
III.5. <i>Particle and Heavy Ion Transfer code System (PHITS)</i> .....	22
III.5.1. Spesifikasi Perangkat yang Digunakan.....	22
III.5.2. Keunggulan PHITS .....	23

III.5.3. Struktur Penyusunan <i>Input</i> PHITS .....	23
BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN .....	27
IV.1. Alat dan Bahan Penelitian .....	27
IV.2. Tata Laksana Penelitian .....	28
IV.2.1. Alur Penelitian .....	28
IV.2.2. Geometri <i>Linac</i> .....	30
IV.2.3. Pengaturan <i>Multi-Leaf Collimator</i> (MLC) .....	32
IV.2.4. Geometri <i>Phantom</i> .....	33
IV.2.5. Pengukuran <i>Percentage Depth Dose</i> (PDD) .....	36
IV.2.6. Teknik Penyinaran pada Target Kanker Serviks .....	36
IV.3. Analisis Hasil Penelitian .....	38
IV.3.1. Perhitungan PDD pada <i>Water Phantom</i> .....	38
IV.3.2. Perhitungan Dosis Tumor dan <i>Organ At Risk</i> (OAR) .....	39
IV.3.3. Perhitungan Dosis Neutron pada Area Penyinaran Pasien .....	40
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....	42
V.1. Kurva PDD Foton <i>Linac</i> dengan Beda Potensial 10 MV .....	42
V.2. Dosimetri .....	44
V.2.1. Fraksinasi .....	46
V.2.2. Teknik Penyinaran 3DCRT .....	47
V.2.3. Teknik Penyinaran IMRT .....	49
V.2.4. Perbandingan antara teknik 3DCRT dan IMRT .....	51
V.3. Dosis Neutron .....	54
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....	56
VI.1. Kesimpulan .....	56
VI.2. Saran .....	56
DAFTAR PUSTAKA .....	58
LAMPIRAN .....	63
LAMPIRAN A <i>Listing Input</i> Program PHITS pada Penyinaran IMRT Sudut 40° .....	64

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Sistem penggolongan stadium kanker serviks oleh FIGO 2018 [14].....	8
Tabel 3. 2. Nama dan volume organ <i>phantom</i> ORNL [16].....	10
Tabel 3. 3. <i>Threshold energies</i> untuk interaksi fotonuklir oleh foton gamma [19].....	21
Tabel 3. 4. Energi neutron pada beberapa komponen <i>linac</i> pada penyinaran dengan foton <i>linac</i> dengan beda potensial 10 MV [20].....	22
Tabel 3. 5. Beberapa jenis <i>surface</i> yang digunakan pada PHITS [23] .....	25
Tabel 3. 6. <i>Tally</i> yang tersedia dalam PHITS [23].....	26
Tabel 4. 1. Komponen <i>gantry linac</i> Varian iX 10 MV [24]	30
Tabel 4. 2. Material penyusun <i>phantom</i> [32]	34
Tabel 4. 3. Sudut <i>gantry</i> dan sudut MLC pada penyinaran kanker serviks menggunakan teknik IMRT [34]	37
Tabel 4. 4. Dosis maksimum yang boleh diterima oleh OAR [35]	40
Tabel 5. 1. Dosis tiap fraksinasi pada teknik 3DCRT dan IMRT .....	46
Tabel 5. 2. Dosis Target dan OAR pada simulasi menggunakan teknik 3DCRT.....	47
Tabel 5. 3. Dosis Target dan OAR pada simulasi menggunakan teknik IMRT. .....	51

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1. Anatomi serviks. Penampang <i>coronal</i> rahim (kiri) dan penampang <i>sagital</i> panggul (kanan) [13] .....	7
Gambar 3. 2. <i>Water Phantom</i> [13] .....	9
Gambar 3. 3. <i>Phantom</i> ORNL berbasis tubuh wanita dengan usia tertentu [15] .....	10
Gambar 3. 4. <i>Linac</i> medis; <i>injection system</i> (merah), <i>radiofrequency power generation system</i> (hijau), <i>accelerating waveguide</i> (merah muda), <i>auxiliary system</i> (ungu), <i>beam transport system</i> (jingga), dan <i>beam collimation</i> (biru).....	12
Gambar 3. 5. <i>Electron gun</i> [5] .....	13
Gambar 3. 6. Potongan melintang <i>accelerating waveguide</i> pada <i>linac</i> [5] ...	15
Gambar 3. 7. Contoh penerapan MLC pada simulasi [17] .....	17
Gambar 3. 8. Sinar-X bremsstrahlung (nomor 1,2, dan 3) dan sinar-X karakteristik (nomor 4) [18].....	19
Gambar 3. 9. Spektrum sinar-X bremsstrahlung dan sinar-X karakteristik [18].....	19
Gambar 3. 10. Simulasi spektrum foton, elektron, positron, dan neutron pada foton <i>linac</i> dengan beda potensial 10 MV [21] .....	22
Gambar 4. 1. Diagram alir pengukuran PDD <i>linac</i> .....	28
Gambar 4. 2. Diagram alir penelitian.....	29
Gambar 4. 3. Geometri <i>gantry linac</i> beserta meja penyinaran (direpresentasikan dengan material <i>water</i> pada gambar).....	31
Gambar 4. 4. Perbandingan bukaan MLC dengan lapangan yang dihasilkan [5].....	32
Gambar 4. 5. <i>Phantom</i> ORNL (atas) dan <i>Phantom Voxel</i> (bawah) pada penampang aksial (A), koronal (B), dan Sagital (C) .....	35
Gambar 4. 6. Kurva PDD foton <i>linac</i> dengan beda potensial 10 MV dengan luas lapangan (10 × 10) cm <sup>2</sup> dan SSD 100 cm [33].....	36
Gambar 4. 7. Kurva PDD pada penyinaran menggunakan foton <i>linac</i> [5]....	38

Gambar 5. 1. <i>Track</i> Partikel pada simulasi penyinaran untuk pengukuran PDD. <i>Track</i> partikel pada penampang sumbu xz (atas) dan sumbu yz (bawah).....	42
Gambar 5. 2. Kurva PDD foton <i>linac</i> 10 MV dari hasil simulasi.....	43
Gambar 5. 3. Hasil simulasi <i>track partikel</i> pada penyinaran dengan teknik 3DCRT. Penyinaran pada sudut 0° (kiri-atas), 180° (kanan-atas), 270° (kiri-bawah), dan 90° (kanan-bawah) .....	48
Gambar 5. 4. MLC tanpa segmentasi (kiri) dan MLC dengan segmentasi (kanan) .....	49
Gambar 5. 5. <i>Track</i> partikel pada teknik IMRT. Sudut 0° (A), 40° (B), 80° (C), 120° (D), 160° (E), 200° (F), 240° (G), 280° (H), dan 320° (I) .....	50
Gambar 5. 6. Perbandingan dosis pada teknik 3DCRT dan IMRT.....	53
Gambar 5. 7. <i>Track</i> partikel neutron tanpa <i>shielding</i> neutron (atas) dan dengan <i>shielding</i> neutron (bawah).....	54