



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERBANDINGAN HASIL ALGORITMA FORMULASI
FERMI-EYGES DENGAN MODEL HOGSTROM DENGAN
HASIL EKSPERIMEN DALAM KALKULASI DOSIS BERKAS
ELEKTRON PADA RADIOTERAPI EKSTERNAL**

SKRIPSI

LUKMANDA EVAN LUBIS

0706262496

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI S1 FISIKA
DEPOK
DESEMBER 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERBANDINGAN HASIL ALGORITMA FORMULASI
FERMI-EYGES DENGAN MODEL HOGSTROM DENGAN
HASIL EKSPERIMEN DALAM KALKULASI DOSIS BERKAS
ELEKTRON PADA RADIOTERAPI EKSTERNAL**

SKRIPSI

Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana

Oleh

LUKMANDA EVAN LUBIS

0706262496

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI S1 FISIKA
PEMINATAN FISIKA MEDIS DAN BIOFISIKA
DEPOK
DESEMBER 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Lukmanda Evan Lubis

NPM : 0706262496

Tanda Tangan : 

Tanggal : 13 Desember 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Lukmanda Evan Lubis

NPM : 0706262496

Program Studi : S1 Fisika

Judul Skripsi : PERBANDINGAN HASIL ALGORITMA
FORMULASI FERMI-EYGES DENGAN MODEL
HOGSTROM DENGAN HASIL EKSPERIMEN
DALAM KALKULASI DOSIS BERKAS
ELEKTRON PADA RADIOTERAPI EKSTERNAL

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi S1 Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Prof. Dr. Djarwani S. Soejoko ()

Pembimbing II: Dwi Seno K. Sihono, M.Si ()

Penguji I : I Putu Susila, Ph.D ()

Penguji II : Dr. Prawito ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 13 Desember 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas terselesaikannya skripsi mengenai perbandingan hasil algoritma formulasi Fermi-Eyges dengan model Hogstrom dengan hasil eksperimen dalam kalkulasi dosis sinar elektron pada radioterapi eksterna ini. Adapun ditulisnya skripsi ini disertai dengan tujuan memenuhi persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana dari Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Terwujudnya skripsi ini tentunya tak mungkin terlepas dari bantuan dan jasa dari berbagai pihak. Karenanya, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Djarwani Soeharso Soejoko, sebagai ketua peminatan Fisika Medis Departemen Fisika FMIPA Universitas Indonesia sekaligus Dosen Pembimbing I yang tak hanya membimbing, tapi juga mendidik, mengayomi, dan menginspirasi penulis.
2. Bapak Dwi Seno K. Sihono, M.Si, sebagai Dosen Pembimbing II yang tanpa jasa dan perhatiannya, segalanya tak mungkin terlaksana.
3. Bapak I Putu Susila, Ph.D dari BATAN dan Bapak Choirul Anam, M.Si dari Universitas Diponegoro sebagai sumber konsultasi yang telah menyumbangkan pemikirannya secara luar biasa baik.
4. Bapak Djati Handoko, M.Si, dan Bapak Dr. Imam Fachruddin, sebagai Pembimbing Akademik penulis selama menjadi mahasiswa Fisika UI.
5. Seluruh staf pengajar Departemen Fisika FMIPA Universitas Indonesia, yang telah mengantarkan saya ke dunia ilmu pengetahuan yang sangat menyenangkan.
6. Mama tercinta, Wuryanti Rahayu G. Martowiguno, atas kasih sayangnya yang tak terkira, saudara kandung satu-satunya, Adiella Yankie Lubis, yang tanpa pernah lelah menjaga adiknya yang selalu

merepotkan ini, dan ayah Boedisantoso Roni yang mengayomi penulis tanpa pamrih dan tanpa pertalian darah.

7. Para ‘penghuni’ lab Fisika Medis dan TLD R.111, Kak Arreta Rei, M.Si, yang menjadi sumber diskusi, dan Mbak Kristina Tri Wigati, M.Si, dengan pemikiran-pemikirannya yang menenangkan.
8. Semua mahasiswa Fisika UI 2007 dengan semangatnya yang menggelora dan memacu penulis untuk berkarya, khususnya anggota geng Maniez Mandja; Denny, Radit, Andy, Afar, Anni, dan Fera.
9. Dua orang rekan Fisika UI 2007 yang sangat spesial; Alm. Achmad Isrady Aditya dan Alm. Raditya Dimas P., yang selalu penulis teladani kebaikannya selama penulis mengenal mereka di dua tahun terakhir masa hidup mereka. Penulis tak pernah berhenti berharap agar kalian, bersama Alm. M. Cholik (Fisika UI 2006), tenang di sisi Allah S.W.T.

Tentunya penyusunan skripsi ini bukan tanpa disertai harapan penulis untuk dapat membuka khasanah baru dalam dunia ilmu pengetahuan, khususnya dunia kesehatan dan sains alam.

Penulis menyadari benar bahwa hasil studi literatur dan penelitian yang penulis tuangkan dalam skripsi ini sangatlah jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, atas nama ilmu pengetahuan dan demi perbaikan tulisan ilmiah penulis pada kesempatan mendatang, penulis sangat mengharapkan kritik, teguran, serta saran dari setiap pihak.

Depok, 2011

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lukmanda Evan Lubis
NPM : 0706262496
Program Studi : S1 Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**PERBANDINGAN HASIL ALGORITMA FORMULASI FERMI-EYGES
DENGAN MODEL HOGSTROM DENGAN HASIL EKSPERIMEN
DALAM KALKULASI DOSIS BERKAS ELEKTRON PADA
RADIOTERAPI EKSTERNAL**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Depok, Jawa Barat

Pada tanggal: 13 Desember 2011

Yang menyatakan,



(Lukmanda Evan Lubis)

ABSTRAK

Nama : Lukmanda Evan Lubis
Program Studi : S1 Fisika
Judul : Perbandingan Hasil Algoritma Formulasi Fermi-Eyges dengan Model Hogstrom dengan Hasil Eksperimen dalam Kalkulasi Dosis Berkas Elektron pada Radioterapi Eksternal

Salah satu algoritma perhitungan dosis berkas elektron yang digunakan pada perencanaan radioterapi eksternal adalah algoritma Fermi-Eyges dengan model Hogstrom. Perbandingan antara hasil kalkulasi Fermi-Eyges model Hogstrom dengan hasil pengukuran langsung dilakukan dalam penelitian ini melalui analisa kuantitatif terhadap *PDD* untuk lima energi (6, 9, 15, 18, dan 21 MeV) dan lima ukuran lapangan (5 cm x 5 cm, 10 cm x 10 cm, 15 cm x 15 cm, 20 cm x 20 cm, dan 25 cm x 25 cm). Kalkulasi dosis dilakukan dengan perangkat lunak Matlab R2009b. *PDD* hasil perhitungan didapati memiliki diskrepansi rata-rata total 23,19% terhadap *PDD* hasil pengukuran. Hasil juga menunjukkan bahwa kalkulasi Fermi-Eyges Hogstrom kurang sesuai dengan data pengukuran pada energi tinggi dan lapangan kecil (diskrepansi rata-rata tertinggi ditemukan pada lapangan 5 cm x 5 cm energi 21 MeV senilai 46,33%) dan sesuai pada energi tinggi dan lapangan besar (diskrepansi rata-rata terendah ditemukan pada lapangan 25 cm x 25 cm energi 21 MeV senilai 5,49%).

Kata Kunci : algoritma, elektron, *PDD*, radioterapi
xv+126 halaman ; 16 gambar; 13 tabel
Daftar Pustaka : 12 (1981-2011)

ABSTRACT

Name : Lukmanda Evan Lubis
Course program : Physics, Bachelor degree
Title : Comparison between Fermi-Eyges (Hogstrom Model) Formulation Algorithm and Experimental Result on Electron Beam Dose Calculation in External Radiotherapy

One of the algorithms utilized on electron beam external radiotherapy planning is the Fermi-Eyges (Hogstrom model) formulation. Dose calculation results of Fermi-Eyges (Hogstrom model) formulation for five energy (6, 9, 15, 18, dan 21 MeV) and five field-size (5 cm x 5 cm, 10 cm x 10 cm, 15 cm x 15 cm, 20 cm x 20 cm, dan 25 cm x 25 cm) are compared with those of experimental results for the same parameter. Dose calculation is performed with Matlab R2009b software. The result showed that calculated PDD disagreed by averaged 23,19% with the experimental result on all energies and field-sizes at all depths. Also shown by the result that Fermi-Eyges Hogstrom calculation disagreed significantly with measurement on high-energy, small field-sized beams (greatest discrepancy was found at 21 MeV, 5 cm x 5 cm beam as great as 46,33% averaged at all depths) while agrees on high-energy, large field-sized beams (least discrepancy was found at 21 MeV, 25 cm x 25 cm beam as much as 5,49% averaged at all depths).

Keywords : algorithm, electron, PDD, radiotherapy
xv+126 pages ; 16 pictures; 13 tables
Bibliography : 12 (1981-2011)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metode Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Interaksi Elektron dengan Materi	5
2.1.1 Daya Henti (<i>Stopping Power</i>)	5
2.1.2 Daya Hambur (<i>Scattering Power</i>)	6
2.2 Penyerapan Elektron dalam Radioterapi Eksterna	6
2.3 Karakteristik Prosentasi Dosis Kedalaman pada Penyerapan Elektron	7
2.3.1 Bentuk Umum Kurva Prosentasi Dosis Kedalaman Elektron	7
2.3.2 Pengaruh Energi terhadap Kurva <i>PDD</i> Elektron	10
2.3.3 Pengaruh Ukuran Lapangan terhadap Kurva <i>PDD</i> Elektron	11
2.4 Komputasi Perhitungan Dosis Penyerapan Elektron	13
2.4.1 Formulasi Fermi-Eyges	14
2.4.2 Implementasi (Model) Hogstrom	16
3. METODE PENELITIAN	
3.1 Persiapan Perhitungan	21
3.1.1 Pengambilan Data	22
3.1.2 Perhitungan σ_{MCS}	22
3.1.3 Perhitungan σ_{ud}	23
3.2 Kalkulasi Dosis	23
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Persiapan untuk Kalkulasi	24
4.2 Hasil	26
4.3 Pembahasan	37

5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
 DAFTAR REFERENSI	 44
 LAMPIRAN.....	 47



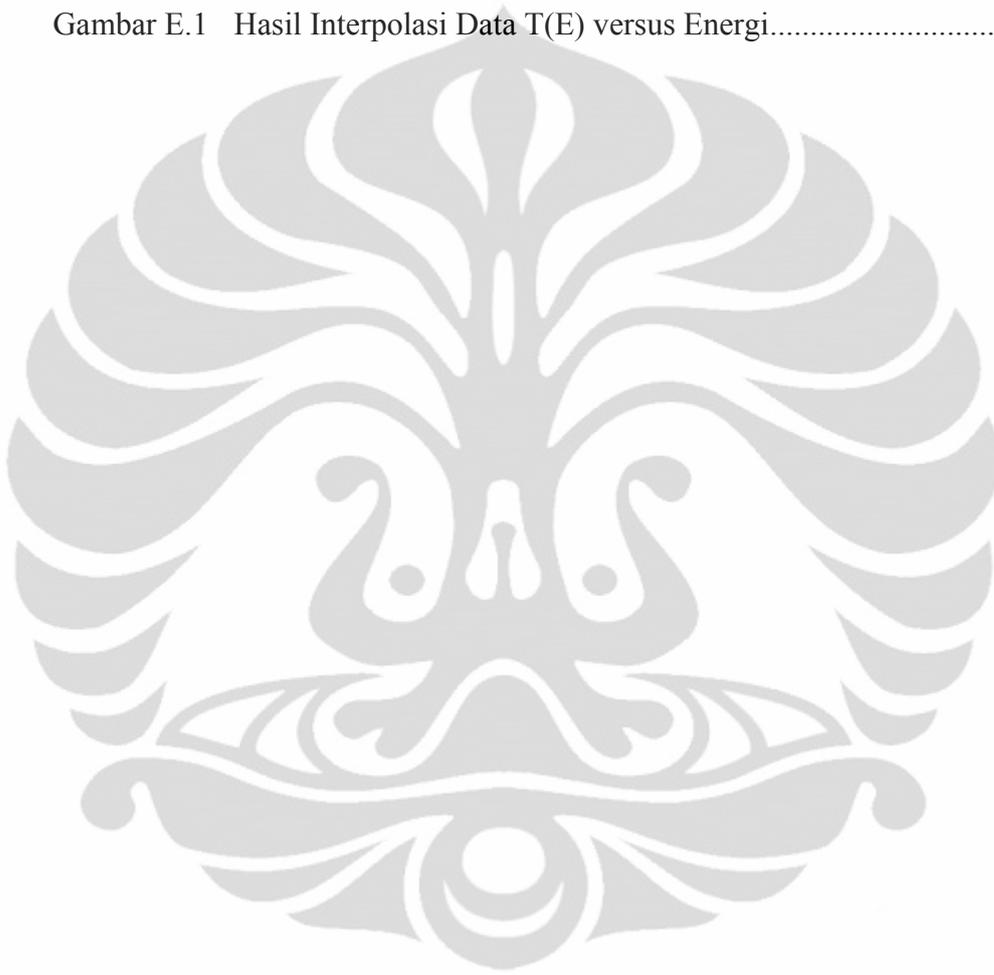
DAFTAR TABEL

Tabel C.1	Data $T(E)$ Menurut ICRU Report No. 35.....	51
Tabel D.1	Data Distribusi Angular Awal per Daya Hambur Linear untuk Berbagai macam Pesawat Teleterapi	52
Tabel E.1	Hasil Perhitungan Nilai $T(E)$ dan Distribusi Angular Awal	54
Tabel F.1	Hasil Kalkulasi σ_{med} , σ_{ud} , dan σ_{MCS} Berkas Elektron 6 MeV untuk Variasi Lapangan	55
Tabel F.2	Hasil Kalkulasi σ_{med} , σ_{ud} , dan σ_{MCS} Berkas Elektron 9 MeV untuk Variasi Lapangan	60
Tabel F.3	Hasil Kalkulasi σ_{med} , σ_{ud} , dan σ_{MCS} Berkas Elektron 15 MeV untuk Variasi Lapangan	66
Tabel F.4	Hasil Kalkulasi σ_{med} , σ_{ud} , dan σ_{MCS} Berkas Elektron 18 MeV untuk Variasi Lapangan	73
Tabel F.5	Hasil Kalkulasi σ_{med} , σ_{ud} , dan σ_{MCS} Berkas Elektron 21 MeV untuk Variasi Lapangan	81
Tabel G.1	Hasil Perbandingan PDD Energi 6 MeV untuk Variasi Lapangan.....	89
Tabel G.2	Hasil Perbandingan PDD Energi 9 MeV untuk Variasi Lapangan.....	94
Tabel G.3	Hasil Perbandingan PDD Energi 15 MeV untuk Variasi Lapangan.....	100
Tabel G.4	Hasil Perbandingan PDD Energi 18 MeV untuk Variasi Lapangan.....	107
Tabel G.5	Hasil Perbandingan PDD Energi 21 MeV untuk Variasi Lapangan.....	115

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bentuk Umum dari Kurva <i>PDD</i> Penyinaran Elektron	9
Gambar 2.2	Pengaruh Energi terhadap <i>PDD</i> Penyinaran Elektron.....	11
Gambar 2.3	Pengaruh Ukuran Lapangan terhadap <i>PDD</i> Penyinaran Elektron	12
Gambar 2.4	Distribusi Dosis Penyinaran Elektron dengan Berkas Sempit	14
Gambar 2.5	Representasi Skematis Potongan X-Z dari Penyinaran Elektron ke Pasien.....	8
Gambar 3.1	Skema Penelitian	20
Gambar 3.2	Skema Koordinat dalam Simulasi	21
Gambar 3.3	Konfigurasi Peralatan pada Pengambilan Data	22
Gambar 4.1	Hasil Perhitungan terhadap Kedalaman di Lapangan 15x15 cm ² pada Berbagai Variasi Energi untuk (a) σ_{ud} , (b) σ_{MCS} , dan (c) σ_{med}	25
Gambar 4.2	<i>PDD</i> hasil kalkulasi dan pengukuran berkas elektron energi 6 MeV SSD 100 cm pada ukuran lapangan (a) 5x5 cm ² , (b) 15x15 cm ² , dan (c) 25x25 cm ²	28
Gambar 4.3	<i>PDD</i> hasil kalkulasi dan pengukuran berkas elektron energi 9 MeV SSD 100 cm pada ukuran lapangan (a) 5x5 cm ² , (b) 15x15 cm ² , dan (c) 25x25 cm ²	30
Gambar 4.4	<i>PDD</i> hasil kalkulasi dan pengukuran berkas elektron energi 15 MeV SSD 100 cm pada ukuran lapangan (a) 5x5 cm ² , (b) 15x15 cm ² , dan (c) 25x25 cm ²	32
Gambar 4.5	<i>PDD</i> hasil kalkulasi dan pengukuran berkas elektron energi 18 MeV SSD 100 cm pada ukuran lapangan (a) 5x5 cm ² , (b) 15x15 cm ² , dan (c) 25x25 cm ²	34

Gambar 4.6	<i>PDD</i> hasil kalkulasi dan pengukuran berkas elektron energi 21 MeV SSD 100 cm pada ukuran lapangan (a) 5x5 cm ² , (b) 15x15 cm ² , dan (c) 25x25 cm ²	36
Gambar 4.7	Diskrepansi antara data <i>PDD</i> pengukuran dan hasil kalkulasi (a) per energi, dan (b) per ukuran lapangan	38
Gambar E.1	Hasil Interpolasi Data T(E) versus Energi.....	53



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	Penurunan Fermi-Eyges Hogstrom	47
LAMPIRAN B	Penurunan Distribusi <i>Multiple Coulomb Scattering</i>	50
LAMPIRAN C	Data T(E) dari ICRU Report. No 35	51
LAMPIRAN D	Data $\sigma^2_{\theta_x} / T(E)$	52
LAMPIRAN E	Interpolasi T(E) dan Perhitungan $\sigma^2_{\theta_x}$	53
LAMPIRAN F	Hasil Perhitungan σ_{med} , σ_{ud} , dan σ_{MCS}	55
LAMPIRAN G	Hasil Kalkulasi Dosis	89
LAMPIRAN H	<i>Script</i> Matlab Kalkulasi Dosis.....	123
LAMPIRAN I	Rumusan <i>Discrepancy</i>	126

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setiap 3 menit, satu orang di dunia baru terdeteksi menderita kanker dan satu orang lagi meninggal akibat kanker delapan menit setelahnya¹. Predikat sebagai penyakit pembunuh nomor satu di dunia (dengan 7,4 juta kematian pada tahun 2004) pun disandang oleh salah satu penyakit yang paling ditakuti oleh masyarakat dunia secara umum ini².

Berbagai metode telah dikembangkan dan dilaksanakan secara klinis untuk tujuan penyembuhan kanker, diantaranya; pembedahan, radioterapi, dan kemoterapi. Meski bukan satu-satunya metode, ketiga metode ini dipercaya secara klinis sebagai solusi mencegah pertumbuhan sel kanker atau bahkan membunuh sel kanker, dan umumnya dikombinasikan satu sama lain dalam pelaksanaannya.

Dari ketiga metode klinis yang bisa dilakukan untuk menangani kanker tersebut, ranah fisika, khususnya fisika medis, memiliki andil yang signifikan dalam metode radioterapi. Radioterapi sendiri merupakan suatu metode penyembuhan kanker yang memanfaatkan energi radiasi pengion, dan radioterapi eksterna mendominasi metode pengobatan kanker dengan radioterapi saat ini³.

Dalam radioterapi eksterna, pemanfaatan radiasi pengion tidak terbatas pada sinar foton (sinar-X) saja, tapi juga sinar elektron yang bermanfaat dalam beberapa kasus karena memiliki dosis permukaan yang tinggi. Pemanfaatan radiasi pengion yang digunakan dalam radioterapi eksterna, baik foton maupun elektron, tentunya juga dapat merusak dan/atau menghancurkan sel yang tidak bersifat kanker yang berada di jalur rambat radiasi sehingga menimbulkan dampak biologis yang tidak diharapkan. Karenanya, diperlukan sebuah tahapan optimasi menjelang pelaksanaan radioterapi. Optimasi ini dilakukan untuk memenuhi prinsip utama dalam radioterapi,

¹ (<http://www.kesrepro.info/?q=node/49>)

² (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/en/>)

³ (http://www.radioterapi-cm.org/index.php?lang=ina&to=mnu_120)

yakni melukai sebanyak mungkin sel kanker dan sesedikit mungkin sel sehat yang berada di sekitar sel kanker (target).

Untuk melakukan optimasi yang diharapkan tersebut, diperlukan simulasi dengan komputer yang merupakan sebuah sistem program yang dikenal dengan istilah TPS (*Treatment Planning System*). Baik berkas sinar foton (sinar-X) maupun elektron memerlukan simulasi yang merepresentasikan distribusi dosis pada medium tertentu dengan parameter-parameter tertentu.

Untuk keperluan simulasi tersebut, dilibatkan proses kalkulasi dosis yang di dalamnya amat berperan algoritma yang digunakan. Ada beberapa algoritma yang lazim digunakan dalam TPS radioterapi elektron, di antaranya yang berdasarkan formulasi Fermi-Eyges model Hogstrom. Algoritma TPS komersial yang menggunakan formulasi Fermi-Eyges model Hogstrom telah dipatenkan dan tidak dipublikasikan, karenanya perlu dibuat algoritma perhitungan dosis dengan formulasi Fermi-Eyges-Hogstrom. Algoritma ini kemudian akan dibandingkan dengan data eksperimen yang valid untuk menguji performa dan akurasi.

1.2 Perumusan Masalah

Masalah yang akan dicari jawabannya adalah perbandingan antara algoritma hasil kalkulasi formulasi *elementary-pencil* (Fermi-Eyges dengan model Hogstrom) dengan hasil pengukuran langsung (*data commissioning*).

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah membandingkan hasil kalkulasi dosis antara formulasi *elementary-pencil* (Fermi-Eyges dengan model Hogstrom) dengan hasil pengukuran langsung (*data commissioning*).

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, masalah yang akan diteliti dibatasi sesuai dengan judul yang diajukan yaitu “Perbandingan Hasil Algoritma Formulasi Fermi-Eyges

dengan Model Hogstrom dengan Hasil Eksperimen dalam Kalkulasi Dosis Berkas Elektron pada Radioterapi Eksternal.”

Adapun besaran yang akan dibandingkan secara kuantitatif adalah nilai prosentasi dosis di setiap kedalaman (*PDD*, *Percentage Depth Dose*) hasil perhitungan menggunakan formulasi Fermi-Eyges model Hogstrom dengan hasil pengukuran *PDD* dari komisioning alat. Keduanya dibandingkan pada lima variasi lapangan ($5 \times 5 \text{ cm}^2$, $10 \times 10 \text{ cm}^2$, $15 \times 15 \text{ cm}^2$, $20 \times 20 \text{ cm}^2$, dan $25 \times 25 \text{ cm}^2$) dan dua variasi energi (6 MeV, 9 MeV, 15 MeV, 18 MeV, dan 21 MeV).

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian terdiri dari tahapan-tahapan sebagai berikut:

a. Studi Literatur

Pada tahap ini, penulis mencari dan juga mempelajari tentang radioterapi eksterna, pengukuran *PDD*, serta algoritma Fermi-Eyges dengan model Hogstrom dari berbagai sumber terpercaya.

a. Kalkulasi dengan Algoritma

Pengolahan data sebelum kalkulasi dosis dilakukan dengan Microsoft Excel, sedangkan kalkulasi dosis dilakukan secara matematis dengan menggunakan perangkat lunak Matlab R2009b. Algoritma dibuat dengan mengacu pada formula Fermi-Eyges dengan implementasi (model) Hogstrom.

b. Pengambilan Data

Data berupa hasil pengukuran *PDD* dengan variasi ukuran lapangan dan energi yang sama dengan yang digunakan pada simulasi (ukuran lapangan $5 \times 5 \text{ cm}^2$, $10 \times 10 \text{ cm}^2$, $15 \times 15 \text{ cm}^2$, $20 \times 20 \text{ cm}^2$, dan $25 \times 25 \text{ cm}^2$; serta energi penyinaran 6 MeV, 9 MeV, 15 MeV, 18 MeV, dan 21 MeV) diambil dari data komisioning pesawat Linac Siemens Primus di Rumah Sakit Pusat Pertamina, Jakarta Selatan. Data *PDD* yang didapat dari hasil pengukuran ini kemudian akan dijadikan sebagai pembanding data hasil kalkulasi menggunakan algoritma.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika pada penulisan ini dibagi menjadi lima bab, yang masing-masing terdiri dari beberapa sub-bab untuk mempermudah penjelasan. Penulisan bab-bab dilakukan sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang penjelasan secara umum latar belakang permasalahan, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini penulis menguraikan mengenai perkembangan teoritis dari formulasi Fermi-Eyges-Hogstrom dan implementasinya untuk perencanaan radioterapi yang disadur dari berbagai sumber. Dalam bagian ini juga akan dibahas mengenai besaran yang dibandingkan (*PDD*).

BAB III. METODE PENELITIAN

Bab ini berisi jабaran lengkap mengenai langkah-langkah, alat dan bahan, perhitungan, dan proses selama penelitian dilaksanakan.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang didapatkan dalam pelaksanaan penelitian dipaparkan dalam bab ini. Bab ini juga berisi analisa mengenai hasil yang didapatkan dari perbandingan yang dilakukan.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan analisa terhadap data yang didapatkan, maka pada bab ini penulis menarik kesimpulan terhadap hasil penelitian yang telah dibuat, ditambahkan saran-saran yang berguna untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Interaksi Elektron dengan Materi

Sesuai dengan hukum Coulomb, elektron—yang merupakan partikel bermuatan—yang bergerak pada suatu medium akan berinteraksi partikel bermuatan lainnya yang merupakan materi penyusun medium tersebut, yakni elektron orbital dan/atau inti atom dari materi. Interaksi ini mengakibatkan elektron mengalami kehilangan energi kinetik (akibat tumbukan dan transfer energi) atau perubahan arah rambat (akibat hamburan). Dalam interaksi yang merupakan proses transfer energi dengan medium tersebut, terdapat dua parameter daya yang mempengaruhinya, yakni daya henti (*stopping power*) dan daya hambur (*scattering power*) (Podgorsak, 2005).

2.1.1 Daya Henti (*stopping power*)

Interaksi partikel bermuatan seperti elektron melibatkan proses transfer energi antara elektron yang datang dengan atom penyusun medium. Karenanya, sejumlah energi yang dimiliki elektron akan hilang selama interaksi. Hilangnya energi pada elektron yang merambat dalam medium dengan kerapatan ρ didefinisikan sebagai daya henti massa total (*total mass scattering power*), $(S/\rho)_{\text{tot}}$, yang pada dasarnya merepresentasikan energi kinetik E_k yang hilang sepanjang lintasan partikel x , seperti dituangkan dalam ekspresi matematis berikut (Podgorsak, 2005);

$$(S/\rho)_{\text{tot}} = \frac{1}{\rho} \frac{dE_k}{dx} (\text{MeV} \cdot \text{cm}^2 / \text{g}) \quad (2.1)$$

$(S/\rho)_{\text{tot}}$ terdiri dari dua komponen, yakni komponen daya henti tumbukan massa (*mass collision stopping power*) $(S/\rho)_{\text{col}}$ yang berasal dari interaksi antara elektron dengan elektron orbital (eksitasi dan ionisasi), serta komponen daya henti radiatif massa (*mass radiative stopping power*), $(S/\rho)_{\text{rad}}$ yang merupakan hasil

interaksi elektron dengan inti atom medium (*bremsstrahlung*). Adapun hubungan antara keduanya adalah sebagai berikut (Podgorsak, 2005);

$$(S/\rho)_{\text{tot}} = (S/\rho)_{\text{col}} + (S/\rho)_{\text{rad}} \quad (2.2)$$

Komponen $(S/\rho)_{\text{col}}$ memiliki peranan penting dalam perhitungan dosis, mengingat dosis dalam medium, D secara umum diperhitungkan sebagai (Podgorsak, 2005);

$$D = (S/\rho)_{\text{col}} \cdot \phi \quad (2.3)$$

Dengan ϕ sebagai fluens elektron dalam medium.

2.1.2 Daya Hambur (*Scattering Power*)

Saat berkas elektron merambat pada suatu medium, partikel elektron mengalami banyak hamburan akibat interaksi Coulomb baik dengan elektron orbital maupun dengan inti atom medium. Sebaran angular dan spasial dari elektron dapat diperhitungkan dengan distribusi Gaussian (Podgorsak, 2005).

Hamburan elektron yang merambat sejauh lintasan l pada medium biasa dideskripsikan sebagai rerata kuadrat dari sudut hamburan $\overline{\theta^2}$ yang nilainya proporsional terhadap tebal massa, ρl , dari medium itu sendiri. Sejalan dengan didefinisikannya daya henti (*stopping power*), ICRU mendefinisikan daya hambur (*scattering power*) sebagai (International Commission on Radiation Units and Measurement, 1984);

$$\frac{T}{\rho} = \frac{1}{\rho} \frac{d\overline{\theta^2}}{dl} = \frac{\overline{\theta^2}}{\rho l} \quad (2.4)$$

Daya hambur memiliki hubungan kesebandingan dengan nomor atom dan berbanding terbalik dengan kuadrat energi kinetik elektron.

2.2 Penyinaran Elektron dalam Radioterapi Eksterna

Pesawat linac (*linear accelerator*) modern dapat digunakan untuk membangkitkan sinar elektron untuk kebutuhan klinis. Dalam hal ini, berkas elektron yang pada mulanya dibangkitkan dari *electron gun* dan melalui

akselerator tidak ditumbukkan ke target seperti halnya penyinaran sinar-X (foton), melainkan langsung ditembakkan keluar *gantry* (Strydom, Parker, & Olivares, 2005).

Energi sinar elektron yang didapatkan dari pesawat linac yang digunakan saat ini memiliki rentang antara 4 MeV hingga 25 MeV (Nahum, Patient Dose Computation for Electron Beams, 2007). Untuk kasus-kasus klinis tertentu, sinar elektron memiliki keunggulan diantaranya berupa dosis permukaan yang tinggi, definisi sebaran yang cukup tajam (terdefinisi), dan selisih dosis antar kurva isodosis berdekatan yang cukup tinggi pada medium sehingga memudahkan untuk memfokuskan dosis pada target saja dan melindungi organ sehat di sekitar target (Thwaites & McKenzie, 2007).

Adapun keunggulan dan karakteristik sinar elektron dibandingkan dengan sinar foton terlihat pada kurva dosis-kedalamannya pada sumbu utama, yang akan dibahas lebih lanjut di subbab selanjutnya.

2.3 Karakteristik Prosentasi Dosis Kedalaman pada Penyinaran Elektron

Sebagai landasan informasi untuk pekerja medik dan perangkat lunak perencanaan terapi mengenai kapan dan bagaimana menggunakan penyinaran elektron dengan parameter tertentu, harus tersedia data distribusi dosis. Informasi ini didapatkan dari pengukuran langsung dan disajikan dalam bentuk prosentasi dosis kedalaman (*PDD, Percentage Depth Dose*) dan profil.

Karena elektron merupakan partikel bermuatan dan bermassa (tidak seperti foton), maka interaksi yang terjadi pada medium juga melibatkan interaksi Coulomb yang mengakibatkan terjadinya dominasi hamburan dan tumbukan, sehingga distribusi dosis pada medium yang disinari elektron berbeda dengan foton dan memiliki karakteristik sendiri.

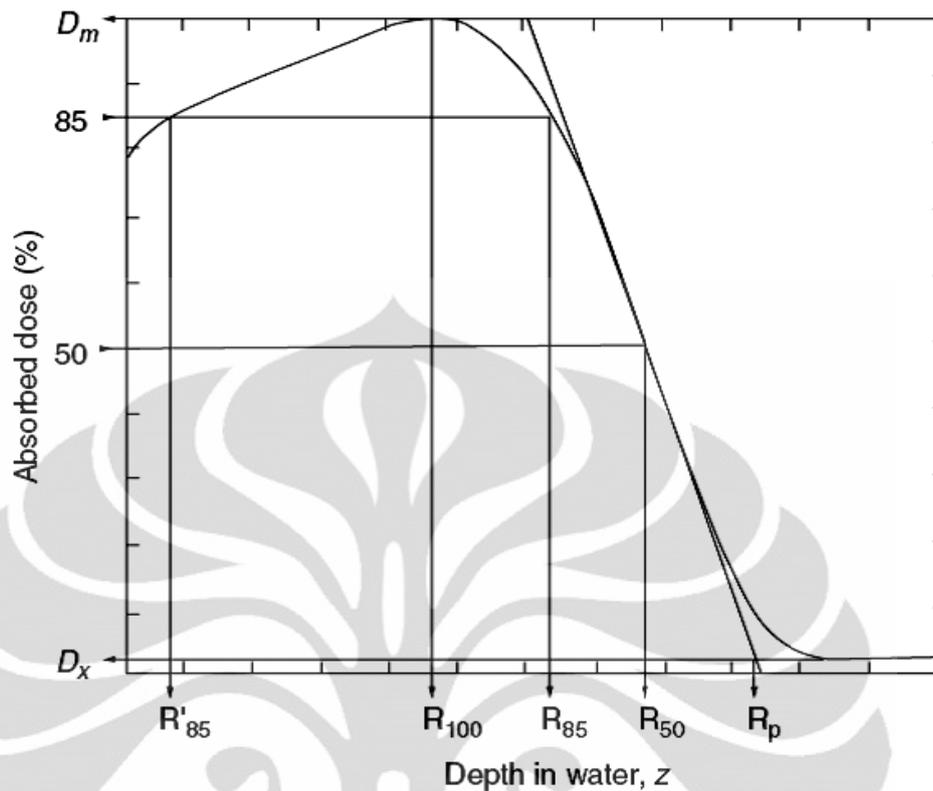
2.3.1 Bentuk Umum Kurva Prosentasi Dosis Kedalaman Elektron

Secara umum, kurva *PDD* penyinaran elektron memiliki karakteristik sebagai berikut (Electron Beam Dose Distribution, 2010):

- a) dosis permukaan yang tinggi, relatif terhadap dosis permukaan penyinaran foton,
- b) daerah efektif yang lebar,
- c) kejatuhan dosis yang linear pada kedalaman, dan
- d) adanya 'ekor' *bremsstrahlung* (*bremsstrahlung tail*) akibat interaksi dengan inti atom medium.

Bentuk lazim dari kurva *PDD* untuk penyinaran elektron di medium air terlihat pada gambar 2.1. Dari bentuk kurva tersebut, diketahui bahwa terdapat dosis yang relatif seragam (*uniform*) di kedalaman antara permukaan sampai ke jangkauan terapi (*therapeutic range*), yang merupakan kedalaman di mana dosis mencapai 85% atau 90% relatif terhadap dosis maksimum. Teramati pula dari kurva tersebut bahwa dosis di area yang lebih dalam dari jangkauan terapi turun dengan cukup drastis. Jangkauan terapi dapat dihitung secara kasar dalam satuan sentimeter sebagai sepertiga dari nilai energi elektron dalam MeV (Thwaites & McKenzie, 2007).

Dosis permukaan (D_s) secara konvensional dinyatakan sebagai dosis di kedalaman 0,5 mm, yakni bernilai antara 75% – 80% untuk energi rendah (4 MeV – 6 MeV) dan antara 90% – 100% untuk energi tinggi (20 MeV – 25 MeV). Meningkatnya dosis relatif dari permukaan menuju dosis maksimum di kedalaman dosis maksimum disebabkan oleh meningkatnya kemiringan lintasan elektron akibat hamburan. Semakin dalam elektron menembus materi target, akan semakin banyak atom materi target yang berinteraksi dengannya dan hal itu menyebabkan lintasannya semakin miring dan menyimpang dari lintasan awalnya. Semakin dalam posisi elektron, lintasan yang ditempuh elektron per kedalamannya akan semakin jauh dan berujung pada meningkatnya deposit energi dalam medium per unit massa (dosis) akibat interaksi dengan elektron yang datang. Hal ini terus berlanjut sampai di kedalaman di mana elektron sudah berdifusi secara keseluruhan, yakni kemiringan akibat hamburan tak bisa lebih jauh lagi, dan kedalaman di mana hal itu terjadi adalah kedalaman dosis maksimum (R_{100}).



[Sumber: Thwaites, D., & McKenzie, A. (2007). Electron Beam. Dalam P. Mayles, A. Nahum, & J.-C. Rosenwald, *Handbook of Radiotherapy Physics Theory and Practice* (hal. 520). New York: Taylor & Francis Group, LLC.]

Gambar 2.1. Bentuk umum dari kurva *PDD* penyinaran elektron

Semakin dalam, melewati R_{100} , semakin banyak elektron yang kehabisan energi karena interaksi dengan medium, dan menyebabkan menurunnya dosis di kedalaman setelah kedalaman dosis maksimum. Adapun jatuhnya nilai dosis setelah dosis kedalaman terlihat pada kemiringan kurva yang disebut sebagai gradien dosis (*dose gradient*), dan kemiringan ini akan semakin landai seiring dengan meningkatnya energi sinar elektron. Selain itu, sejumlah dosis akibat sinar-X (yang merupakan sinar-X *bremsstrahlung*) terlihat di kedalaman di luar jangkauan elektron. Dosis *bremsstrahlung* ini juga disebut dengan istilah ‘ekor *bremsstrahlung* (*bremsstrahlung tail*)’ dan nilainya tidak lebih besar dari 1% relatif terhadap energi maksimum (untuk elektron berenergi rendah) atau 5% relatif terhadap energi maksimum (untuk elektron berenergi 20 MeV sampai 25 MeV).

Dari kurva tersebut, kedalaman di mana terdapat perpotongan antara garis ekor *bremsstrahlung* dengan ekstrapolasi kemiringan dosis di area kejatuhan dideskripsikan sebagai ‘jangkauan praktis (*practical range*)’. Jangkauan praktis tersebut, R_p , mewakili dosis elektron yang menembus materi medium dengan kemiringan hamburan yang kecil, bahkan nyaris lurus, dari jalur awalnya. Nilainya dapat dihitung secara kasar dalam satuan sentimeter sebagai setengah dari energi sinar dalam MeV.

2.3.2 Pengaruh Energi terhadap Kurva *PDD* Elektron

Secara garis besar, seiring dengan meningkatnya energi, maka:

- a) dosis relatif permukaan meningkat,
- b) kedalaman dosis maksimum meningkat, meski tidak terlalu tajam pada energi tinggi dan hanya terlihat jelas pada energi rendah,
- c) penetrasi sinar meningkat, terlihat dengan bergesernya jangkauan terapi (*therapeutic range*, R_{50}) dan jangkauan praktis (*practical range* R_p) ke arah yang lebih dalam (arah kanan sumbu x),
- d) kemiringan penurunan dosis setelah dosis maksimum cenderung konstan pada energi rendah, namun terlihat berkurang pada energi tinggi, dan
- e) meningkatnya dosis ekor *bremsstrahlung*.

Tiga nilai energi digunakan untuk menggambarkan spektrum berkas sinar elektron. Ketiga nilai tersebut didapatkan dari hubungan empiris antara energi (dalam MeV) dengan karakteristik tertentu dari kurva dosis-atenuasi dalam air (dalam cm) (Thwaites & McKenzie, 2007);

- a) Energi rata-rata di permukaan, \bar{E}_0 , didapatkan dari kedalaman 50%. Relasi yang paling umum digunakan adalah;

$$\bar{E}_0(\text{MeV}) = 2,33 \cdot R_{50}(\text{cm}) \quad (2.5)$$

Yang berlaku untuk energi 5 MeV sampai 35 MeV.

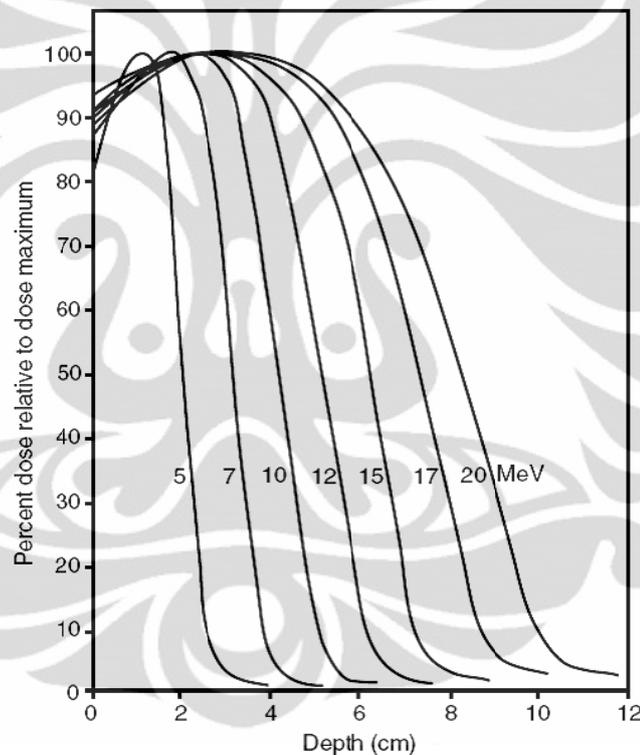
- b) Energi yang paling mungkin, $E_{p,0}$ didapatkan dari nilai jangkauan praktis R_p . Relasi yang paling umum digunakan adalah;

$$E_{p,0} = 0,22 + 1,98R_p + 0,0025R_p^2 \quad (2.6)$$

- c) Nilai energi rata-rata di kedalaman z , yakni \bar{E}_z didapatkan dari nilai jangkauan praktis R_p dan energi rata-rata di permukaan, \bar{E}_0 .
Relasinya adalah;

$$\bar{E}_z = \bar{E}_0(1 - z/R_p) \quad (2.7)$$

Adapun nilai R_p dan z diukur untuk materi yang sama. Pendekatan ini hanya akurat untuk berkas energi rendah atau berkas energi tinggi di daerah dekat permukaan. Gambar 2.2. mengilustrasikan variasi energi terhadap bentuk kurva *PDD* dalam medium air



[Sumber: Thwaites, D., & McKenzie, A. (2007). Electron Beam. Dalam P. Mayles, A. Nahum, & J.-C. Rosenwald, *Handbook of Radiotherapy Physics Theory and Practice* (hal. 523). New York: Taylor & Francis Group, LLC.]

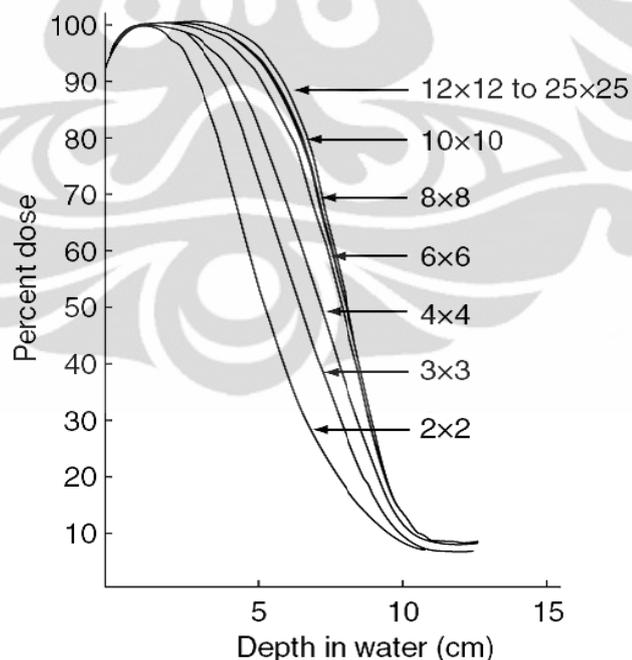
Gambar 2.2. Pengaruh energi terhadap *PDD* penyinaran elektron

2.3.3 Pengaruh Ukuran Lapangan terhadap Kurva *PDD* Elektron

Pada lapangan yang besar, prosentasi dosis per kedalaman di sumbu utama (*PDD*) tidak secara drastis dipengaruhi oleh ukuran lapangan, meskipun terdapat

perbedaan nilai dosis sepanjang antara permukaan dan kedalaman penetrasi maksimum. Hal ini terjadi hanya pada lapangan yang cukup besar sehingga hamburan di sumbu utama terbilang setimbang (*equilibrium*), sedangkan pada lapangan kecil lebih banyak elektron terhambur menjauhi sumbu utama ketimbang mendekatinya.

Ketidakseimbangan ini mengakibatkan nilai dosis yang tinggi bergeser ke arah permukaan seiring dengan berkurangnya ukuran lapangan, serta meningkatnya dosis permukaan relatif terhadap dosis maksimum. Kedalaman penetrasi elektron tidak berubah, sebab nilai tersebut merepresentasikan secara mendasar kemampuan elektron menembus medium dan ukuran lapangan tidak mempengaruhi energi elektron yang merupakan faktor utama kemampuan penetrasi elektron. Karenanya, jangkauan praktis, R_p juga tidak mengalami perubahan meskipun ukuran lapangan berubah. Hal yang teramati perubahannya adalah semakin berkurangnya kemiringan (gradien) di area kejatuhan dosis setelah kedalaman dosis maksimum seiring dengan semakin kecilnya lapangan.



[Sumber: Thwaites, D., & McKenzie, A. (2007). Electron Beam. Dalam P. Mayles, A. Nahum, & J.-C. Rosenwald, *Handbook of Radiotherapy Physics Theory and Practice* (hal. 525). New York: Taylor & Francis Group, LLC.]

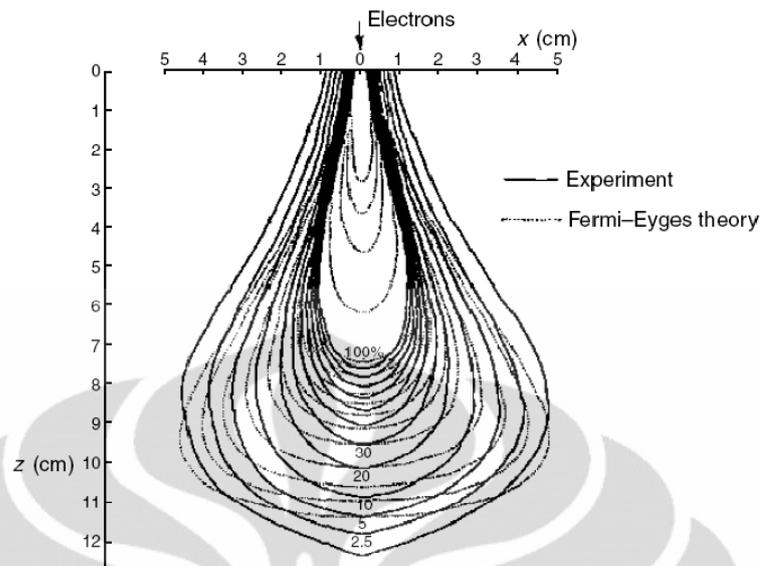
Gambar 2.3. Pengaruh ukuran lapangan terhadap PDD penyinaran elektron

2.4 Komputasi Perhitungan Dosis Elektron pada Radioterapi Eksterna

Metode kalkulasi distribusi dosis pada pasien penyinaran elektron telah dikembangkan sejak lama. Pada mulanya digunakan pemodelan *broad-beam* seperti pada kalkulasi distribusi dosis foton, namun akibat ketidakmampuan formulasi *broad-beam* dalam hal keakuratan kalkulasi pada lapangan tidak teratur (*irregular*) dan inhomogenitas, pembagian sempit dari *broad-beam* menjadi beberapa bagian (disebut *pencil beam*) dirasa lebih tepat karena mewakili jalur penetrasi alamiah dari interaksi partikel dalam medium.

Sampai tahun 1980, kalkulasi dosis penyinaran elektron hanya mengikuti kalkulasi dosis sinar foton. Metode tersebut mengikuti model satu dimensi yang memperhitungkan efek inhomogenitas dengan cara menggeser kurva isodosis berdasarkan ukuran dan densitas sepanjang garis jalur dari sumber menuju titik target. Namun, faktanya inhomogenitas menyebabkan timbulnya *hotspot* (area kelebihan dosis), dan peristiwa ini tidak bisa dijelaskan oleh pendekatan yang hanya menggeser kurva isodosis saja.

Alternatif terbaik untuk memperbaiki kekurangan pada pendekatan satu dimensi ini adalah dengan menguraikan berkas *broad-beam* menjadi banyak ruang yang lebih sempit (*narrow pencil*). Dosis pada suatu titik kemudian dapat didefinisikan sebagai penjumlahan dari *pencil-pencil* yang menyusunnya. Gambar 2.4. merepresentasikan distribusi dosis akibat berkas yang sempit, di mana terlihat distribusi berkas sempit (*narrow beam*) dari sinar elektron berenergi 22,5 MeV dengan diameter lapangan 3 mm di medium air.



[Sumber: Nahum, A. (2007). Patient Dose Computation for Electron Beam. Dalam P. Mayles, A. Nahum, & J.-C. Rosenwald, *Handbook of Radiotherapy Physics Theory and Practice* (hal. 590). New York: Taylor & Francis Group, LLC.]

Gambar 2.4. Distribusi dosis penyinaran elektron dengan berkas sempit (*narrow beam*)

2.4.1 Formulasi Fermi-Eyges

Analisis transpor partikel bermuatan dengan pendekatan sudut kecil (*small angle approximation*) pertama kali dikembangkan oleh Fermi. Pendekatan ini kemudian diperluas oleh Eyges (1948) dengan memasukkan faktor inhomogenitas dan hilangnya energi (*energy loss*) selama partikel merambat. Solusi keseluruhan yang kemudian dikenal dengan formulasi Fermi-Eyges ini memasukan sudut dan komponen spasial ke dalam variabel perhitungannya (Nahum, Patient Dose Computation for Electron Beams, 2007).

Pada formulasi ini, koordinat yang digunakan adalah koordinat kartesian (x, y, z) dan dimisalkan partikel bermuatan yang berinteraksi dengan medium di titik $(0,0,0)$ adalah sebuah elektron yang melaju pada arah z . Formula Fermi-Eyges yang menyatakan probabilitas menemukan elektron di kedalaman z di posisi antara x dan $x + dx$, y dan $y + dy$ adalah;

$$p(x, y, z) dx dy = \frac{1}{2\pi\sigma_{MCS}^2} \exp\left[-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma_{MCS}^2}\right] dx dy \quad (2.8)$$

Dengan

$$\sigma_{MCS}^2 = \frac{1}{2} \int_0^z (z-u)^2 T(u) du \quad (2.9)$$

$T(u)$ adalah daya hambur linear (*linear scattering power*) dari medium pada kedalaman u , dan nilainya didapatkan pada energi rata-rata dari elektron di kedalaman z . MCS itu sendiri adalah singkatan dari *Multiple Coulomb Scattering*. Kemudian, $p(x, y, z)$ dapat dipisahkan menjadi dua komponen sebagai *cross-product* dari $p(x, z) \times p(y, z)$. Dapat terlihat bahwa;

$$p(x, z) dx = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right] dx \quad (2.10)$$

Persamaan 2.10 tak lain adalah distribusi normal (Gaussian) dengan σ sebagai standar deviasinya. Ketika kedalaman meningkat, σ_{MCS} meningkat dan berkas pensil menyebar.

Diketahui secara teori bahwa integrasi dari fungsi Gaussian menghasilkan fungsi kesalahan (*error function*);

$$\text{erf}(x) \equiv \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt \quad (2.11)$$

Mengacu pada persamaan 2.11 dan dengan menerapkan situasi terapi di mana lapangan berukuran $2A \times 2B$, bagian dari persamaan 2.10 dapat dinyatakan sebagai;

$$\int_0^A \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right] dx = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sigma \cdot \text{erf}\left(\frac{A}{\sqrt{2}\sigma}\right) \quad (2.12)$$

Dengan mengacu pada persamaan 2.8 dan dengan mengasumsikan bahwa sumber memancarkan radiasi uniform sekaligus mengabaikan divergensi berkas, maka probabilitas ditemukannya elektron (atau nomor elektron, *electron number*) pada posisi (x, y, z) per satuan luas dapat dituliskan sebagai;

$$N(x, y, z) = \frac{1}{2\pi\sigma_{MCS}^2} \int_{-B}^B \exp\left[-\frac{(y-y')^2}{2\sigma_{MCS}^2}\right] dy' \times \int_{-A}^A \exp\left[-\frac{(x-x')^2}{2\sigma_{MCS}^2}\right] dx' \quad (2.13)$$

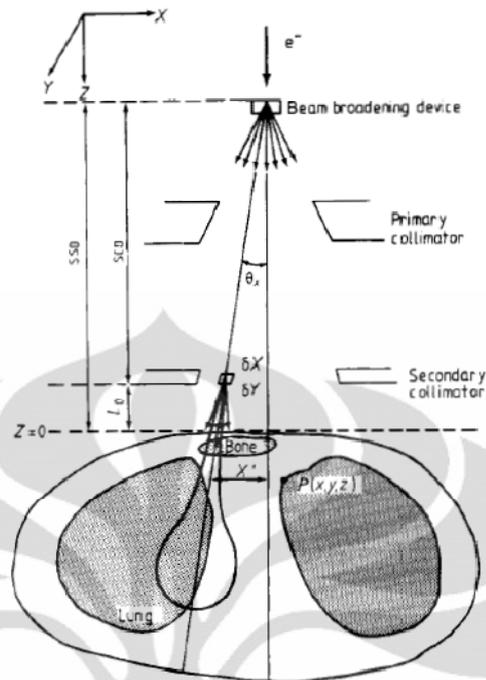
Penerapan persamaan 2.12 akan mengubah bentuk persamaan 2.13 menjadi;

$$N(x, y, z) = \frac{1}{4} \left[\operatorname{erf}\left(\frac{A-x}{\sqrt{2}\sigma_{MCS}}\right) + \operatorname{erf}\left(\frac{A+x}{\sqrt{2}\sigma_{MCS}}\right) \right] \left[\operatorname{erf}\left(\frac{B-x}{\sqrt{2}\sigma_{MCS}}\right) + \operatorname{erf}\left(\frac{B+x}{\sqrt{2}\sigma_{MCS}}\right) \right] \quad (2.14)$$

Hasil formulasi Fermi-Eyges di atas tidak menunjukkan kebergantungan nilai $N(x, y, z)$ terhadap z , atau dengan kata lain nilainya tetap untuk setiap kedalaman. Hal ini berarti perubahan dosis akibat hamburan tidak diperhitungkan. Selain itu, teori Fermi-Eyges juga tidak mampu memperhitungkan hilangnya elektron (*electron loss*) akibat interaksi. Koreksi empiris kemudian diperlukan untuk mereproduksi kurva dosis-kedalaman yang sesuai.

2.4.2 Implementasi (Model) Hogstrom

Formulasi Fermi-Eyges kemudian diterapkan dalam kondisi terapi eksterna oleh Hogstrom et al. (1981) dari Rumah Sakit MD Anderson, Texas. Hogstrom (1981) memulai dengan mendefinisikan titik permulaan *pencil beam* di daerah kolimator sekunder, seperti dideskripsikan pada gambar 2.5. Elektron mulai menyebar akibat interaksi dengan udara setelah keluar dari area vakum. Terdapat sistem *scattering foil* yang menyebabkan sinar tersebar secara merata. Karenanya, faktor sebaran angular dari berkas elektron harus disertakan dalam model perhitungan (Thwaites & McKenzie, 2007).



[Sumber: Hogstrom, K. R., Mills, M. D., & Almond, P. R. (1981). Electron Beam Dose Calculation. *Physics in Medicine and Biology*, 26 (3), 445-459.]

Gambar 2.5. Representasi skematis potongan X-Z dari penyinaran elektron ke pasien

Sebaran angular diperhitungkan dengan memberikan distribusi angular awal, σ_{θ_x} (yang merupakan *sigma* dari distribusi angular yang diproyeksikan ke bidang $x - z$). Sebagai hasil dari peristiwa divergensi awal, *pencil* yang terbentuk pada kolimator sekunder akan terus menyebar bahkan jika tidak ada materi apapun di sepanjang jalur rambatnya. Sebaran di udara yang terjadi, σ_{ud} , pada kedalaman z diekspresikan sebagai (Hogstrom, Mills, & Almond, 1981);

$$\sigma_{ud} = (z + L_0) \sigma_{\theta_x} \quad (2.15)$$

Dengan L_0 sebagai jarak antara kolimator sekunder dengan bidang $z = 0$ (gambar 2.5), dan hamburan bernilai kecil yang terjadi di antara kolimator sekunder dan bidang $z = 0$ sepanjang L_0 diabaikan.

Sebaran berkas di dalam pasien didapatkan dengan konvolusi sebuah Gaussian dengan sebaran σ_{ud} dengan sebuah Gaussian lainnya yang memiliki

sebaran σ_{MCS} , yang menghasilkan sebaran pada medium, σ_{med} (Hogstrom, Mills, & Almond, 1981);

$$\sigma_{med}^2 = (z + L_0)^2 \sigma_{\theta_x}^2 + \sigma_{MCS}^2 \quad (2.16)$$

Atau, dengan kata lain, merujuk pada persamaan 2.15;

$$\sigma_{med}^2 = \sigma_{ud}^2 + \sigma_{MCS}^2 \quad (2.17)$$

Fungsi probabilitas Fermi-Eyges, $p(x, y, z)$, memberikan distribusi spasial dari fluens dua dimensi (*planar*) elektron karena elektron *pencil*. Untuk mengubah ini menjadi distribusi dosis *pencil*, $d(x, y, z)$, dibutuhkan faktor bobot $g(z)$ yang didefinisikan sedemikian rupa sehingga;

$$d(x, y, z) = p(x, y, z)g(z) \quad (2.18)$$

Faktor bobot $g(z)$ hanya merupakan fungsi kedalaman. Formulasi lengkap dari dosis $\delta D(x, y, z)$ karena *pencil* elektron yang berasal dari elemen kecil $\delta x' \delta y'$ dengan bobot intensitas $W(x' y')$ pada SSD (*Source to Surface Distance*) tertentu dikembangkan dari persamaan 2.13 menjadi;

$$\delta D(x, y, z) = W(x', y') \frac{1}{2\mu\sigma_{med}^2} \exp\left[-\frac{(x-x')^2 + (y-y')^2}{2\sigma_{med}^2}\right] g(z) \left[\frac{SSD}{SSD+z}\right]^2 \delta x' \delta y' \quad (2.19)$$

Model ini harus memiliki kemampuan untuk mereproduksi distribusi dosis-kedalaman pada sumbu utama (*central-axis depth-dose distribution*, $CAXD(z)$) pada ukuran lapangan yang berbeda-beda. Karenanya Hogstrom et al. (1981) memperkenalkan formulasi yang merujuk pada teori Fermi-Eyges pada persamaan 2.14 dan menambahkannya dengan faktor pembobot (*weighting factor*) yang di dalamnya memasukkan data $CAXD(z)$ di fantom air dan fungsi koreksi lapangan per kedalaman. Faktor koreksi ISL (*inverse square law*) juga ditambahkan pada formulasi ini. Adapun formulasi dari Hogstrom et al (1981) dapat dilihat pada persamaan 2.20;

$$D(x, y, z) = \frac{1}{4} \left[\operatorname{erf} \left(\frac{A-x}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{A+x}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) \right] \left[\operatorname{erf} \left(\frac{B-y}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{B+y}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) \right] \times g(z) \times \left[\frac{SSD}{SSD+z} \right]^2 \quad (2.20)$$

Dengan $g(z)$ sebagai faktor pembobot yang nilainya;

$$g(z) = \frac{D_0(0,0,z)}{\operatorname{erf} \left[\frac{A(1+z/SSD)}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}(z)} \right] \operatorname{erf} \left[\frac{B(1+z/SSD)}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}(z)} \right]} \quad (2.21)$$

Jika formulasi ini digunakan untuk lapangan persegi yang memiliki sisi yang sama ($A = B$), maka faktor pembobot $g(z)$ akan menjadi;

$$g(z) = \frac{D_0(0,0,z)}{\left\{ \operatorname{erf} \left[\frac{A(1+z/SSD)}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}(z)} \right] \right\}^2} \quad (2.22)$$

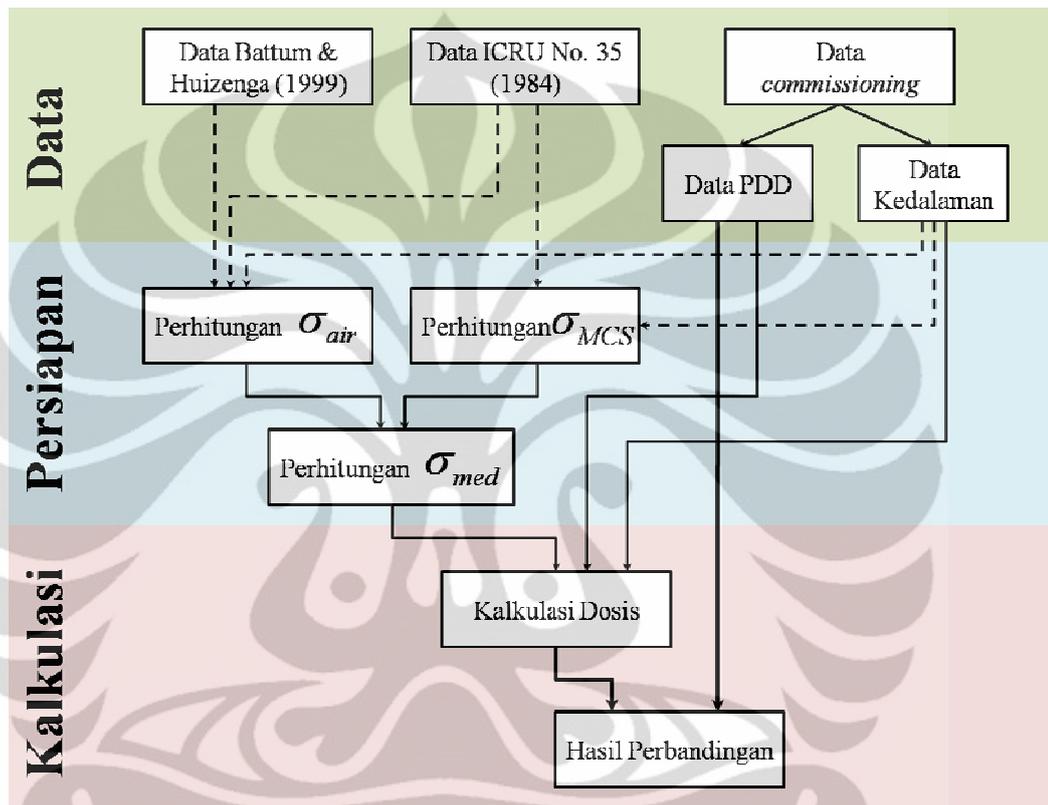
Dan pada akhirnya dosis untuk lapangan reguler (bujur sangkar) didefinisikan sebagai (Hogstrom, Mills, & Almond, 1981);

$$D(x, y, z) = \frac{1}{4} \left[\operatorname{erf} \left(\frac{A-x}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{A+x}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) \right] \left[\operatorname{erf} \left(\frac{B-y}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{B+y}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) \right] \times \frac{D_0(0,0,z)}{\left\{ \operatorname{erf} \left[\frac{A(1+z/SSD)}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}(z)} \right] \right\}^2} \times \left[\frac{SSD}{SSD+z} \right]^2 \quad (2.23)$$

Ekspresi matematis inilah yang digunakan pada skripsi ini untuk mengevaluasi prosentasi dosis kedalaman (PDD).

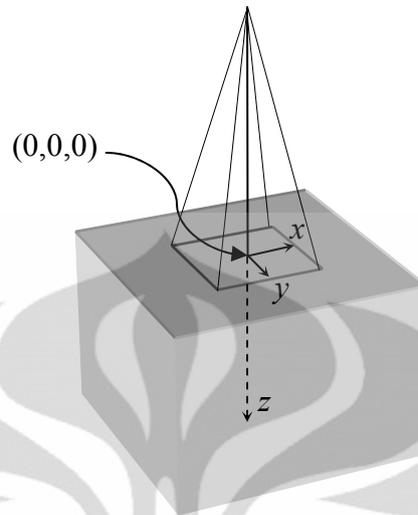
BAB III METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan tahapan seperti diilustrasikan dalam skema berikut ini;



Gambar 3.1. Skema penelitian

Dalam penelitian ini akan digunakan *PDD* elektron hasil komisioning dari pesawat Linac Siemens Primus di Rumah Sakit Pusat Pertamina, Jakarta Selatan, untuk ukuran lapangan 5x5 cm², 10x10 cm², 15x15 cm², 20x20 cm², dan 25x25 cm² (LDR dan HDR) dengan energi penyinaran 6 MeV, 9 MeV, 15 MeV, 18 MeV, dan 21 MeV. SSD (*Source to Surface Distance*) nominal yang akan digunakan bernilai 100 cm, dengan *air gap* (L_0) 5 cm. Algoritma yang dipakai dalam simulasi adalah algoritma Fermi-Eyges Hogstrom, dan simulasi dilakukan dengan pusat koordinat (0,0,0) berada di permukaan fantom di pusat lapangan, seperti diilustrasikan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Skema koordinat dalam simulasi

Untuk mendapatkan dosis di sepanjang sumbu z digunakan rumus Fermi-Eyges Hogstrom untuk berkas elektron pada medium inhomogen yang diturunkan menjadi bentuk berikut (penurunan dapat diamati pada lampiran A);

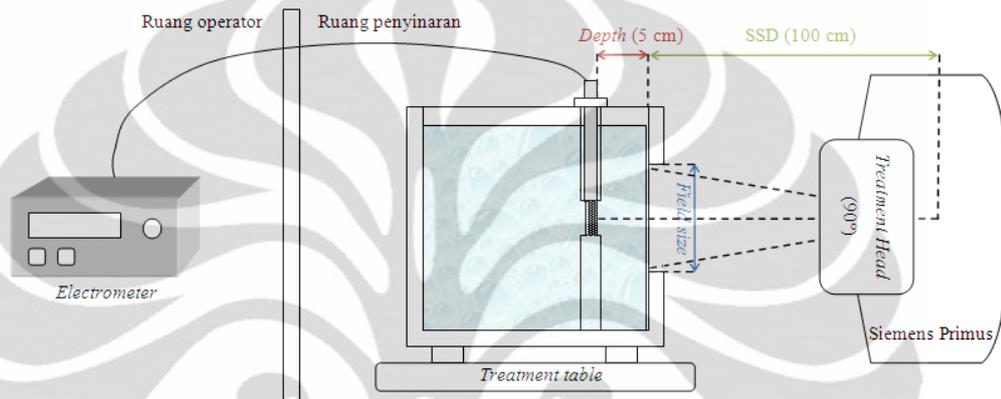
$$D(0,0,z) = \left[\operatorname{erf} \left(\frac{A}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) \right]^2 \times \frac{D_0(0,0,z)}{\left\{ \operatorname{erf} \left[\frac{A(1+z/SSD)}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}(z)} \right] \right\}^2} \times \left[\frac{SSD}{SSD+z} \right]^2 \quad (3.1)$$

Dalam implementasi algoritma, A merupakan setengah dari ukuran lapangan (ukuran lapangan didefinisikan sebagai $2A \times 2A$, sebab $A = B$ dari lapangan berbentuk bujur sangkar), z sebagai kedalaman, $D_0(0,0,z)$ sebagai dosis di sumbu utama hasil pengukuran, SSD bernilai 100 cm, dan σ_{med} sebagai distribusi dosis dalam medium yang nilainya bergantung pada σ_{ud} dan σ_{MCS} (persamaan 2.17).

3.1 Persiapan Perhitungan

3.1.1 Pengambilan Data

Data berupa *PDD* (*Percentage Depth-Dose*) diambil dari proses commissioning Linac Siemens Primus. Digunakan elektrometer dan fantom dengan konfigurasi seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Konfigurasi peralatan pada pengambilan data

Posisi detektor digeser setiap kedalaman untuk mengambil data dosis serap medium air di setiap kedalaman. Perhitungan σ_{med} dan faktor-faktor yang mempengaruhinya dilakukan sebagai persiapan penelitian dengan menggunakan Microsoft Excel.

3.1.2 Perhitungan σ_{MCS}

σ_{MCS} dihitung untuk setiap ukuran lapangan, setiap energi nominal per kedalaman dengan persamaan 2.9 yang telah diturunkan menjadi persamaan 3.2. Penurunan dapat dilihat pada lampiran B.

$$\sigma_{MCS}^2 = \frac{1}{6} z^3 (T(E)) \quad (3.2)$$

Adapun nilai $T(E)$ per energi didapatkan dari ICRU Report no. 35 (dapat diamati pada lampiran C).

3.1.3 Perhitungan σ_{ud}

Sesuai dengan persamaan 2.15, perhitungan σ_{ud} memerlukan nilai σ_{θ_x} yang didapatkan sebagai hasil kali dari data hasil penelitian Battum dan Huizenga (1999) yang menyajikan data $\sigma_{\theta_x}^2 / T(E)$, yakni 14 untuk *primary beam* pesawat Siemens Mevatron KD2 dengan $T(E)$ dari ICRU No. 35 untuk setiap ukuran lapangan dan energi. Nilai σ_{ud} dihitung per kedalaman dengan $L_0 = 5$ cm dan z yang mengikuti nilai z hasil komisioning.

Data input dan hasil kalkulasi σ_{med} dapat diamati pada bagian lampiran D dan F berturut-turut.

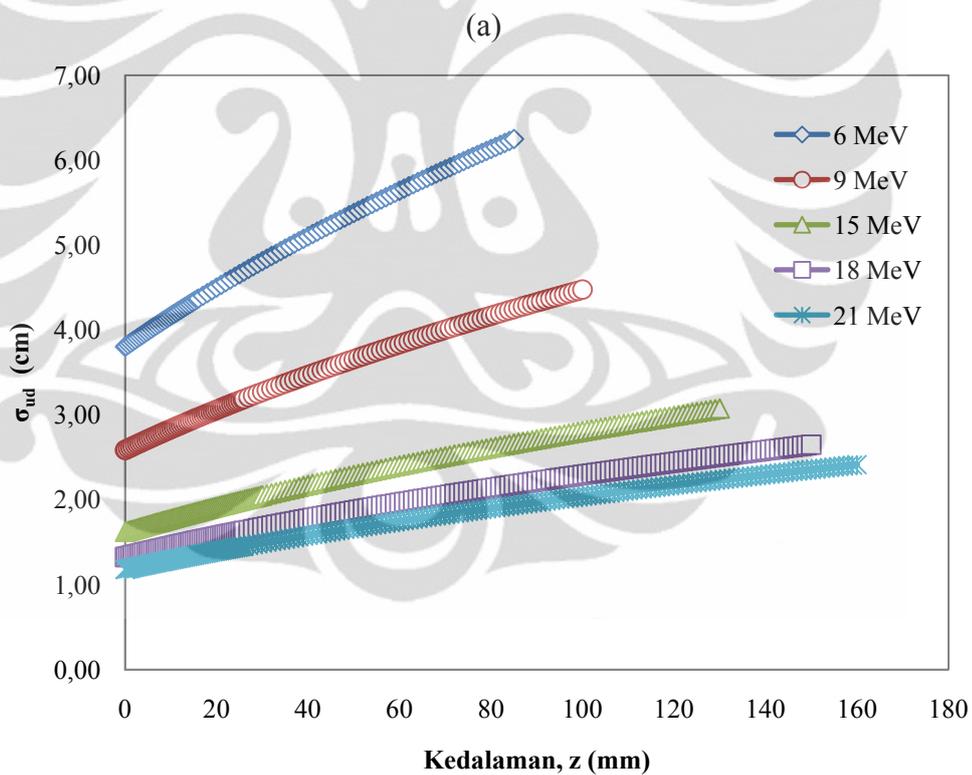
3.2 Kalkulasi Dosis

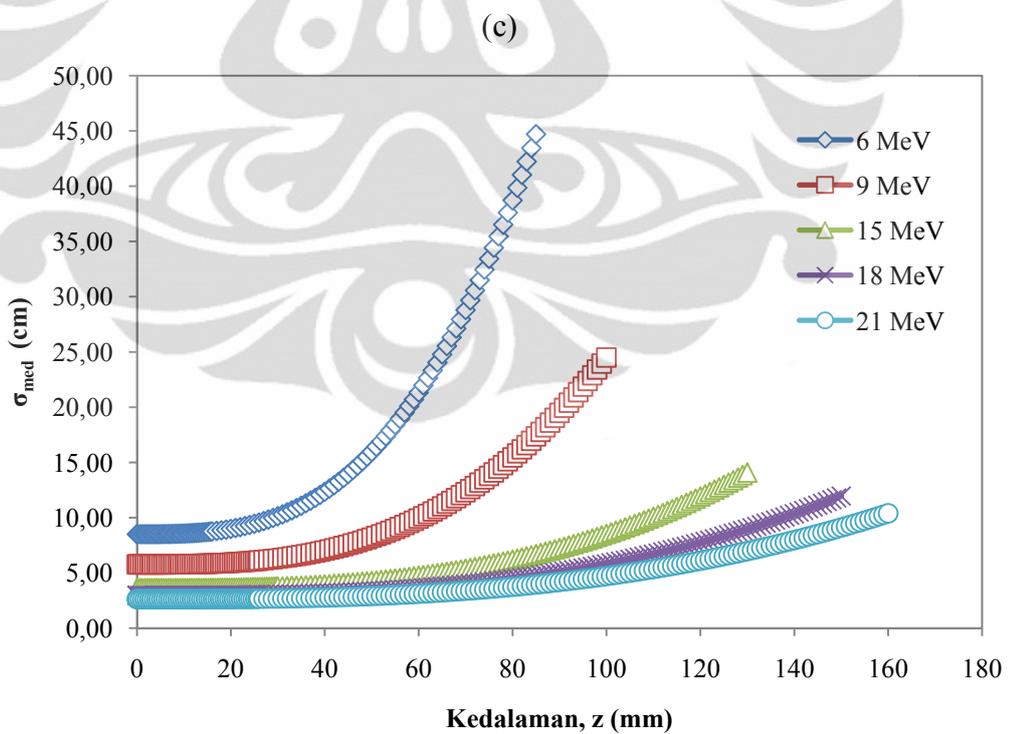
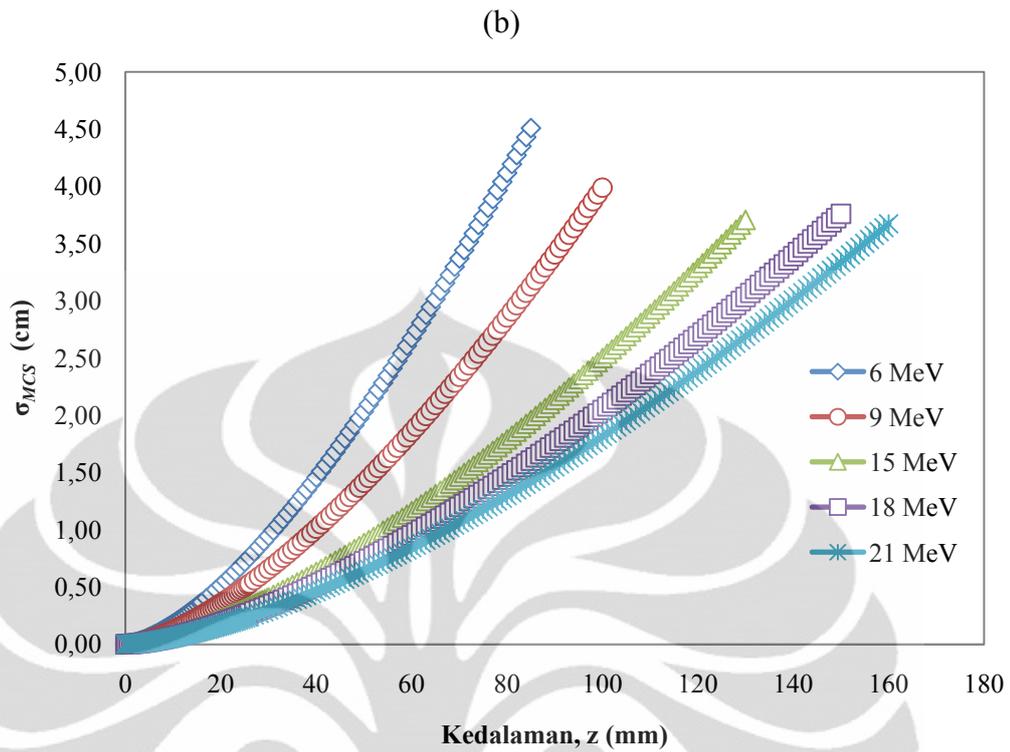
Kalkulasi dilakukan dengan membuat *array* berisi faktor-faktor yang ada pada persamaan 3.1 dan memasukkannya dalam terjemahan rumus menjadi algoritma (*script* Matlab dapat dilihat pada lampiran H). Pada setiap energi nominal, dilakukan *looping* untuk menghitung dosis per kedalaman tiap lapangan yang hasilnya kemudian diplot dengan Origin 8.1. Data hasil kalkulasi kemudian dibandingkan dengan data hasil komisioning dengan rumusan diskrepansi yang dapat diamati pada bagian lampiran I.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Persiapan untuk Kalkulasi

Pada tahapan persiapan, dilakukan perhitungan parameter-parameter yang akan digunakan sebagai input kalkulasi algoritma, yakni σ_{MCS} , σ_{ud} , dan σ_{med} . Seluruh hasil perhitungan dapat diamati pada lampiran F, dan contoh grafik ketiga parameter untuk ukuran lapangan menengah ($15 \times 15 \text{ cm}^2$) pada berbagai energi dapat dilihat pada gambar 4.1 (a), (b), dan (c) berturut-turut.





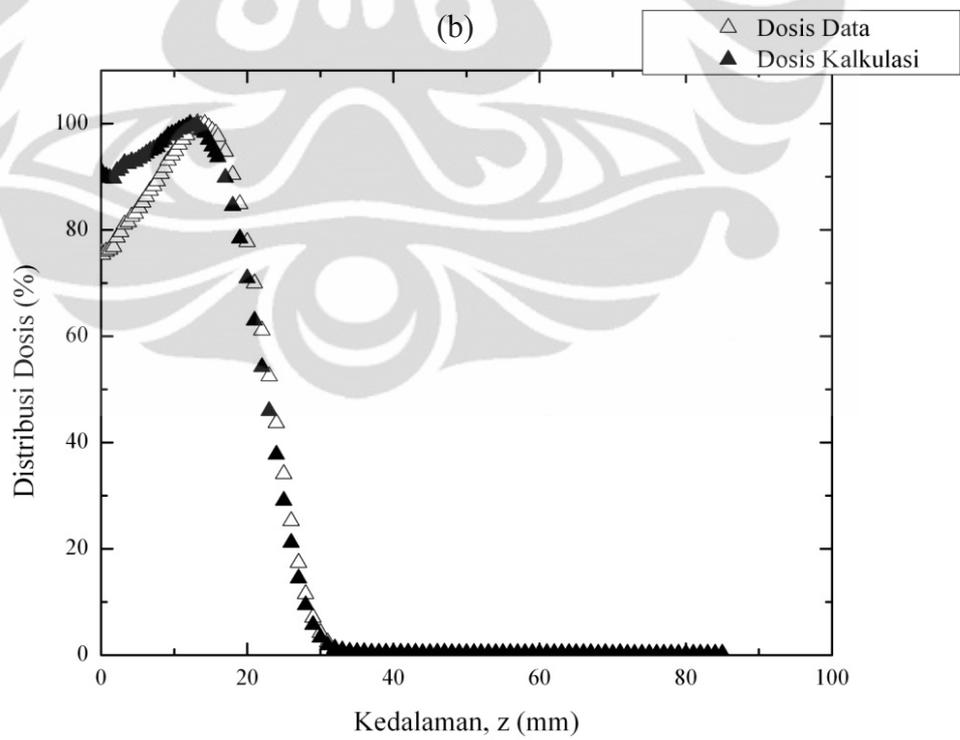
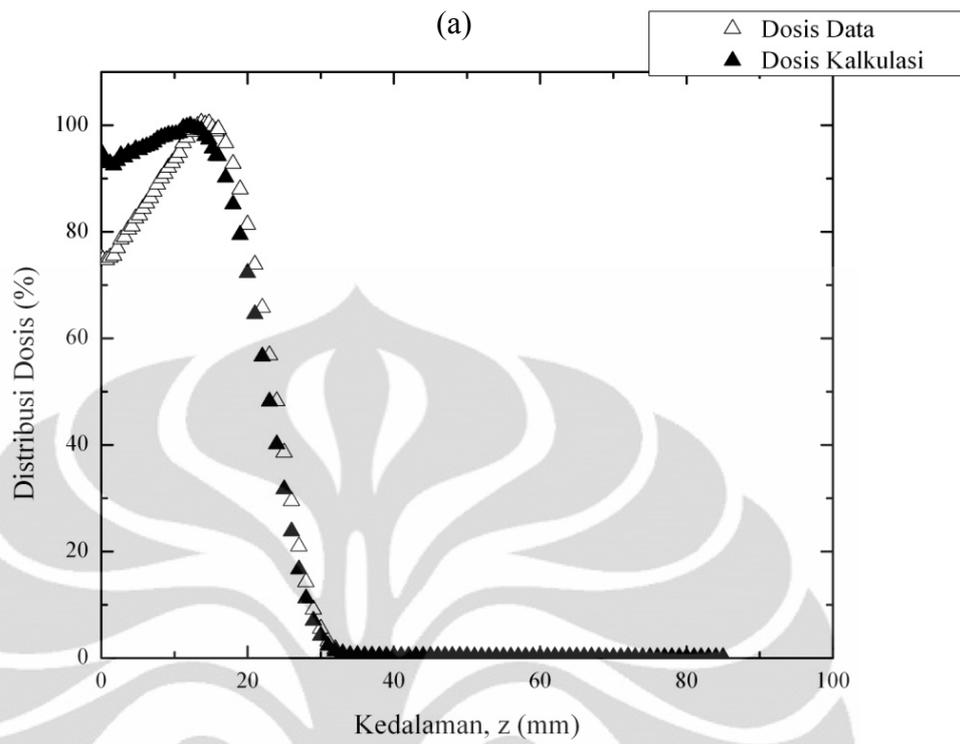
Gambar 4.1. Hasil perhitungan terhadap kedalaman di lapangan $15 \times 15 \text{ cm}^2$ pada berbagai variasi energi untuk (a) σ_{ud} , (b) σ_{MCS} , dan (c) σ_{med}

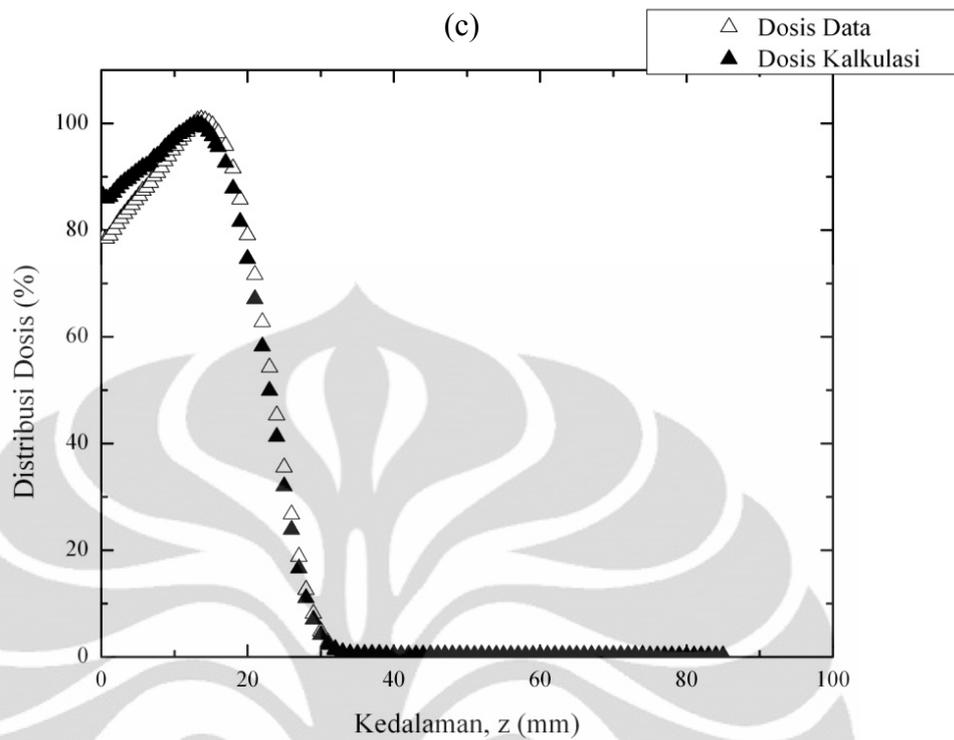
4.2 Hasil

Untuk melakukan perhitungan *PDD* berkas elektron dengan energi 6 MeV, 9 MeV, 15 MeV, 18 MeV, dan 21 MeV pada ukuran lapangan 5x5 cm², 10x10 cm², 15x15 cm², 20x20 cm², dan 25x25 cm² SSD 100 cm, digunakan algoritma Fermi-Eyges Hogstrom yang menggunakan persamaan sebagai berikut;

$$D(0,0,z) = \left[\operatorname{erf} \left(\frac{A}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) \right]^2 \times \frac{D_0(0,0,z)}{\left\{ \operatorname{erf} \left[\frac{A(1+z/SSD)}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}(z)} \right] \right\}^2} \times \left[\frac{SSD}{SSD+z} \right]^2 \quad (3.1)$$

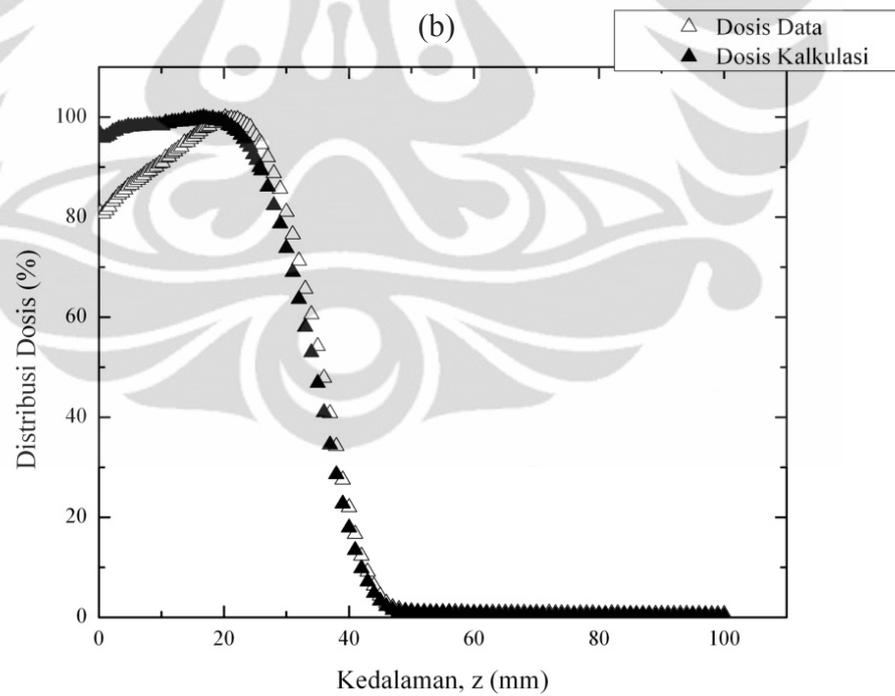
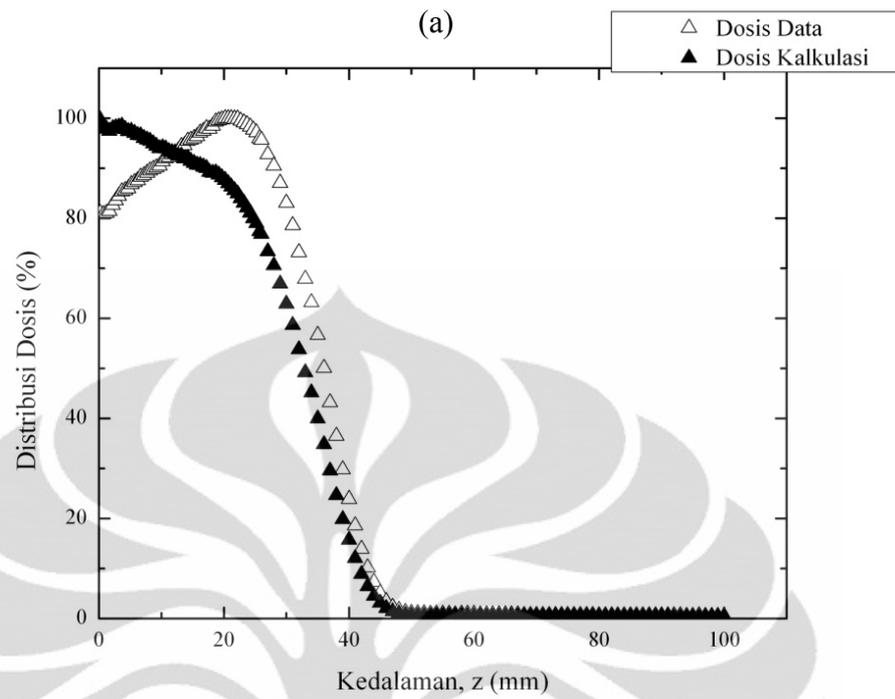
Dari hasil kalkulasi diambil contoh kurva *PDD* dari tiga ukuran lapangan (5x5, 15x15, dan 25x25) yang dilihat untuk berbagai variasi energi (6 MeV, 9 MeV, 15 MeV, 18 MeV, dan 21 MeV).

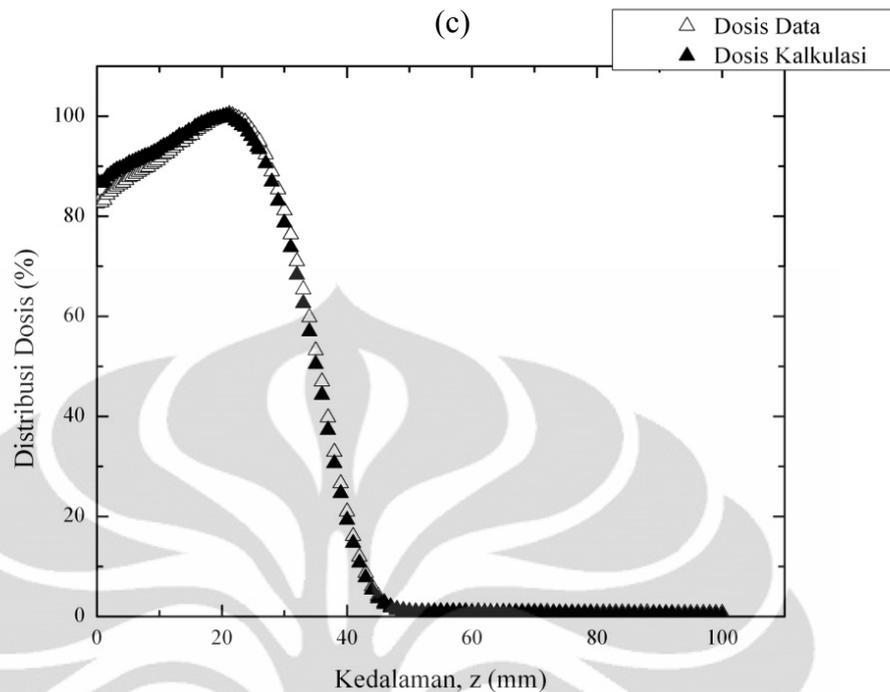




Gambar 4.2. PDD hasil kalkulasi dan pengukuran berkas elektron energi 6 MeV SSD 100 cm pada ukuran lapangan (a) 5x5 cm², (b) 15x15 cm², dan (c) 25x25 cm²

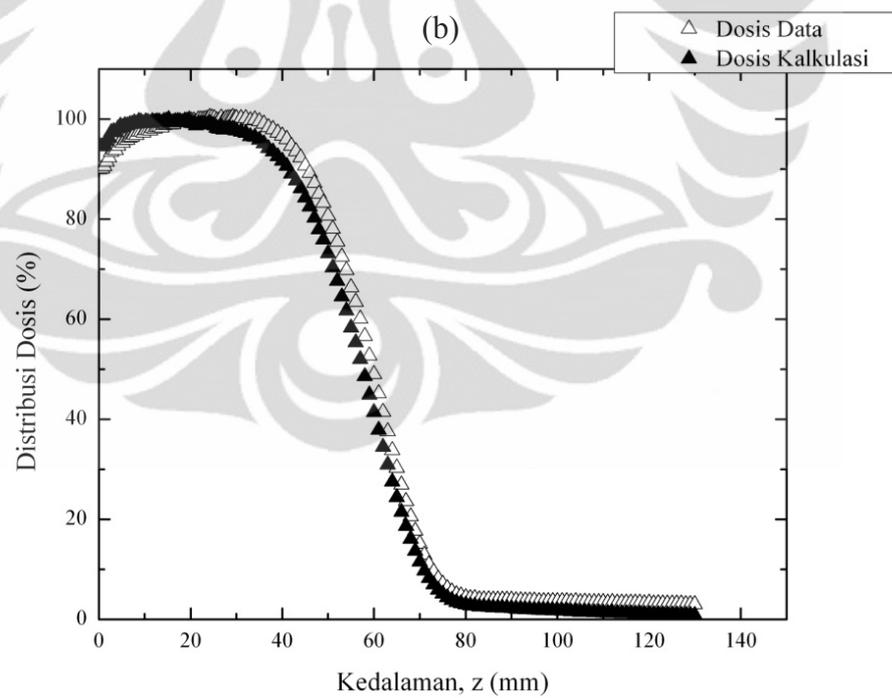
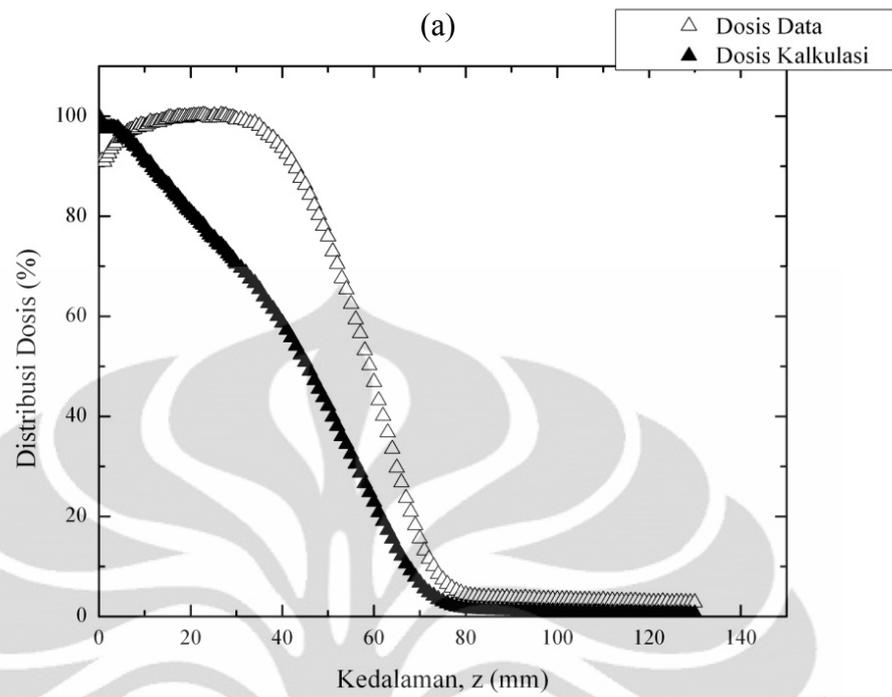
Secara umum, hasil kalkulasi dengan pengukuran untuk *PDD* elektron 6 MeV berbeda sangat signifikan pada daerah *build-up*. Setelah kedalaman maksimum, keduanya berbeda tidak signifikan. Perbedaan pun terlihat menurun seiring dengan semakin besarnya ukuran lapangan. Pada setiap lapangan, perbedaan pun menurun seiring dengan semakin meningkatnya kedalaman.

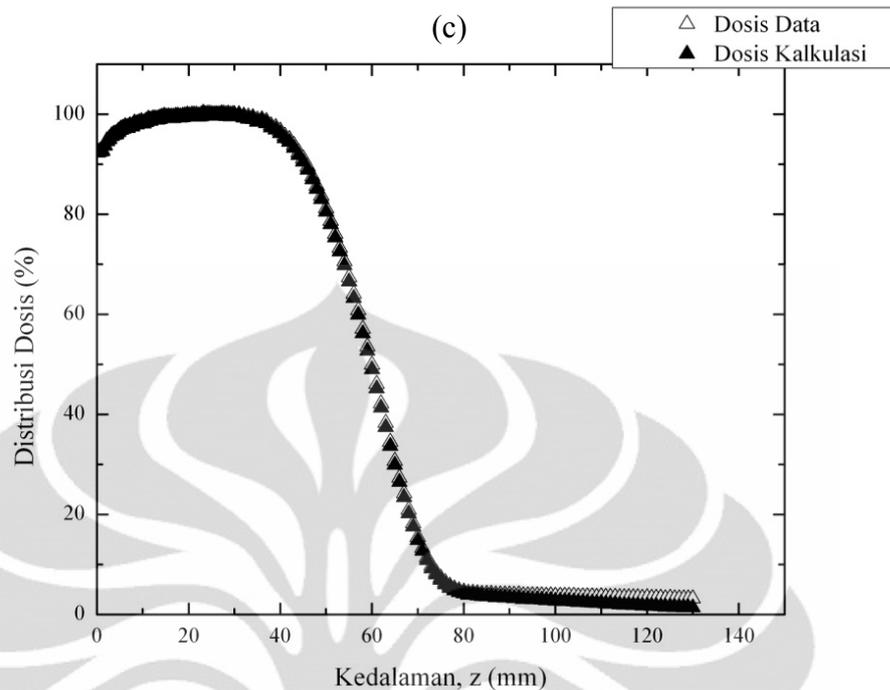




Gambar 4.3. *PDD* hasil kalkulasi dan pengukuran berkas elektron energi 9 MeV SSD 100 cm pada ukuran lapangan (a) $5 \times 5 \text{ cm}^2$, (b) $15 \times 15 \text{ cm}^2$, dan (c) $25 \times 25 \text{ cm}^2$

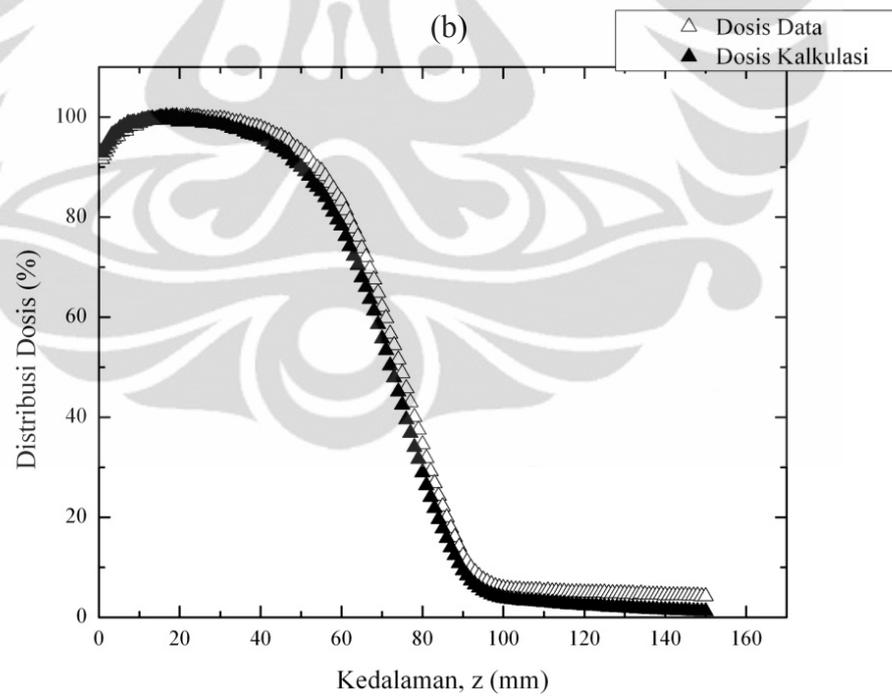
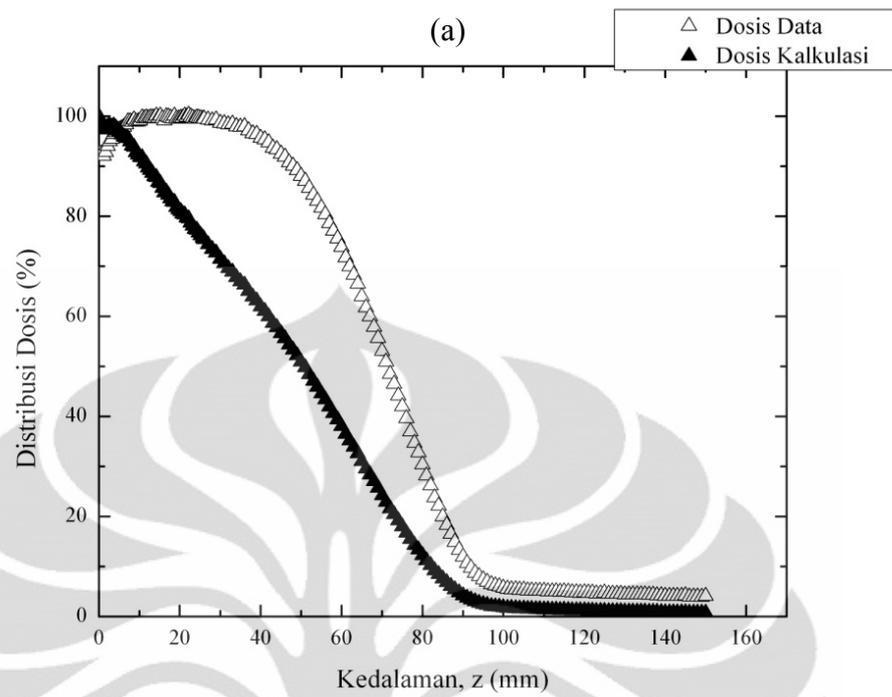
Hasil perbandingan antara *PDD* kalkulasi dengan pengukuran untuk energi 9 MeV secara umum terlihat tidak jauh berbeda dengan yang terjadi pada energi 6 MeV. Hanya saja, berbeda dengan berkas elektron 6 MeV, signifikansi perbedaan antara dua *PDD* (kalkulasi dengan pengukuran) terjadi tidak hanya di daerah *build-up*, namun juga pada daerah kedalaman setelah kedalaman maksimum, terutama untuk lapangan kecil (kurang dari $15 \times 15 \text{ cm}^2$). Untuk lapangan berukuran lebih dari $15 \times 15 \text{ cm}^2$, kedua *PDD* menunjukkan kesesuaian, bahkan untuk lapangan besar ($25 \times 25 \text{ cm}^2$) kesesuaian pada daerah *build-up* juga terjadi.

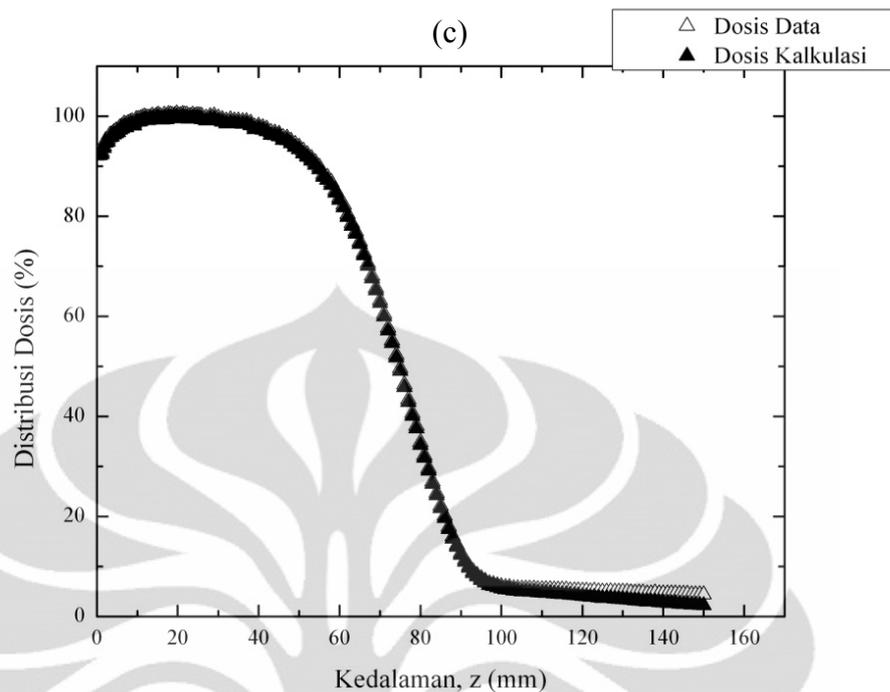




Gambar 4.4. *PDD* hasil kalkulasi dan pengukuran berkas elektron energi 15 MeV SSD 100 cm pada ukuran lapangan (a) $5 \times 5 \text{ cm}^2$, (b) $15 \times 15 \text{ cm}^2$, dan (c) $25 \times 25 \text{ cm}^2$

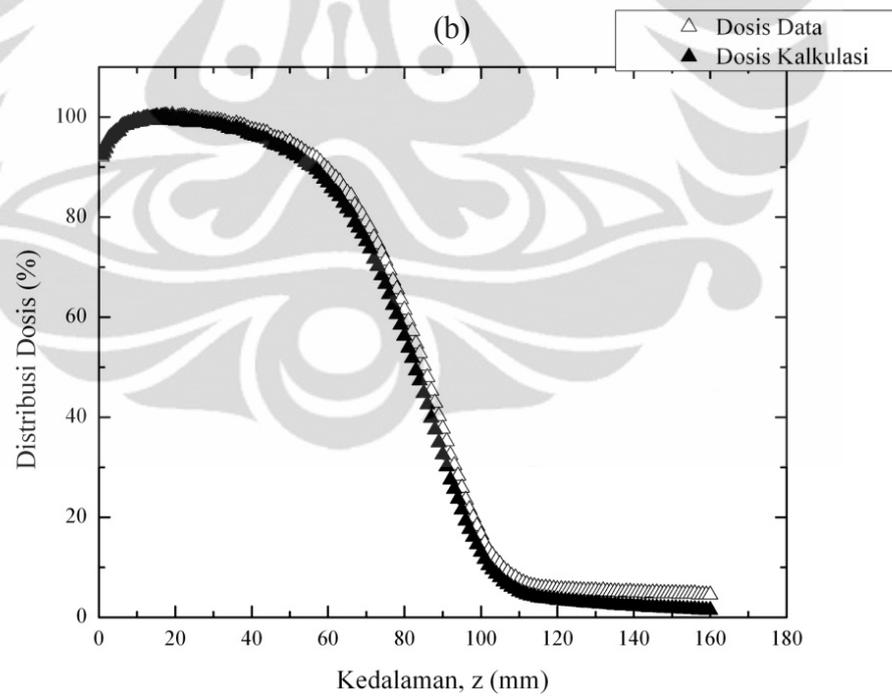
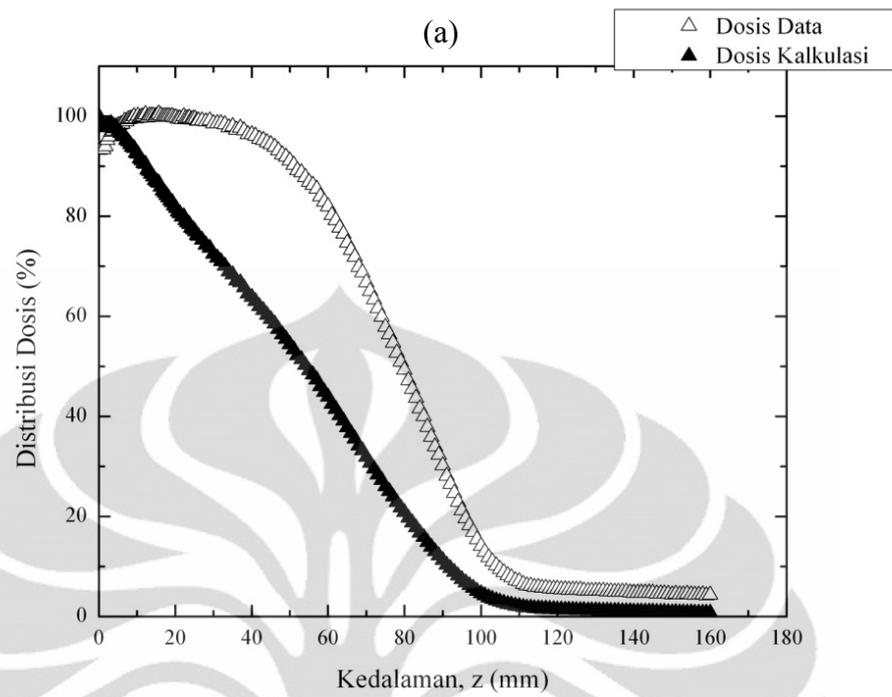
Kurva *PDD* berkas elektron 15 MeV hasil pengukuran dan kalkulasi menunjukkan diskrepansi yang cukup identik dengan berkas elektron energi 9 MeV. Terjadi perbedaan yang juga signifikan pada daerah *build-up* bahkan setelahnya. Namun, perbedaan berkurang cukup drastis pada lapangan menengah ($15 \times 15 \text{ cm}^2$) dan menunjukkan kesesuaian pada lapangan $20 \times 20 \text{ cm}^2$. Data kalkulasi menunjukkan perbedaan yang sangat kecil terhadap data pengukuran pada lapangan yang lebih besar, bahkan berimpit pada lapangan besar ($25 \times 25 \text{ cm}^2$) kecuali pada area dosis *bremsstrahlung*, di mana dosis kalkulasi terlihat menurun sementara dosis pengukuran konstan terhadap kedalaman.

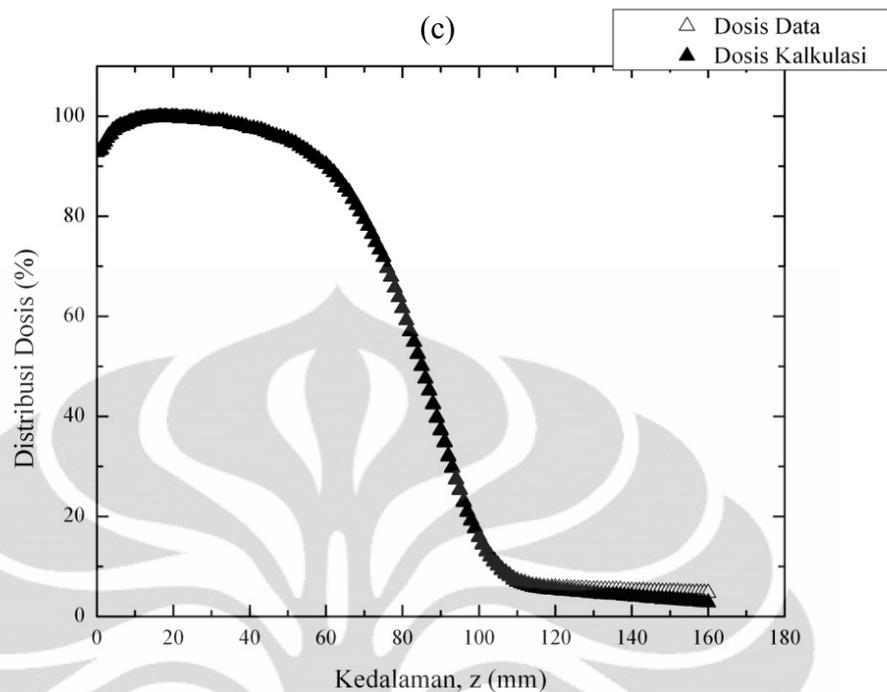




Gambar 4.5. *PDD* hasil kalkulasi dan pengukuran berkas elektron energi 18 MeV SSD 100 cm pada ukuran lapangan (a) $5 \times 5 \text{ cm}^2$, (b) $15 \times 15 \text{ cm}^2$, dan (c) $25 \times 25 \text{ cm}^2$

Terjadi diskrepansi cukup tinggi antara *PDD* kalkulasi dan *PDD* pengukur pada berkas elektron 18 MeV, terutama pada lapangan berukuran kecil ($5 \times 5 \text{ cm}^2$). Seperti halnya berkas elektron 9 MeV dan 15 MeV, diskrepansi terjadi tak hanya di daerah *build-up*, dan nilainya berkurang seiring dengan bertambahnya ukuran lapangan. Pada lapangan $15 \times 15 \text{ cm}^2$, kedua *PDD* menunjukkan kesesuaian yang baik.





Gambar 4.6. *PDD* hasil kalkulasi dan pengukuran berkas elektron energi 21 MeV SSD 100 cm pada ukuran lapangan (a) 5x5 cm², (b) 15x15 cm², dan (c) 25x25 cm²

Untuk perbandingan *PDD* hasil kalkulasi dengan pengukuran pada berkas elektron energi 21 MeV, terlihat perbedaan yang sangat signifikan tidak hanya di daerah *build-up*. Namun, seiring dengan meningkatnya ukuran lapangan, perbedaan antara kedua *PDD* semakin kecil. Pada lapangan menengah (15x15 cm²) kesesuaian di antara keduanya mulai terjadi, dan lapangan yang lebih besar menunjukkan kesesuaian yang lebih baik lagi.

4.3 Pembahasan

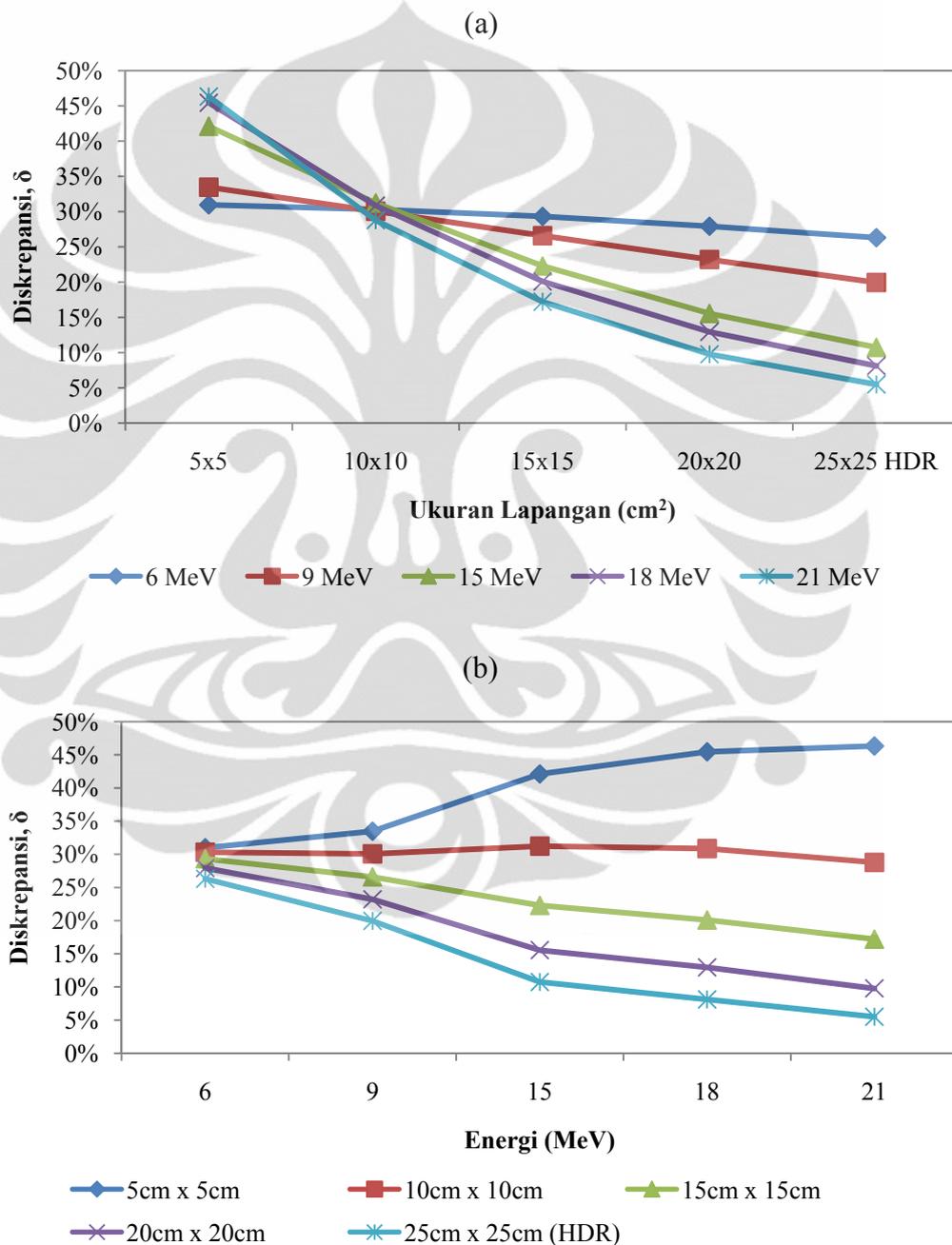
Penggunaan persamaan Fermi-Eyges-Hogstrom yang telah disesuaikan memerlukan parameter σ_{med} yang nilainya bergantung pada σ_{MCS} dan σ_{ud} untuk setiap kedalaman, energi berkas, dan ukuran lapangan. Pada persamaan tersebut, σ_{ud} merupakan divergensi berkas akibat interaksi dengan udara sebelum berkas memasuki medium. Nilai σ_{ud} bergantung pada z dan σ_{θ_x} , sedangkan nilai σ_{θ_x} sendiri bergantung pada ukuran lapangan dan energi. Sehingga, faktor-faktor ini secara langsung mempengaruhi dosis hasil kalkulasi.

Semakin rendah energi berkas elektron, maka sudut hamburan akan semakin besar akibat dominasi interaksi elektron dengan materi medium (energi elektron tidak cukup kuat untuk lepas dari interaksi dengan medium). Ketika energi berkas elektron tinggi, maka elektron memiliki energi yang cukup untuk tidak tersimpang dari jalur awalnya dan lebih banyak terjadi *forward scattering*, sehingga divergensi hamburan kecil. Menurut persamaan 2.15, nilai σ_{ud} linear terhadap kedalaman, dan hal itu menjelaskan tampilan data pada gambar 4.1 di mana kurva σ_{ud} cenderung berbentuk linear untuk tiap energi berkas elektron.

Di lain pihak, nilai σ_{MCS} meningkat dengan kenaikan z karena σ_{MCS} mewakili divergensi *multiple Coulomb scattering* yang nilainya terus naik seiring dengan naiknya z , dan secara eksperimen akan bernilai nol saat mencapai jangkauan maksimum berkas elektron. Seperti halnya σ_{ud} , nilai σ_{MCS} juga berkurang seiring dengan bertambahnya energi berkas akibat dominasi *forward scattering* pada energi tinggi, seperti yang terlihat pada gambar 4.2.

Kedua faktor divergensi kemudian tergabung dalam σ_{med} , dan nilai σ_{med} terlihat pada hasil persiapan memiliki kecenderungan untuk meningkat secara pesat per kedalaman pada energi rendah, dan tidak meningkat pesat per kedalaman pada energi tinggi. Baik nilai σ_{ud} , σ_{MCS} , maupun σ_{med} tidak bervariasi secara signifikan untuk perbedaan ukuran lapangan dan hanya menunjukkan variasi untuk perbedaan energi berkas.

Hasil yang didapatkan melalui kalkulasi Fermi-Eyges-Hogstrom kemudian dibandingkan dengan data hasil pengukuran (komisioning) dan didapatkan nilai diskrepansi (δ) di antara keduanya untuk berbagai variasi energi dan ukuran lapangan. Gambar 4.9 menunjukkan diskrepansi kalkulasi terhadap data pengukuran.



Gambar 4.7. Diskrepansi antara data *PDD* pengukuran dan hasil kalkulasi (a) per energi, dan (b) per ukuran lapangan

Dari kedua plot mengenai diskrepansi data terhadap hasil pengukuran, terlihat bahwa diskrepansi cenderung menurun seiring dengan bertambahnya ukuran lapangan penyinaran. Artinya, semakin besar ukuran lapangan, maka data hasil kalkulasi semakin mendekati kebenaran (semakin sesuai dengan data hasil eksperimen). Penurunan diskrepansi ini juga semakin tajam seiring dengan bertambahnya energi nominal penyinaran.

Lebih jauh, diketahui bahwa diskrepansi data terhadap data pengukuran untuk setiap ukuran lapangan cenderung bertambah besar seiring dengan bertambahnya energi nominal penyinaran pada lapangan kecil (5 cm x 5 cm), cenderung statis pada lapangan menengah (10 cm x 10 cm) dan mengalami penurunan pada lapangan besar (20 cm x 20 cm dan 25 cm x 25 cm). Hal yang dapat digarisbawahi dari interpretasi kedua plot di atas adalah bahwa diskrepansi terbesar dialami oleh lapangan kecil, dan hanya sedikit dipengaruhi energi, di mana diskrepansi terbesar terdapat di lapangan kecil (5cm x 5cm).

Untuk evaluasi hasil kalkulasi dosis terkait dengan diskrepansinya terhadap hasil pengukuran, perlu dilakukan tinjauan untuk setiap suku pada formulasi Fermi-Eyges-Hogstrom yang digunakan sebagai algoritma perhitungan dosis. Kaidah fungsi error dan kontribusi setiap komponen dalam menentukan nilai setiap suku dijadikan acuan dalam menganalisa hasil kalkulasi.

$$D(0,0,z) = \left[\operatorname{erf} \left(\frac{A}{\sqrt{2}\sigma_{med}} \right) \right]^2 \times \frac{D_0(0,0,z)}{\left\{ \operatorname{erf} \left[\frac{A(1+z/SSD)}{\sqrt{2}\sigma_{med}(z)} \right] \right\}^2} \times \left[\frac{SSD}{SSD+z} \right]^2 \quad (3.1)$$

Untuk energi rendah dan ukuran lapangan kecil, nilai A menjadi besar, sementara nilai σ_{med} konstan besar pada kedalaman dekat permukaan (relatif terhadap nilai σ_{med} energi), sehingga suku pertama dari persamaan 3.1 menjadi bernilai kecil. Dalam kondisi yang sama, suku ke-dua akan bernilai besar dan sifatnya dominan akibat terlibatnya faktor kedalaman secara langsung, sementara suku ke-tiga akan bernilai mendekati satu (kurang dari satu, namun mendekati satu), sehingga perkalian dari ketiga suku tersebut menghasilkan nilai yang besar

sebagai faktor pengali dosis pengukuran. Hal ini mengakibatkan nilai dosis pada daerah kedalaman kecil (daerah *build-up*) yang didapatkan pada kalkulasi lebih besar dari nilai dosis pengukuran, seperti yang bisa diamati pada contoh hasil penelitian. Sementara itu, untuk kondisi yang sama pada kedalaman besar (setelah dosis maksimum), nilai z tinggi pada energi rendah menyebabkan σ_{med} bernilai sangat besar dan membuat suku pertama bernilai sangat kecil. Suku ke-dua akan bernilai mendekati satu karena nilai z sangat tinggi yang mengakibatkan fungsi error (erf) bernilai mendekati 1 sementara suku ke-tiga bernilai kecil juga akibat nilai z yang besar. Akibatnya, faktor pengali dosis pengukuran bernilai kurang dari satu namun mendekati satu. Hal ini mengakibatkan kurva *PDD* berkas berenergi rendah pada lapangan kecil hasil kalkulasi lebih tinggi dari hasil pengukuran di daerah *build-up* dan sedikit lebih rendah dari hasil pengukuran pada kedalaman setelahnya.

Penyinaran energi rendah pada lapangan berukuran besar akan membuat suku pertama formulasi menjadi besar pada kedalaman dekat permukaan akibat nilai A yang besar sementara suku kedua bernilai mendekati satu, juga akibat nilai A besar yang mendominasi nilai fungsi error. Suku ke-tiga pada kondisi tersebut akan bernilai kurang dari satu tetapi mendekati satu akibat nilai z yang kecil. Nilai ketiga suku tersebut membuat faktor pengali dosis pengukuran secara keseluruhan menjadi sedikit lebih besar dari satu. Kondisi yang sama pada kedalaman setelah dosis maksimum membuat suku pertama bernilai mendekati satu akibat nilai σ_{med} yang sangat besar dalam fungsi error, sedangkan suku kedua menjadi kecil (namun mendekati satu) karena mengalami hal yang sama dengan suku pertama namun berposisi sebagai pembagi, dan suku ke-tiga menjadi bernilai kecil karena nilai z yang besar sebagai pembagi. Penggabungan ketiga faktor tersebut membuat faktor pengali dosis pengukuran menjadi sedikit kurang dari satu. Hal tersebut diatas mengakibatkan kurva *PDD* berkas berenergi rendah pada lapangan besar hasil kalkulasi sedikit lebih tinggi dari hasil pengukuran di daerah *build-up* (diskrepansi cukup kecil) dan sedikit lebih rendah dari hasil pengukuran pada kedalaman setelah dosis maksimum (diskrepansi sangat kecil).

Di lain pihak, untuk berkas elektron energi tinggi dengan lapangan berukuran kecil, suku pertama formulasi akan bernilai kecil (mendekati nol) pada daerah dekat permukaan (*build-up*) karena nilai A dan σ_{med} yang kecil pada fungsi error. Sedangkan suku ke-dua menjadi bernilai besar karena meskipun juga mendapat nilai A dan σ_{med} yang kecil memiliki posisi sebagai pembagi. Sementara itu, nilai z kecil membuat suku ke-tiga menjadi bernilai mendekati satu. Karenanya, gabungan ketiga suku memberikan faktor pengali besar kepada dosis pengukuran. Pada kedalaman setelah kedalaman maksimum di keadaan yang sama, suku pertama juga bernilai kecil akibat nilai A dan σ_{med} yang kecil, terlebih nilai σ_{med} cenderung sedikit berubah di kedalaman tinggi untuk energi tinggi. Suku ke-dua juga bernilai kecil untuk alasan yang sama dengan yang terjadi pada area *build-up*, sedangkan suku ke-tiga akan bernilai kecil sebab nilai z besar. Ketiga suku tersebut kemudian menjadi faktor pembagi yang sangat kecil bagi dosis pengukuran. Jabaran di atas mengenai karakter keluaran perhitungan menjelaskan bahwa untuk berkas berenergi tinggi dengan ukuran lapangan kecil, nilai PDD hasil kalkulasi akan melebihi nilai pengukuran dengan diskrepansi kecil sebelum kedalaman dosis maksimum dan akan jauh lebih kecil dari nilai PDD hasil pengukuran di kedalaman setelah dosis maksimum dengan diskrepansi sangat besar.

Jika digunakan berkas berenergi tinggi dengan ukuran lapangan besar, maka suku pertama dan kedua akan bernilai sangat dekat dengan satu akibat besarnya nilai A dan kecilnya nilai σ_{med} yang berkontribusi membuat nilai variabel fungsi error menjadi besar. Baik di kedalaman dekat permukaan (area *build-up*) maupun kedalaman setelahnya, faktor z tidak mendominasi karena A besar dan σ_{med} kecil sehingga suku kedua juga akan bernilai dekat dengan satu. Selain itu, nilai σ_{med} yang bergantung pada kedalaman pun hanya mengalami sedikit kenaikan seiring dengan semakin besarnya kedalaman. Di lain sisi, pada posisi yang sangat dalam, nilai z sedemikian besar sehingga suku ke-tiga akan bernilai kecil, tidak seperti di kedalaman dekat permukaan yang nilai suku ketiganya mendekati satu. Oleh karena itu, untuk berkas elektron energi tinggi

dengan ukuran lapangan besar, dosis kalkulasi bernilai hampir sama dengan dosis hasil pengukuran, sebab faktor pengali yang terdiri dari ketiga suku bernilai mendekati satu dan dengan demikian diskrepansi antara dosis kalkulasi dengan dosis data pengukuran bernilai sangat kecil dan sangat tidak signifikan. Namun, pada kedalaman tinggi di mana nilai suku ke-tiga kecil, nilai faktor pengali menjadi sedikit kurang dari satu, sehingga data dosis kalkulasi akan bernilai sedikit lebih kecil dari data dosis hasil pengukuran, seperti terlihat pada area *bremsstrahlung tail*, meskipun besarnya diskrepansi juga tidak signifikan.

Sejalan dengan pembahasan hasil penelitian ini, Samuelsson *et al* (1998) menyatakan bahwa perhitungan dosis berbasis formulasi distribusi Gaussian, yakni formulasi Hogstrom, cocok pada energi tinggi namun memiliki diskrepansi cukup tinggi pada energi rendah, terutama pada bagian dekat permukaan. Diskrepansi besar yang melebihi 40% juga ditemukan oleh Cygler *et al* (1987) untuk kasus inhomogenitas. Kalkulasi Fermi-Eyges dengan model Hogstrom ini juga disebut tidak memiliki kemampuan untuk mereproduksi distribusi dosis di sumbu utama dengan baik meskipun cukup baik dalam memprediksi profil (Nahum, Patient Dose Computation for Electron Beams, 2007).

Dinyatakan pula oleh Nahum (1985) bahwa kekurangan formulasi Fermi-Eyges (model Hogstrom) pada kalkulasi dosis berkas elektron disebabkan oleh nilai σ_{MCS} yang tidak sesuai dengan kondisi alamiahnya. Nilai σ_{MCS} secara alamiah akan meningkat hingga kemudian turun kembali mendekati jangkauan praktis, dan kondisi ini tidak didapatkan pada hasil perhitungan Fermi-Eyges, di mana nilai σ_{MCS} justru meningkat tanpa turun kembali.

Ketidaksesuaian ini membuktikan bahwa pendekatan distribusi yang digunakan oleh Fermi-Eyges dan Hogstrom tidak sesuai dengan kondisi sebenarnya, karenanya formulasi ini kurang akurat jika digunakan tanpa model Monte-Carlo sebagai acuan awal (Lax, 1987). Kekurangan lainnya adalah bahwa formulasi ini tidak memperhitungkan hilangnya elektron akibat hamburan selama interaksi dengan medium (*electron loss*) (Jette, 1996). Hal ini membuat kalkulasi pada lapangan kecil menjadi kurang akurat sebab hamburan pada lapangan kecil

sangat dominan dalam menentukan dosis serap di sumbu utama (Nahum, Patient Dose Computation for Electron Beams, 2007).



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Kalkulasi dosis berkas elektron dengan formulasi Fermi-Eyges Hogstrom hanya cocok untuk lapangan besar dan berkas energi tinggi.
- Formulasi Fermi-Eyges Hogstrom tidak bisa dijadikan andalan dalam keperluan perencanaan terapi tanpa dilakukan koreksi untuk energi rendah dan ukuran lapangan kecil berenergi berkas tinggi, terutama untuk daerah *build-up*.

5.2 Saran

Disarankan untuk menggunakan metode Monte-Carlo, yang mengkalkulasi probabilitas interaksi yang dialami setiap partikel elektron dari berkas dengan elektron atom medium dalam proses perencanaan terapi eksternal dengan modalitas berkas elektron sehingga lebih akurat.

DAFTAR REFERENSI

- Battum, L. J., & Huizenga, H. (1999). On the Initial Angular Variances of Clinical Electron Beams. *Physics in Medicine and Biology* (44), 2803-2820.
- Cygler, J., Battista, J. J., Scrimger, J. W., Mah, E., & Antolak, J. (1987). Electron Dose Distributions in Experimental Phantoms: A Comparison with 2D Pencil Beam Calculation. *Physics in Medicine and Biology* , 32 (9), 1073-1086.
- Electron Beam Dose Distribution*. (2010). Retrieved October 4, 2011, from OzRadOnc: <http://ozradonc.wikidot.com/electron-beam-dose-distribution>
- Hogstrom, K. R., Mills, M. D., & Almond, P. R. (1981). Electron Beam Dose Calculation. *Physics in Medicine and Biology* , 26 (3), 445-459.
- International Commission on Radiation Units and Measurement. (1984). *Radiation Dosimetry: Electron Beams with Energies between 1 and 50 MeV*. Bethesda: ICRU.
- Jette, D. (1996). Electron Dose Calculation Using Multiple-Scattering Theory: A New Theory of Multiple Scattering. *Medical Physics* , 23 (4), 459-477.
- Nahum, A. (2007). Patient Dose Computation for Electron Beams. In P. Mayles, A. E. Nahum, J. C. Rosenwald, P. Mayles, A. E. Nahum, & J. C. Rosenwald (Eds.), *Handbook of Radiotherapy Physics*. New York: Taylor & Francis Group.
- Nahum, A. (1985). *The Computation of Dose Distribution in Electron Beam Radiotherapy*. Madison, WI: Medical Physics Publishing.
- Podgorsak, E. B. (2005). *Radiation Oncology Physics*. Vienna: IAEA.
- Samuelsson, A., Hyodynmaa, S., & Johansson, K.-A. (1998). Dose Accuracy Check of the 3D Electron Beam Algorithm in A Treatment Planning System. *Physics in Medicine and Biology* (43), 1529-1544.

Strydom, W., Parker, W., & Olivares, M. (2005). Electron Beams: Physical and Clinical Aspects. In E. B. Podgorsak, *Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students* (pp. 273-299). Vienna: IAEA.

Thwaites, D., & McKenzie, A. (2007). Electron Beam. In P. Mayles, A. Nahum, & J.-C. Rosenwald, *Handbook of Radiotherapy Physics Theory and Practice* (p. 520). New York: Taylor & Francis Group, LLC.



LAMPIRAN A

Rumusan yang diberikan oleh Hogstrom (1981) seperti tertera pada persamaan 2.19 digunakan untuk mencari nilai dosis di setiap titik koordinat (x,y,z) pada fantom. Pada ekspresi matematis tersebut terdapat faktor-faktor yang diturunkan dari profil yang kemudian digunakan untuk mendapatkan nilai profil itu kembali sebagai hasil perhitungan yang telah mempertimbangkan distribusi sebaran dosis angular seperti gagasan Fermi-Eyges (Thwaites & McKenzie, 2007). Nilai faktor tersebut, seperti faktor bobot intensitas, W , tidak diperlukan dalam perhitungan PDD , sebab nilainya tidak bergantung (konstan) terhadap kedalaman z dan hanya bergantung pada nilai simpangan dari sumbu utama, x dan y . Karenanya rumusan menjadi lebih sederhana, seperti ditunjukkan oleh persamaan (2.23). Rumusan tersebut digunakan secara umum, dan penelitian ini hanya memfokuskan pada pencarian distribusi dosis di sumbu utama pada setiap kedalaman (PDD) sehingga penyederhanaan lebih lanjut dimungkinkan untuk dilakukan.

Beberapa poin yang dapat menjadi acuan penyederhanaan rumus Hogstrom untuk penelitian ini diantaranya:

- a) Nilai yang akan dicari adalah prosentasi dosis kedalaman di sumbu utama (PDD), sehingga faktor yang hanya bergantung pada koordinat x dan y dan tidak bergantung pada kedalaman z bisa diabaikan.
- b) Materi medium yang akan dihitung dosis (PDD)nya disamakan dengan materi yang digunakan dalam *commissioning* yang hasilnya digunakan sebagai input data atas dasar konsistensi. Karenanya, diasumsikan bahwa materi yang digunakan adalah air murni, H_2O yang homogen. Konstanta-konstanta dan data yang digunakan mengacu pada protokol yang ada untuk medium air.
- c) Lapangan yang digunakan sebagai variabel adalah lapangan persegi dengan sisi sama panjang (lapangan *reguler*).

Dengan mengindahkan poin-poin di atas, maka penyederhanaan dapat dilakukan.

$$D(x, y, z) = \frac{1}{4} \left[\operatorname{erf} \left(\frac{A-x}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{A+x}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) \right] \left[\operatorname{erf} \left(\frac{B-y}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{B+y}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) \right] \times \frac{D_0(0,0,z)}{\left\{ \operatorname{erf} \left[\frac{A(1+z/SSD)}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}(z)} \right] \right\}^2} \times \left[\frac{SSD}{SSD+z} \right]^2 \quad (*)$$

Persamaan (*) yang sudah lebih sederhana digunakan untuk perhitungan dosis-kedalaman di tiap titik dalam fantom (x,y,z) dengan ukuran lapangan $2A \times 2B$. Karenanya, merujuk pada asumsi yang digunakan untuk penelitian ini bahwa lapangan yang digunakan adalah lapangan persegi, maka berarti $2A = 2B$, dan persamaan (*) dapat disederhanakan menjadi;

$$D(x, y, z) = \frac{1}{4} \left[\operatorname{erf} \left(\frac{A-x}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{A+x}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) \right] \left[\operatorname{erf} \left(\frac{A-y}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{A+y}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) \right] \times \frac{D_0(0,0,z)}{\left\{ \operatorname{erf} \left[\frac{A(1+z/SSD)}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}(z)} \right] \right\}^2} \times \left[\frac{SSD}{SSD+z} \right]^2 \quad (**)$$

Selanjutnya, karena tidak ada komponen x dan y yang dicari nilainya melalui perhitungan ini, maka komponen tersebut bisa diabaikan dan persamaan (**) dapat diubah menjadi;

$$D(x, y, z) = \frac{1}{4} \left[\operatorname{erf} \left(\frac{A}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{A}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) \right] \left[\operatorname{erf} \left(\frac{A}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{A}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) \right] \times \frac{D_0(0,0,z)}{\left\{ \operatorname{erf} \left[\frac{A(1+z/SSD)}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}(z)} \right] \right\}^2} \times \left[\frac{SSD}{SSD+z} \right]^2$$

Atau dengan kata lain;

$$D(0,0,z) = \left[\operatorname{erf} \left(\frac{A}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}} \right) \right]^2 \times \frac{D_0(0,0,z)}{\left\{ \operatorname{erf} \left[\frac{A(1+z/SSD)}{\sqrt{2}\sigma_{\text{med}}(z)} \right] \right\}^2} \times \left[\frac{SSD}{SSD+z} \right]^2$$

Persamaan inilah yang kemudian diterjemahkan menjadi algoritma di perangkat lunak Matlab R2009b sebagai bagian utama dari proses perhitungan dosis di setiap kedalaman di sumbu utama dan prosentasinya setelah dilakukan pengolahan faktor-faktor tertentu sebagai masukan data selain data *PDD* pengukuran.

LAMPIRAN B

Perhitungan σ_{MCS} dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut;

$$\sigma_{MCS}^2 = \frac{1}{2} \int_0^z (z-u)^2 T(u) du$$

Namun, persamaan tersebut berlaku untuk kasus inhomogenitas, dengan posisi materi yang berbeda sepanjang sumbu z dinyatakan dalam u . Sehingga pada penelitian ini, di mana materi yang disimulasikan berupa materi homogen, faktor u diabaikan (dianggap nol) dan nilai daya hambur linear, T menjadi hanya bergantung pada energi penyinaran, $T(E)$ yang nilainya konstan untuk setiap energi. Integrasi pun dilakukan terhadap kedalaman, sebab kedalaman inhomogen tidak ada. Maka, penurunan matematisnya dapat diamati sebagai berikut;

$$\sigma_{MCS}^2 = \frac{1}{2} T(E) \int_0^z (z)^2 dz$$

$$\sigma_{MCS}^2 = \frac{1}{2} T(E) \left[\frac{1}{3} z^3 \right]_0^z$$

$$\sigma_{MCS}^2 = \frac{1}{6} z^3 T(E)$$

Persamaan terakhir lah yang kemudian digunakan untuk menghitung σ_{MCS}^2 dalam persiapan penelitian.

LAMPIRAN C

Tabel C.1 Data T(E) menurut ICRU Report No. 35

Energy (MeV)	T (rad ² cm ² /g)
4	0,336
5	0,231
6	0,169
8	0,103
10	0,0695
15	0,0337
20	0,02
30	0,00954
40	0,00561
50	0,00317

[Sumber: International Commission on Radiation Units and Measurement. (1984). *Radiation Dosimetry: Electron Beams with Energies between 1 and 50 MeV*. Bethesda: ICRU. Dengan pengolahan]

Nilai energi yang dimaksud adalah nilai energi permukaan rata-rata, yang nilainya;

$$\bar{E}_0 (\text{MeV}) = 2.33R_{50} (\text{cm})$$

LAMPIRAN D

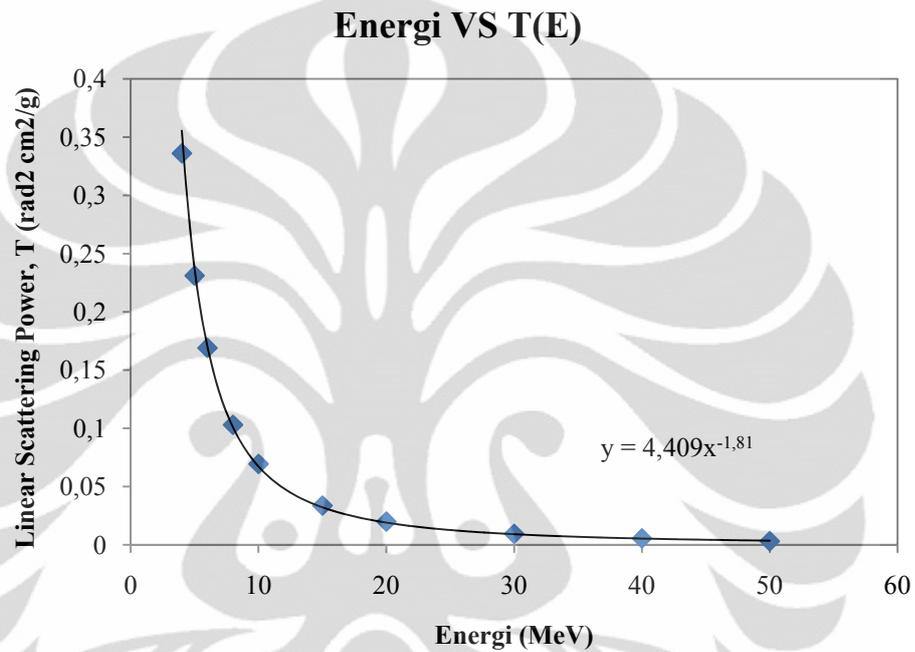
Tabel D.1 Data distribusi angular awal per daya hambur linear untuk berbagai macam pesawat teleterapi

Type of accelerator	$\sigma_{\theta_x}^2 / T(E)$ (cm)	
	Effective	Primary beam
Siemens Mevatron KD2	22	14
Siemens Mevatron KD2 with DEVA	20	14
Siemens Mevatron MD2	18	10
Varian Clinac 2100C	20	11
Elekta SL-15	31	14
GE-Saturne 4200	19	15
ABB Dynaray LA20	18	15
Average	20	13

[Sumber: Battum, L. J., & Huizenga, H. (1999). On the Initial Angular Variances of Clinical Electron Beams. *Physics in Medicine and Biology* (44), 2803-2820.]

LAMPIRAN E

Dilakukan interpolasi data untuk mendapatkan hubungan antara nilai daya hambur linear $T(E)$ dari ICRU No 35 dengan \bar{E}_0 dengan hasil sebagai berikut;



Gambar E.1. Hasil Interpolasi Data T(E) versus Energi

Dari hasil interpolasi tersebut, didapatkan hasil perhitungan $\sigma_{\theta_x}^2$ yang mengacu pada data lampiran C sebagai pengali.

Tabel E.1 Hasil perhitungan nilai T(E) dan distribusi angular awal.

Energi (MeV)	Lapangan	R ₅₀ (mm)	E ₀ (MeV)	T(E)	$\sigma^2_{\theta_x}$
6	5x5	23,79	5,54	0,20	2,78
	10x10	23,55	5,49	0,20	2,83
	15x15	23,28	5,42	0,21	2,89
	20x20	23,29	5,43	0,21	2,89
	25x25 HDR	23,47	5,47	0,20	2,85
	25x25 LDR	23,14	5,39	0,21	2,92
9	5x5	36,01	8,39	0,09	1,31
	10x10	35,67	8,31	0,10	1,34
	15x15	35,67	8,31	0,10	1,34
	20x20	35,75	8,33	0,10	1,33
	25x25 HDR	35,52	8,28	0,10	1,35
	25x25 LDR	35,47	8,26	0,10	1,35
15	5x5	59,06	13,76	0,04	0,54
	10x10	59,87	13,95	0,04	0,52
	15x15	59,73	13,92	0,04	0,53
	20x20	60,08	14,00	0,04	0,52
	25x25 HDR	59,98	13,98	0,04	0,52
	25x25 LDR	59,92	13,96	0,04	0,52
18	5x5	71,375	16,63	0,03	0,38
	10x10	74,68	17,40	0,03	0,35
	15x15	74,56	17,37	0,03	0,35
	20x20	74,85	17,44	0,02	0,35
	25x25 HDR	74,85	17,44	0,02	0,35
	25x25 LDR	74,73	17,41	0,03	0,35
21	5x5	79,56	18,54	0,02	0,31
	10x10	85,04	19,81	0,02	0,28
	15x15	85,13	19,84	0,02	0,28
	20x20	85,26	19,87	0,02	0,28
	25x25 HDR	85,08	19,82	0,02	0,28
	25x25 LDR	85,54	19,93	0,02	0,27

LAMPIRAN F

Tabel F.1 Hasil kalkulasi σ_{med} , σ_{ud} , dan σ_{MCS} berkas elektron 6 MeV untuk variasi lapangan

Energi 6 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
0	0,00	3,73	8,34	0,00	3,76	8,42	0,00	3,80	8,50	0,00	3,80	8,50	0,00	3,78	8,44	0,00	3,82	8,55
0,2	0,00	3,74	8,34	0,00	3,77	8,42	0,00	3,81	8,50	0,00	3,81	8,50	0,00	3,78	8,44	0,00	3,83	8,55
0,7	0,00	3,76	8,34	0,00	3,79	8,42	0,00	3,83	8,50	0,00	3,83	8,50	0,00	3,80	8,44	0,00	3,85	8,55
1,2	0,01	3,77	8,34	0,01	3,81	8,42	0,01	3,85	8,50	0,01	3,85	8,50	0,01	3,82	8,44	0,01	3,87	8,55
1,7	0,01	3,79	8,34	0,01	3,83	8,42	0,01	3,87	8,50	0,01	3,87	8,50	0,01	3,84	8,44	0,01	3,89	8,55
2,2	0,02	3,81	8,34	0,02	3,85	8,42	0,02	3,89	8,50	0,02	3,88	8,50	0,02	3,86	8,44	0,02	3,91	8,55
2,7	0,03	3,83	8,34	0,03	3,86	8,42	0,03	3,90	8,51	0,03	3,90	8,50	0,03	3,88	8,44	0,03	3,93	8,55
3,2	0,03	3,85	8,34	0,03	3,88	8,42	0,03	3,92	8,51	0,03	3,92	8,50	0,03	3,89	8,44	0,03	3,94	8,55
3,7	0,04	3,86	8,34	0,04	3,90	8,42	0,04	3,94	8,51	0,04	3,94	8,50	0,04	3,91	8,44	0,04	3,96	8,55
4,2	0,05	3,88	8,34	0,05	3,92	8,42	0,05	3,96	8,51	0,05	3,96	8,51	0,05	3,93	8,45	0,05	3,98	8,56
4,7	0,06	3,90	8,34	0,06	3,94	8,42	0,06	3,98	8,51	0,06	3,98	8,51	0,06	3,95	8,45	0,06	4,00	8,56
5,2	0,07	3,92	8,35	0,07	3,95	8,42	0,07	4,00	8,51	0,07	3,99	8,51	0,07	3,97	8,45	0,07	4,02	8,56
5,7	0,08	3,94	8,35	0,08	3,97	8,43	0,08	4,01	8,52	0,08	4,01	8,51	0,08	3,98	8,45	0,08	4,04	8,56
6,2	0,09	3,95	8,35	0,09	3,99	8,43	0,09	4,03	8,52	0,09	4,03	8,52	0,09	4,00	8,46	0,09	4,05	8,57
6,7	0,10	3,97	8,36	0,10	4,01	8,43	0,10	4,05	8,52	0,10	4,05	8,52	0,10	4,02	8,46	0,10	4,07	8,57
7,2	0,11	3,99	8,36	0,11	4,03	8,44	0,11	4,07	8,53	0,11	4,07	8,52	0,11	4,04	8,46	0,11	4,09	8,57
7,7	0,12	4,01	8,37	0,12	4,04	8,44	0,13	4,09	8,53	0,13	4,08	8,53	0,12	4,06	8,47	0,13	4,11	8,58
8,2	0,14	4,02	8,37	0,14	4,06	8,45	0,14	4,10	8,54	0,14	4,10	8,53	0,14	4,07	8,47	0,14	4,13	8,58
8,7	0,15	4,04	8,38	0,15	4,08	8,45	0,15	4,12	8,54	0,15	4,12	8,54	0,15	4,09	8,48	0,15	4,14	8,59
9,2	0,16	4,06	8,38	0,16	4,10	8,46	0,16	4,14	8,55	0,16	4,14	8,55	0,16	4,11	8,49	0,16	4,16	8,60

Energi 6 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
9,7	0,17	4,07	8,39	0,18	4,11	8,47	0,18	4,16	8,56	0,18	4,15	8,56	0,18	4,13	8,50	0,18	4,18	8,61
10,2	0,19	4,09	8,40	0,19	4,13	8,48	0,19	4,17	8,57	0,19	4,17	8,56	0,19	4,14	8,50	0,19	4,20	8,62
10,7	0,20	4,11	8,41	0,20	4,15	8,49	0,21	4,19	8,58	0,21	4,19	8,57	0,20	4,16	8,51	0,21	4,21	8,63
11,2	0,22	4,13	8,42	0,22	4,16	8,50	0,22	4,21	8,59	0,22	4,21	8,59	0,22	4,18	8,53	0,22	4,23	8,64
11,7	0,23	4,14	8,43	0,23	4,18	8,51	0,23	4,22	8,60	0,23	4,22	8,60	0,23	4,19	8,54	0,24	4,25	8,65
12,2	0,25	4,16	8,44	0,25	4,20	8,52	0,25	4,24	8,61	0,25	4,24	8,61	0,25	4,21	8,55	0,25	4,27	8,66
12,7	0,26	4,18	8,46	0,26	4,21	8,54	0,27	4,26	8,63	0,27	4,26	8,62	0,26	4,23	8,56	0,27	4,28	8,68
13,2	0,28	4,19	8,47	0,28	4,23	8,55	0,28	4,28	8,64	0,28	4,27	8,64	0,28	4,24	8,58	0,28	4,30	8,69
13,7	0,29	4,21	8,49	0,29	4,25	8,57	0,30	4,29	8,66	0,30	4,29	8,66	0,30	4,26	8,59	0,30	4,32	8,71
14,2	0,31	4,23	8,50	0,31	4,26	8,58	0,31	4,31	8,68	0,31	4,31	8,67	0,31	4,28	8,61	0,32	4,33	8,73
14,7	0,32	4,24	8,52	0,33	4,28	8,60	0,33	4,33	8,70	0,33	4,32	8,69	0,33	4,29	8,63	0,33	4,35	8,75
15,2	0,34	4,26	8,54	0,34	4,30	8,62	0,35	4,34	8,72	0,35	4,34	8,71	0,35	4,31	8,65	0,35	4,37	8,77
15,7	0,36	4,27	8,56	0,36	4,31	8,64	0,37	4,36	8,74	0,36	4,36	8,73	0,36	4,33	8,67	0,37	4,38	8,79
16	0,37	4,28	8,57	0,37	4,32	8,66	0,38	4,37	8,75	0,38	4,37	8,75	0,37	4,34	8,68	0,38	4,39	8,80
17	0,40	4,32	8,62	0,41	4,36	8,70	0,41	4,40	8,80	0,41	4,40	8,80	0,41	4,37	8,73	0,41	4,43	8,85
18	0,44	4,35	8,67	0,44	4,39	8,76	0,45	4,44	8,86	0,45	4,43	8,85	0,44	4,40	8,79	0,45	4,46	8,91
19	0,48	4,38	8,73	0,48	4,42	8,82	0,49	4,47	8,92	0,49	4,47	8,92	0,48	4,43	8,85	0,49	4,49	8,97
20	0,51	4,41	8,80	0,52	4,45	8,89	0,52	4,50	8,99	0,52	4,50	8,98	0,52	4,47	8,92	0,53	4,52	9,04
21	0,55	4,44	8,87	0,56	4,48	8,96	0,56	4,53	9,06	0,56	4,53	9,06	0,56	4,50	8,99	0,57	4,56	9,12
22	0,59	4,48	8,95	0,60	4,52	9,04	0,61	4,56	9,15	0,61	4,56	9,14	0,60	4,53	9,07	0,61	4,59	9,20
23	0,63	4,51	9,03	0,64	4,55	9,13	0,65	4,60	9,24	0,65	4,59	9,24	0,64	4,56	9,16	0,65	4,62	9,30
24	0,68	4,54	9,13	0,68	4,58	9,23	0,69	4,63	9,34	0,69	4,62	9,34	0,68	4,59	9,26	0,69	4,65	9,40
25	0,72	4,57	9,23	0,73	4,61	9,33	0,73	4,66	9,45	0,73	4,66	9,44	0,73	4,62	9,37	0,74	4,68	9,51
26	0,76	4,60	9,34	0,77	4,64	9,44	0,78	4,69	9,57	0,78	4,69	9,56	0,77	4,65	9,48	0,78	4,71	9,63
27	0,81	4,63	9,46	0,81	4,67	9,57	0,82	4,72	9,69	0,82	4,72	9,69	0,82	4,68	9,60	0,83	4,75	9,76

Energi 6 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
28	0,85	4,66	9,59	0,86	4,70	9,70	0,87	4,75	9,83	0,87	4,75	9,82	0,86	4,72	9,74	0,87	4,78	9,90
29	0,90	4,69	9,73	0,91	4,73	9,84	0,92	4,78	9,97	0,92	4,78	9,97	0,91	4,75	9,88	0,92	4,81	10,05
30	0,95	4,72	9,88	0,95	4,76	9,99	0,96	4,81	10,13	0,96	4,81	10,13	0,96	4,78	10,03	0,97	4,84	10,20
31	0,99	4,75	10,03	1,00	4,79	10,16	1,01	4,84	10,30	1,01	4,84	10,29	1,01	4,81	10,20	1,02	4,87	10,37
32	1,04	4,78	10,20	1,05	4,82	10,33	1,06	4,87	10,48	1,06	4,87	10,47	1,05	4,83	10,37	1,07	4,90	10,56
33	1,09	4,80	10,38	1,10	4,85	10,51	1,11	4,90	10,67	1,11	4,90	10,66	1,10	4,86	10,56	1,12	4,93	10,75
34	1,14	4,83	10,57	1,15	4,88	10,71	1,16	4,93	10,87	1,16	4,93	10,86	1,15	4,89	10,76	1,17	4,96	10,95
35	1,19	4,86	10,77	1,20	4,91	10,92	1,22	4,96	11,08	1,21	4,96	11,08	1,21	4,92	10,96	1,22	4,99	11,17
36	1,24	4,89	10,99	1,25	4,94	11,14	1,27	4,99	11,31	1,27	4,99	11,30	1,26	4,95	11,19	1,27	5,02	11,40
37	1,30	4,92	11,21	1,31	4,96	11,37	1,32	5,02	11,55	1,32	5,01	11,54	1,31	4,98	11,42	1,33	5,04	11,64
38	1,35	4,95	11,45	1,36	4,99	11,61	1,37	5,05	11,80	1,37	5,04	11,79	1,36	5,01	11,67	1,38	5,07	11,90
39	1,40	4,98	11,70	1,41	5,02	11,87	1,43	5,07	12,06	1,43	5,07	12,06	1,42	5,04	11,93	1,44	5,10	12,17
40	1,46	5,00	11,96	1,47	5,05	12,14	1,48	5,10	12,34	1,48	5,10	12,33	1,47	5,07	12,20	1,49	5,13	12,45
41	1,51	5,03	12,24	1,52	5,08	12,42	1,54	5,13	12,64	1,54	5,13	12,63	1,53	5,09	12,48	1,55	5,16	12,75
42	1,57	5,06	12,53	1,58	5,11	12,72	1,60	5,16	12,94	1,60	5,16	12,93	1,59	5,12	12,79	1,61	5,19	13,06
43	1,62	5,09	12,83	1,64	5,13	13,03	1,65	5,19	13,26	1,65	5,18	13,26	1,64	5,15	13,10	1,66	5,22	13,39
44	1,68	5,11	13,15	1,69	5,16	13,36	1,71	5,21	13,60	1,71	5,21	13,59	1,70	5,18	13,43	1,72	5,24	13,73
45	1,74	5,14	13,48	1,75	5,19	13,70	1,77	5,24	13,95	1,77	5,24	13,94	1,76	5,20	13,78	1,78	5,27	14,09
46	1,80	5,17	13,83	1,81	5,22	14,06	1,83	5,27	14,32	1,83	5,27	14,31	1,82	5,23	14,14	1,84	5,30	14,46
47	1,85	5,19	14,19	1,87	5,24	14,43	1,89	5,30	14,71	1,89	5,30	14,70	1,88	5,26	14,51	1,90	5,33	14,85
48	1,91	5,22	14,57	1,93	5,27	14,82	1,95	5,32	15,11	1,95	5,32	15,10	1,94	5,29	14,90	1,96	5,35	15,26
49	1,97	5,25	14,97	1,99	5,30	15,23	2,01	5,35	15,53	2,01	5,35	15,51	2,00	5,31	15,31	2,02	5,38	15,69
50	2,03	5,27	15,38	2,05	5,32	15,65	2,07	5,38	15,96	2,07	5,38	15,95	2,06	5,34	15,74	2,09	5,41	16,13
51	2,10	5,30	15,80	2,12	5,35	16,09	2,14	5,41	16,41	2,14	5,40	16,40	2,12	5,37	16,18	2,15	5,43	16,59
52	2,16	5,33	16,25	2,18	5,38	16,54	2,20	5,43	16,88	2,20	5,43	16,87	2,18	5,39	16,64	2,21	5,46	17,07

Energi 6 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
53	2,22	5,35	16,71	2,24	5,40	17,02	2,26	5,46	17,37	2,26	5,46	17,36	2,25	5,42	17,12	2,28	5,49	17,56
54	2,28	5,38	17,19	2,30	5,43	17,51	2,33	5,48	17,88	2,33	5,48	17,87	2,31	5,44	17,62	2,34	5,51	18,08
55	2,35	5,40	17,68	2,37	5,45	18,02	2,39	5,51	18,41	2,39	5,51	18,39	2,38	5,47	18,13	2,41	5,54	18,61
56	2,41	5,43	18,20	2,43	5,48	18,55	2,46	5,54	18,95	2,46	5,54	18,94	2,44	5,50	18,66	2,47	5,57	19,17
57	2,48	5,46	18,73	2,50	5,51	19,09	2,53	5,56	19,52	2,52	5,56	19,50	2,51	5,52	19,22	2,54	5,59	19,74
58	2,54	5,48	19,28	2,57	5,53	19,66	2,59	5,59	20,10	2,59	5,59	20,08	2,57	5,55	19,79	2,61	5,62	20,34
59	2,61	5,51	19,85	2,63	5,56	20,25	2,66	5,62	20,71	2,66	5,61	20,69	2,64	5,57	20,38	2,67	5,65	20,95
60	2,67	5,53	20,44	2,70	5,58	20,85	2,73	5,64	21,33	2,73	5,64	21,31	2,71	5,60	20,99	2,74	5,67	21,59
61	2,74	5,56	21,05	2,77	5,61	21,48	2,80	5,67	21,98	2,79	5,66	21,96	2,78	5,63	21,63	2,81	5,70	22,24
62	2,81	5,58	21,68	2,84	5,63	22,13	2,86	5,69	22,65	2,86	5,69	22,63	2,84	5,65	22,28	2,88	5,72	22,92
63	2,88	5,61	22,33	2,90	5,66	22,80	2,93	5,72	23,34	2,93	5,72	23,31	2,91	5,68	22,95	2,95	5,75	23,62
64	2,95	5,63	23,01	2,97	5,68	23,49	3,00	5,74	24,05	3,00	5,74	24,03	2,98	5,70	23,65	3,02	5,77	24,35
65	3,02	5,66	23,70	3,04	5,71	24,20	3,08	5,77	24,78	3,07	5,77	24,76	3,05	5,73	24,37	3,09	5,80	25,09
66	3,09	5,68	24,41	3,11	5,73	24,93	3,15	5,79	25,54	3,15	5,79	25,52	3,12	5,75	25,11	3,16	5,82	25,86
67	3,16	5,70	25,15	3,18	5,76	25,69	3,22	5,82	26,32	3,22	5,82	26,29	3,19	5,78	25,87	3,24	5,85	26,66
68	3,23	5,73	25,91	3,26	5,78	26,47	3,29	5,84	27,12	3,29	5,84	27,10	3,27	5,80	26,66	3,31	5,87	27,47
69	3,30	5,75	26,69	3,33	5,81	27,27	3,36	5,87	27,95	3,36	5,86	27,92	3,34	5,82	27,47	3,38	5,90	28,31
70	3,37	5,78	27,49	3,40	5,83	28,09	3,44	5,89	28,80	3,44	5,89	28,77	3,41	5,85	28,30	3,46	5,92	29,18
71	3,44	5,80	28,31	3,47	5,85	28,94	3,51	5,92	29,68	3,51	5,91	29,65	3,49	5,87	29,16	3,53	5,95	30,07
72	3,52	5,83	29,16	3,55	5,88	29,82	3,59	5,94	30,58	3,58	5,94	30,55	3,56	5,90	30,04	3,60	5,97	30,98
73	3,59	5,85	30,04	3,62	5,90	30,71	3,66	5,96	31,50	3,66	5,96	31,47	3,63	5,92	30,94	3,68	6,00	31,93
74	3,66	5,87	30,94	3,70	5,93	31,64	3,74	5,99	32,45	3,73	5,99	32,42	3,71	5,95	31,88	3,76	6,02	32,89
75	3,74	5,90	31,86	3,77	5,95	32,58	3,81	6,01	33,43	3,81	6,01	33,40	3,78	5,97	32,83	3,83	6,05	33,89
76	3,81	5,92	32,80	3,85	5,97	33,56	3,89	6,04	34,44	3,89	6,03	34,40	3,86	5,99	33,81	3,91	6,07	34,91
77	3,89	5,94	33,78	3,92	6,00	34,56	3,97	6,06	35,47	3,96	6,06	35,43	3,94	6,02	34,82	3,99	6,09	35,95

Energi 6 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
78	3,96	5,97	34,77	4,00	6,02	35,58	4,04	6,09	36,52	4,04	6,08	36,49	4,01	6,04	35,86	4,06	6,12	37,03
79	4,04	5,99	35,80	4,08	6,05	36,63	4,12	6,11	37,61	4,12	6,11	37,57	4,09	6,06	36,92	4,14	6,14	38,13
80	4,12	6,01	36,85	4,16	6,07	37,71	4,20	6,13	38,72	4,20	6,13	38,68	4,17	6,09	38,01	4,22	6,17	39,26
81	4,19	6,04	37,92	4,23	6,09	38,82	4,28	6,16	39,86	4,28	6,15	39,82	4,25	6,11	39,12	4,30	6,19	40,42
82	4,27	6,06	39,02	4,31	6,12	39,95	4,36	6,18	41,03	4,36	6,18	40,99	4,33	6,13	40,26	4,38	6,21	41,61
83	4,35	6,08	40,15	4,39	6,14	41,11	4,44	6,20	42,23	4,44	6,20	42,19	4,40	6,16	41,44	4,46	6,24	42,83
84	4,43	6,11	41,31	4,47	6,16	42,30	4,52	6,23	43,46	4,52	6,22	43,41	4,48	6,18	42,64	4,54	6,26	44,07
85	4,51	6,13	42,49	4,55	6,18	43,52	4,60	6,25	44,71	4,60	6,25	44,67	4,57	6,20	43,87	4,62	6,28	45,35



Tabel F.2 Hasil kalkulasi σ_{med} , σ_{ud} , dan σ_{MCS} berkas elektron 9 MeV untuk variasi lapangan

Energi 9 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
0	0,00	2,56	5,73	0,00	2,58	5,78	0,00	2,58	5,78	0,00	2,58	5,77	0,00	2,59	5,80	0,00	2,59	5,81
0,2	0,00	2,57	5,73	0,00	2,59	5,78	0,00	2,59	5,78	0,00	2,58	5,77	0,00	2,60	5,80	0,00	2,60	5,81
0,7	0,00	2,58	5,73	0,00	2,60	5,78	0,00	2,60	5,78	0,00	2,60	5,77	0,00	2,61	5,80	0,00	2,61	5,81
1,2	0,01	2,59	5,73	0,01	2,62	5,78	0,01	2,62	5,78	0,01	2,61	5,77	0,01	2,63	5,80	0,01	2,63	5,81
1,7	0,01	2,61	5,73	0,01	2,63	5,78	0,01	2,63	5,78	0,01	2,62	5,77	0,01	2,64	5,80	0,01	2,64	5,81
2,2	0,01	2,62	5,73	0,01	2,64	5,78	0,01	2,64	5,78	0,01	2,64	5,77	0,01	2,65	5,80	0,01	2,65	5,81
2,7	0,02	2,63	5,73	0,02	2,65	5,78	0,02	2,65	5,78	0,02	2,65	5,77	0,02	2,66	5,80	0,02	2,66	5,81
3,2	0,02	2,64	5,73	0,02	2,67	5,78	0,02	2,67	5,78	0,02	2,66	5,77	0,02	2,68	5,80	0,02	2,68	5,81
3,7	0,03	2,66	5,73	0,03	2,68	5,78	0,03	2,68	5,78	0,03	2,67	5,77	0,03	2,69	5,80	0,03	2,69	5,81
4,2	0,03	2,67	5,73	0,03	2,69	5,78	0,03	2,69	5,78	0,03	2,69	5,77	0,03	2,70	5,80	0,03	2,70	5,81
4,7	0,04	2,68	5,73	0,04	2,70	5,78	0,04	2,70	5,78	0,04	2,70	5,77	0,04	2,71	5,80	0,04	2,71	5,81
5,2	0,05	2,69	5,73	0,05	2,72	5,78	0,05	2,72	5,78	0,05	2,71	5,77	0,05	2,73	5,80	0,05	2,73	5,81
5,7	0,05	2,70	5,73	0,05	2,73	5,78	0,05	2,73	5,78	0,05	2,72	5,77	0,05	2,74	5,81	0,05	2,74	5,81
6,2	0,06	2,72	5,73	0,06	2,74	5,78	0,06	2,74	5,78	0,06	2,73	5,77	0,06	2,75	5,81	0,06	2,75	5,81
6,7	0,07	2,73	5,74	0,07	2,75	5,79	0,07	2,75	5,79	0,07	2,75	5,77	0,07	2,76	5,81	0,07	2,76	5,82
7,2	0,08	2,74	5,74	0,08	2,76	5,79	0,08	2,76	5,79	0,08	2,76	5,78	0,08	2,78	5,81	0,08	2,78	5,82
7,7	0,08	2,75	5,74	0,09	2,78	5,79	0,09	2,78	5,79	0,09	2,77	5,78	0,09	2,79	5,81	0,09	2,79	5,82
8,2	0,09	2,76	5,74	0,09	2,79	5,79	0,09	2,79	5,79	0,09	2,78	5,78	0,09	2,80	5,81	0,09	2,80	5,82
8,7	0,10	2,78	5,74	0,10	2,80	5,79	0,10	2,80	5,79	0,10	2,79	5,78	0,10	2,81	5,82	0,10	2,81	5,82
9,2	0,11	2,79	5,75	0,11	2,81	5,80	0,11	2,81	5,80	0,11	2,81	5,78	0,11	2,82	5,82	0,11	2,82	5,82
9,7	0,12	2,80	5,75	0,12	2,82	5,80	0,12	2,82	5,80	0,12	2,82	5,79	0,12	2,84	5,82	0,12	2,84	5,83
10,2	0,13	2,81	5,75	0,13	2,84	5,80	0,13	2,84	5,80	0,13	2,83	5,79	0,13	2,85	5,82	0,13	2,85	5,83
10,7	0,14	2,82	5,75	0,14	2,85	5,80	0,14	2,85	5,80	0,14	2,84	5,79	0,14	2,86	5,83	0,14	2,86	5,83

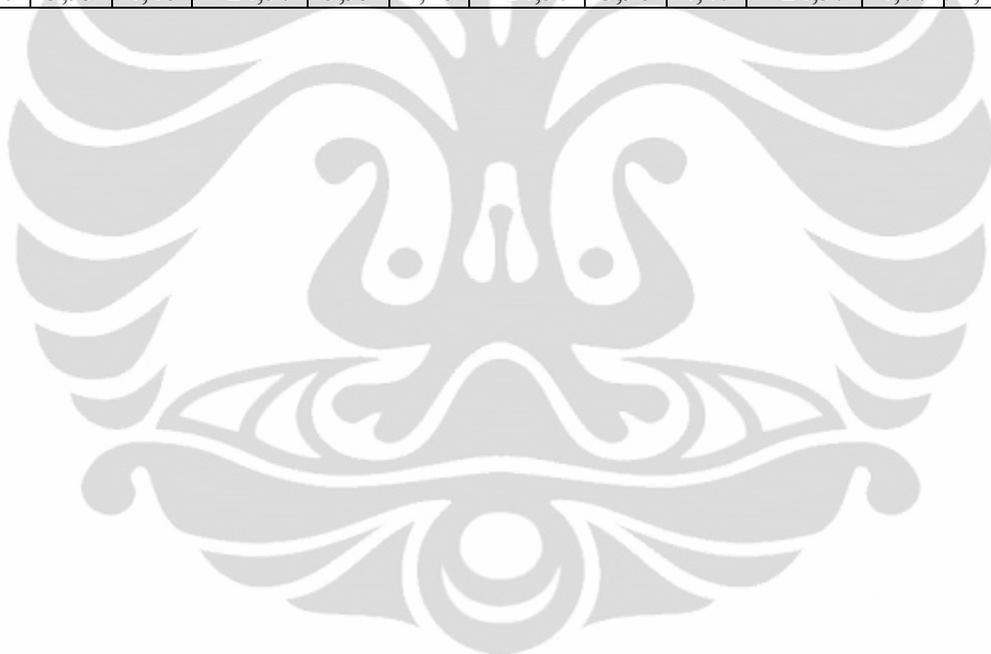
Energi 9 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
11,2	0,15	2,84	5,76	0,15	2,86	5,81	0,15	2,86	5,81	0,15	2,85	5,80	0,15	2,87	5,83	0,15	2,87	5,84
11,7	0,16	2,85	5,76	0,16	2,87	5,81	0,16	2,87	5,81	0,16	2,87	5,80	0,16	2,88	5,83	0,16	2,88	5,84
12,2	0,17	2,86	5,77	0,17	2,88	5,82	0,17	2,88	5,82	0,17	2,88	5,80	0,17	2,89	5,84	0,17	2,89	5,85
12,7	0,18	2,87	5,77	0,18	2,89	5,82	0,18	2,89	5,82	0,18	2,89	5,81	0,18	2,91	5,84	0,18	2,91	5,85
13,2	0,19	2,88	5,77	0,19	2,91	5,83	0,19	2,91	5,83	0,19	2,90	5,81	0,19	2,92	5,85	0,19	2,92	5,86
13,7	0,20	2,89	5,78	0,20	2,92	5,83	0,20	2,92	5,83	0,20	2,91	5,82	0,20	2,93	5,85	0,20	2,93	5,86
14,2	0,21	2,90	5,79	0,21	2,93	5,84	0,21	2,93	5,84	0,21	2,92	5,82	0,21	2,94	5,86	0,21	2,94	5,87
14,7	0,22	2,92	5,79	0,22	2,94	5,84	0,22	2,94	5,84	0,22	2,93	5,83	0,23	2,95	5,87	0,23	2,95	5,87
15,2	0,23	2,93	5,80	0,24	2,95	5,85	0,24	2,95	5,85	0,24	2,95	5,84	0,24	2,96	5,87	0,24	2,96	5,88
15,7	0,25	2,94	5,80	0,25	2,96	5,86	0,25	2,96	5,86	0,25	2,96	5,84	0,25	2,97	5,88	0,25	2,97	5,89
16,2	0,26	2,95	5,81	0,26	2,97	5,86	0,26	2,97	5,86	0,26	2,97	5,85	0,26	2,99	5,89	0,26	2,99	5,89
16,7	0,27	2,96	5,82	0,27	2,99	5,87	0,27	2,99	5,87	0,27	2,98	5,86	0,27	3,00	5,89	0,27	3,00	5,90
17,2	0,28	2,97	5,83	0,28	3,00	5,88	0,28	3,00	5,88	0,28	2,99	5,87	0,29	3,01	5,90	0,29	3,01	5,91
17,7	0,29	2,98	5,84	0,30	3,01	5,89	0,30	3,01	5,89	0,30	3,00	5,88	0,30	3,02	5,91	0,30	3,02	5,92
18,2	0,31	2,99	5,85	0,31	3,02	5,90	0,31	3,02	5,90	0,31	3,01	5,89	0,31	3,03	5,92	0,31	3,03	5,93
18,7	0,32	3,00	5,86	0,32	3,03	5,91	0,32	3,03	5,91	0,32	3,02	5,90	0,32	3,04	5,93	0,32	3,04	5,94
19,2	0,33	3,01	5,87	0,34	3,04	5,92	0,34	3,04	5,92	0,33	3,03	5,91	0,34	3,05	5,94	0,34	3,05	5,95
19,7	0,35	3,03	5,88	0,35	3,05	5,93	0,35	3,05	5,93	0,35	3,05	5,92	0,35	3,06	5,95	0,35	3,06	5,96
20,2	0,36	3,04	5,89	0,36	3,06	5,94	0,36	3,06	5,94	0,36	3,06	5,93	0,36	3,07	5,97	0,36	3,07	5,97
20,7	0,37	3,05	5,90	0,38	3,07	5,95	0,38	3,07	5,95	0,37	3,07	5,94	0,38	3,09	5,98	0,38	3,09	5,99
21,2	0,39	3,06	5,91	0,39	3,08	5,97	0,39	3,08	5,97	0,39	3,08	5,95	0,39	3,10	5,99	0,39	3,10	6,00
21,7	0,40	3,07	5,93	0,40	3,10	5,98	0,40	3,10	5,98	0,40	3,09	5,97	0,40	3,11	6,01	0,41	3,11	6,01
22,2	0,41	3,08	5,94	0,42	3,11	6,00	0,42	3,11	6,00	0,42	3,10	5,98	0,42	3,12	6,02	0,42	3,12	6,03
22,7	0,43	3,09	5,96	0,43	3,12	6,01	0,43	3,12	6,01	0,43	3,11	6,00	0,43	3,13	6,04	0,43	3,13	6,04
23,2	0,44	3,10	5,97	0,45	3,13	6,03	0,45	3,13	6,03	0,44	3,12	6,01	0,45	3,14	6,05	0,45	3,14	6,06

Energi 9 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
23,7	0,46	3,11	5,99	0,46	3,14	6,04	0,46	3,14	6,04	0,46	3,13	6,03	0,46	3,15	6,07	0,46	3,15	6,08
24,2	0,47	3,12	6,00	0,47	3,15	6,06	0,47	3,15	6,06	0,47	3,14	6,05	0,48	3,16	6,08	0,48	3,16	6,09
24,7	0,49	3,13	6,02	0,49	3,16	6,08	0,49	3,16	6,08	0,49	3,15	6,06	0,49	3,17	6,10	0,49	3,17	6,11
25,2	0,50	3,14	6,04	0,50	3,17	6,09	0,50	3,17	6,09	0,50	3,16	6,08	0,51	3,18	6,12	0,51	3,18	6,13
25,7	0,52	3,15	6,06	0,52	3,18	6,11	0,52	3,18	6,11	0,52	3,17	6,10	0,52	3,19	6,14	0,52	3,19	6,15
26	0,52	3,16	6,07	0,53	3,19	6,13	0,53	3,19	6,13	0,53	3,18	6,11	0,53	3,20	6,15	0,53	3,20	6,16
27	0,55	3,18	6,11	0,56	3,21	6,17	0,56	3,21	6,17	0,56	3,20	6,15	0,56	3,22	6,19	0,56	3,22	6,20
28	0,59	3,20	6,15	0,59	3,23	6,21	0,59	3,23	6,21	0,59	3,22	6,20	0,59	3,24	6,24	0,59	3,24	6,25
29	0,62	3,22	6,20	0,62	3,25	6,26	0,62	3,25	6,26	0,62	3,24	6,24	0,63	3,26	6,29	0,63	3,26	6,30
30	0,65	3,24	6,25	0,66	3,27	6,31	0,66	3,27	6,31	0,65	3,26	6,30	0,66	3,28	6,34	0,66	3,28	6,35
31	0,68	3,26	6,30	0,69	3,29	6,36	0,69	3,29	6,36	0,69	3,28	6,35	0,69	3,30	6,39	0,69	3,30	6,40
32	0,72	3,28	6,36	0,72	3,31	6,42	0,72	3,31	6,42	0,72	3,30	6,41	0,72	3,32	6,45	0,73	3,32	6,46
33	0,75	3,30	6,42	0,76	3,33	6,48	0,76	3,33	6,48	0,75	3,32	6,47	0,76	3,34	6,51	0,76	3,34	6,52
34	0,78	3,32	6,48	0,79	3,35	6,55	0,79	3,35	6,55	0,79	3,34	6,53	0,79	3,36	6,58	0,79	3,36	6,59
35	0,82	3,34	6,55	0,83	3,37	6,62	0,83	3,37	6,62	0,82	3,36	6,60	0,83	3,38	6,65	0,83	3,38	6,66
36	0,85	3,36	6,62	0,86	3,39	6,69	0,86	3,39	6,69	0,86	3,38	6,68	0,86	3,40	6,73	0,87	3,40	6,74
37	0,89	3,38	6,70	0,90	3,41	6,77	0,90	3,41	6,77	0,90	3,40	6,75	0,90	3,42	6,80	0,90	3,42	6,82
38	0,93	3,40	6,78	0,93	3,43	6,85	0,93	3,43	6,85	0,93	3,42	6,83	0,94	3,44	6,89	0,94	3,44	6,90
39	0,96	3,42	6,86	0,97	3,45	6,94	0,97	3,45	6,94	0,97	3,44	6,92	0,98	3,46	6,97	0,98	3,46	6,99
40	1,00	3,44	6,95	1,01	3,47	7,03	1,01	3,47	7,03	1,01	3,46	7,01	1,01	3,48	7,07	1,01	3,48	7,08
41	1,04	3,46	7,04	1,05	3,49	7,12	1,05	3,49	7,12	1,04	3,48	7,11	1,05	3,50	7,16	1,05	3,50	7,17
42	1,08	3,48	7,14	1,09	3,51	7,22	1,09	3,51	7,22	1,08	3,50	7,20	1,09	3,52	7,26	1,09	3,52	7,27
43	1,12	3,50	7,24	1,12	3,53	7,33	1,12	3,53	7,33	1,12	3,52	7,31	1,13	3,54	7,37	1,13	3,54	7,38
44	1,15	3,51	7,35	1,16	3,54	7,44	1,16	3,54	7,44	1,16	3,54	7,42	1,17	3,56	7,48	1,17	3,56	7,49
45	1,19	3,53	7,46	1,20	3,56	7,55	1,20	3,56	7,55	1,20	3,56	7,53	1,21	3,58	7,59	1,21	3,58	7,61

Energi 9 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
46	1,23	3,55	7,58	1,24	3,58	7,67	1,24	3,58	7,67	1,24	3,57	7,65	1,25	3,60	7,71	1,25	3,60	7,73
47	1,27	3,57	7,70	1,29	3,60	7,80	1,29	3,60	7,80	1,28	3,59	7,77	1,29	3,61	7,84	1,29	3,61	7,85
48	1,32	3,59	7,82	1,33	3,62	7,93	1,33	3,62	7,93	1,32	3,61	7,90	1,33	3,63	7,97	1,33	3,63	7,99
49	1,36	3,61	7,96	1,37	3,64	8,06	1,37	3,64	8,06	1,37	3,63	8,04	1,37	3,65	8,11	1,38	3,65	8,12
50	1,40	3,62	8,09	1,41	3,66	8,20	1,41	3,66	8,20	1,41	3,65	8,17	1,42	3,67	8,25	1,42	3,67	8,27
51	1,44	3,64	8,23	1,45	3,67	8,35	1,45	3,67	8,35	1,45	3,67	8,32	1,46	3,69	8,40	1,46	3,69	8,41
52	1,48	3,66	8,38	1,50	3,69	8,50	1,50	3,69	8,50	1,49	3,68	8,47	1,50	3,71	8,55	1,50	3,71	8,57
53	1,53	3,68	8,54	1,54	3,71	8,66	1,54	3,71	8,66	1,54	3,70	8,63	1,54	3,72	8,71	1,55	3,72	8,73
54	1,57	3,70	8,70	1,58	3,73	8,82	1,58	3,73	8,82	1,58	3,72	8,79	1,59	3,74	8,87	1,59	3,74	8,89
55	1,61	3,71	8,86	1,63	3,75	8,99	1,63	3,75	8,99	1,62	3,74	8,96	1,63	3,76	9,05	1,64	3,76	9,06
56	1,66	3,73	9,03	1,67	3,76	9,16	1,67	3,76	9,16	1,67	3,76	9,13	1,68	3,78	9,22	1,68	3,78	9,24
57	1,70	3,75	9,21	1,72	3,78	9,34	1,72	3,78	9,34	1,71	3,77	9,31	1,72	3,80	9,41	1,73	3,80	9,43
58	1,75	3,77	9,39	1,76	3,80	9,53	1,76	3,80	9,53	1,76	3,79	9,50	1,77	3,81	9,60	1,77	3,81	9,62
59	1,79	3,78	9,58	1,81	3,82	9,73	1,81	3,82	9,73	1,80	3,81	9,69	1,81	3,83	9,79	1,82	3,83	9,81
60	1,84	3,80	9,78	1,85	3,83	9,93	1,85	3,83	9,93	1,85	3,83	9,89	1,86	3,85	9,99	1,86	3,85	10,02
61	1,88	3,82	9,98	1,90	3,85	10,13	1,90	3,85	10,13	1,90	3,84	10,10	1,91	3,87	10,20	1,91	3,87	10,23
62	1,93	3,84	10,19	1,95	3,87	10,35	1,95	3,87	10,35	1,94	3,86	10,31	1,95	3,88	10,42	1,96	3,88	10,44
63	1,98	3,85	10,40	1,99	3,89	10,57	1,99	3,89	10,57	1,99	3,88	10,53	2,00	3,90	10,64	2,00	3,90	10,67
64	2,02	3,87	10,62	2,04	3,90	10,80	2,04	3,90	10,80	2,04	3,90	10,75	2,05	3,92	10,87	2,05	3,92	10,90
65	2,07	3,89	10,85	2,09	3,92	11,03	2,09	3,92	11,03	2,09	3,91	10,99	2,10	3,94	11,11	2,10	3,94	11,14
66	2,12	3,90	11,09	2,14	3,94	11,27	2,14	3,94	11,27	2,13	3,93	11,23	2,15	3,95	11,35	2,15	3,95	11,38
67	2,17	3,92	11,33	2,19	3,95	11,52	2,19	3,95	11,52	2,18	3,95	11,47	2,20	3,97	11,61	2,20	3,97	11,63
68	2,22	3,94	11,58	2,24	3,97	11,78	2,24	3,97	11,78	2,23	3,96	11,73	2,25	3,99	11,86	2,25	3,99	11,89
69	2,27	3,95	11,84	2,29	3,99	12,04	2,29	3,99	12,04	2,28	3,98	11,99	2,29	4,00	12,13	2,30	4,00	12,16
70	2,32	3,97	12,10	2,34	4,00	12,31	2,34	4,00	12,31	2,33	4,00	12,26	2,34	4,02	12,41	2,35	4,02	12,44

Energi 9 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
71	2,37	3,99	12,37	2,39	4,02	12,59	2,39	4,02	12,59	2,38	4,01	12,54	2,40	4,04	12,69	2,40	4,04	12,72
72	2,42	4,00	12,65	2,44	4,04	12,88	2,44	4,04	12,88	2,43	4,03	12,82	2,45	4,05	12,98	2,45	4,05	13,01
73	2,47	4,02	12,94	2,49	4,05	13,17	2,49	4,05	13,17	2,48	4,05	13,12	2,50	4,07	13,27	2,50	4,07	13,31
74	2,52	4,04	13,23	2,54	4,07	13,47	2,54	4,07	13,47	2,53	4,06	13,42	2,55	4,09	13,58	2,55	4,09	13,62
75	2,57	4,05	13,54	2,59	4,09	13,78	2,59	4,09	13,78	2,59	4,08	13,72	2,60	4,10	13,89	2,60	4,10	13,93
76	2,62	4,07	13,85	2,64	4,10	14,10	2,64	4,10	14,10	2,64	4,09	14,04	2,65	4,12	14,22	2,66	4,12	14,26
77	2,67	4,08	14,17	2,69	4,12	14,43	2,69	4,12	14,43	2,69	4,11	14,37	2,71	4,14	14,55	2,71	4,14	14,59
78	2,72	4,10	14,49	2,75	4,14	14,76	2,75	4,14	14,76	2,74	4,13	14,70	2,76	4,15	14,89	2,76	4,15	14,93
79	2,78	4,12	14,83	2,80	4,15	15,11	2,80	4,15	15,11	2,79	4,14	15,04	2,81	4,17	15,23	2,81	4,17	15,28
80	2,83	4,13	15,17	2,85	4,17	15,46	2,85	4,17	15,46	2,85	4,16	15,39	2,86	4,18	15,59	2,87	4,18	15,63
81	2,88	4,15	15,52	2,91	4,18	15,82	2,91	4,18	15,82	2,90	4,18	15,75	2,92	4,20	15,96	2,92	4,20	16,00
82	2,94	4,16	15,89	2,96	4,20	16,19	2,96	4,20	16,19	2,96	4,19	16,12	2,97	4,22	16,33	2,98	4,22	16,38
83	2,99	4,18	16,25	3,02	4,22	16,57	3,02	4,22	16,57	3,01	4,21	16,50	3,03	4,23	16,71	3,03	4,23	16,76
84	3,04	4,20	16,63	3,07	4,23	16,96	3,07	4,23	16,96	3,06	4,22	16,88	3,08	4,25	17,11	3,09	4,25	17,16
85	3,10	4,21	17,02	3,13	4,25	17,36	3,13	4,25	17,36	3,12	4,24	17,28	3,14	4,26	17,51	3,14	4,26	17,56
86	3,15	4,23	17,42	3,18	4,26	17,76	3,18	4,26	17,76	3,17	4,25	17,68	3,19	4,28	17,92	3,20	4,28	17,97
87	3,21	4,24	17,82	3,24	4,28	18,18	3,24	4,28	18,18	3,23	4,27	18,09	3,25	4,29	18,34	3,25	4,29	18,39
88	3,26	4,26	18,24	3,29	4,29	18,60	3,29	4,29	18,60	3,29	4,29	18,52	3,31	4,31	18,77	3,31	4,31	18,83
89	3,32	4,27	18,66	3,35	4,31	19,04	3,35	4,31	19,04	3,34	4,30	18,95	3,36	4,33	19,21	3,37	4,33	19,27
90	3,38	4,29	19,10	3,41	4,33	19,48	3,41	4,33	19,48	3,40	4,32	19,39	3,42	4,34	19,66	3,42	4,34	19,72
91	3,43	4,30	19,54	3,46	4,34	19,94	3,46	4,34	19,94	3,46	4,33	19,84	3,48	4,36	20,12	3,48	4,36	20,18
92	3,49	4,32	19,99	3,52	4,36	20,40	3,52	4,36	20,40	3,51	4,35	20,31	3,53	4,37	20,59	3,54	4,37	20,65
93	3,55	4,33	20,46	3,58	4,37	20,88	3,58	4,37	20,88	3,57	4,36	20,78	3,59	4,39	21,07	3,60	4,39	21,14
94	3,60	4,35	20,93	3,63	4,39	21,36	3,63	4,39	21,36	3,63	4,38	21,26	3,65	4,40	21,56	3,65	4,40	21,63
95	3,66	4,36	21,41	3,69	4,40	21,86	3,69	4,40	21,86	3,69	4,39	21,75	3,71	4,42	22,06	3,71	4,42	22,13

Energi 9 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
96	3,72	4,38	21,90	3,75	4,42	22,37	3,75	4,42	22,37	3,74	4,41	22,26	3,77	4,43	22,57	3,77	4,43	22,64
97	3,78	4,39	22,41	3,81	4,43	22,88	3,81	4,43	22,88	3,80	4,42	22,77	3,82	4,45	23,10	3,83	4,45	23,17
98	3,84	4,41	22,92	3,87	4,45	23,41	3,87	4,45	23,41	3,86	4,44	23,29	3,88	4,46	23,63	3,89	4,46	23,70
99	3,90	4,42	23,44	3,93	4,46	23,95	3,93	4,46	23,95	3,92	4,45	23,83	3,94	4,48	24,17	3,95	4,48	24,25
100	3,95	4,44	23,98	3,99	4,48	24,50	3,99	4,48	24,50	3,98	4,47	24,37	4,00	4,49	24,73	4,01	4,49	24,81



Tabel F.3 Hasil kalkulasi σ_{med} , σ_{ud} , dan σ_{MCS} berkas elektron 15 MeV untuk variasi lapangan

Energi 15 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
0	0,00	1,64	3,66	0,00	1,62	3,62	0,00	1,62	3,62	0,00	1,61	3,61	0,00	1,61	3,61	0,00	1,61	3,61
0,2	0,00	1,64	3,66	0,00	1,62	3,62	0,00	1,62	3,62	0,00	1,62	3,61	0,00	1,62	3,61	0,00	1,62	3,61
0,7	0,00	1,65	3,66	0,00	1,63	3,62	0,00	1,63	3,62	0,00	1,62	3,61	0,00	1,62	3,61	0,00	1,62	3,61
1,2	0,00	1,66	3,66	0,00	1,64	3,62	0,00	1,64	3,62	0,00	1,63	3,61	0,00	1,63	3,61	0,00	1,63	3,61
1,7	0,01	1,67	3,66	0,01	1,64	3,62	0,01	1,65	3,62	0,01	1,64	3,61	0,01	1,64	3,61	0,01	1,64	3,61
2,2	0,01	1,67	3,66	0,01	1,65	3,62	0,01	1,66	3,62	0,01	1,65	3,61	0,01	1,65	3,61	0,01	1,65	3,61
2,7	0,01	1,68	3,66	0,01	1,66	3,62	0,01	1,66	3,62	0,01	1,66	3,61	0,01	1,66	3,61	0,01	1,66	3,61
3,2	0,01	1,69	3,66	0,01	1,67	3,62	0,01	1,67	3,63	0,01	1,66	3,61	0,01	1,66	3,61	0,01	1,66	3,61
3,7	0,02	1,70	3,66	0,02	1,68	3,62	0,02	1,68	3,63	0,02	1,67	3,61	0,02	1,67	3,61	0,02	1,67	3,61
4,2	0,02	1,71	3,66	0,02	1,68	3,62	0,02	1,69	3,63	0,02	1,68	3,61	0,02	1,68	3,61	0,02	1,68	3,61
4,7	0,03	1,71	3,66	0,03	1,69	3,62	0,03	1,70	3,63	0,03	1,69	3,61	0,03	1,69	3,61	0,03	1,69	3,62
5,2	0,03	1,72	3,66	0,03	1,70	3,62	0,03	1,70	3,63	0,03	1,69	3,61	0,03	1,69	3,61	0,03	1,69	3,62
5,7	0,03	1,73	3,66	0,03	1,71	3,62	0,03	1,71	3,63	0,03	1,70	3,61	0,03	1,70	3,61	0,03	1,70	3,62
6,2	0,04	1,74	3,66	0,04	1,72	3,62	0,04	1,72	3,63	0,04	1,71	3,61	0,04	1,71	3,61	0,04	1,71	3,62
6,7	0,04	1,74	3,66	0,04	1,72	3,62	0,04	1,73	3,63	0,04	1,72	3,61	0,04	1,72	3,61	0,04	1,72	3,62
7,2	0,05	1,75	3,66	0,05	1,73	3,62	0,05	1,73	3,63	0,05	1,72	3,61	0,05	1,72	3,61	0,05	1,72	3,62
7,7	0,05	1,76	3,66	0,05	1,74	3,62	0,05	1,74	3,63	0,05	1,73	3,61	0,05	1,73	3,61	0,05	1,73	3,62
8,2	0,06	1,77	3,67	0,06	1,75	3,62	0,06	1,75	3,63	0,06	1,74	3,61	0,06	1,74	3,61	0,06	1,74	3,62
8,7	0,06	1,77	3,67	0,06	1,75	3,62	0,06	1,76	3,63	0,06	1,75	3,61	0,06	1,75	3,61	0,06	1,75	3,62
9,2	0,07	1,78	3,67	0,07	1,76	3,62	0,07	1,76	3,63	0,07	1,75	3,61	0,07	1,75	3,62	0,07	1,75	3,62
9,7	0,08	1,79	3,67	0,08	1,77	3,62	0,08	1,77	3,63	0,08	1,76	3,61	0,08	1,76	3,62	0,08	1,76	3,62
10,2	0,08	1,80	3,67	0,08	1,78	3,62	0,08	1,78	3,63	0,08	1,77	3,61	0,08	1,77	3,62	0,08	1,77	3,62
10,7	0,09	1,80	3,67	0,09	1,78	3,62	0,09	1,79	3,63	0,09	1,78	3,61	0,09	1,78	3,62	0,09	1,78	3,62

Energi 15 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
11,2	0,09	1,81	3,67	0,09	1,79	3,62	0,09	1,79	3,63	0,09	1,78	3,61	0,09	1,78	3,62	0,09	1,78	3,62
11,7	0,10	1,82	3,67	0,10	1,80	3,63	0,10	1,80	3,63	0,10	1,79	3,61	0,10	1,79	3,62	0,10	1,79	3,62
12,2	0,11	1,83	3,67	0,11	1,80	3,63	0,11	1,81	3,63	0,11	1,80	3,62	0,11	1,80	3,62	0,11	1,80	3,62
12,7	0,11	1,83	3,67	0,11	1,81	3,63	0,11	1,82	3,64	0,11	1,81	3,62	0,11	1,81	3,62	0,11	1,81	3,63
13,2	0,12	1,84	3,67	0,12	1,82	3,63	0,12	1,82	3,64	0,12	1,81	3,62	0,12	1,81	3,62	0,12	1,81	3,63
13,7	0,13	1,85	3,68	0,13	1,83	3,63	0,13	1,83	3,64	0,13	1,82	3,62	0,13	1,82	3,62	0,13	1,82	3,63
14,2	0,14	1,86	3,68	0,13	1,83	3,63	0,13	1,84	3,64	0,13	1,83	3,62	0,13	1,83	3,63	0,13	1,83	3,63
14,7	0,14	1,86	3,68	0,14	1,84	3,63	0,14	1,84	3,64	0,14	1,83	3,62	0,14	1,83	3,63	0,14	1,83	3,63
15,2	0,15	1,87	3,68	0,15	1,85	3,64	0,15	1,85	3,64	0,15	1,84	3,62	0,15	1,84	3,63	0,15	1,84	3,63
15,7	0,16	1,88	3,68	0,16	1,85	3,64	0,16	1,86	3,65	0,15	1,85	3,63	0,16	1,85	3,63	0,16	1,85	3,64
16,2	0,16	1,88	3,69	0,16	1,86	3,64	0,16	1,87	3,65	0,16	1,86	3,63	0,16	1,86	3,63	0,16	1,86	3,64
16,7	0,17	1,89	3,69	0,17	1,87	3,64	0,17	1,87	3,65	0,17	1,86	3,63	0,17	1,86	3,64	0,17	1,86	3,64
17,2	0,18	1,90	3,69	0,18	1,88	3,64	0,18	1,88	3,65	0,18	1,87	3,63	0,18	1,87	3,64	0,18	1,87	3,64
17,7	0,19	1,91	3,69	0,19	1,88	3,65	0,19	1,89	3,65	0,19	1,88	3,64	0,19	1,88	3,64	0,19	1,88	3,64
18,2	0,20	1,91	3,70	0,19	1,89	3,65	0,19	1,89	3,66	0,19	1,88	3,64	0,19	1,88	3,64	0,19	1,88	3,65
18,7	0,20	1,92	3,70	0,20	1,90	3,65	0,20	1,90	3,66	0,20	1,89	3,64	0,20	1,89	3,65	0,20	1,89	3,65
19,2	0,21	1,93	3,70	0,21	1,90	3,66	0,21	1,91	3,66	0,21	1,90	3,64	0,21	1,90	3,65	0,21	1,90	3,65
19,7	0,22	1,93	3,70	0,22	1,91	3,66	0,22	1,91	3,67	0,22	1,90	3,65	0,22	1,90	3,65	0,22	1,90	3,66
20,2	0,23	1,94	3,71	0,23	1,92	3,66	0,23	1,92	3,67	0,23	1,91	3,65	0,23	1,91	3,66	0,23	1,91	3,66
20,7	0,24	1,95	3,71	0,24	1,92	3,66	0,24	1,93	3,67	0,23	1,92	3,65	0,23	1,92	3,66	0,23	1,92	3,66
21,2	0,25	1,95	3,71	0,24	1,93	3,67	0,24	1,93	3,68	0,24	1,92	3,66	0,24	1,92	3,66	0,24	1,92	3,67
21,7	0,26	1,96	3,72	0,25	1,94	3,67	0,25	1,94	3,68	0,25	1,93	3,66	0,25	1,93	3,67	0,25	1,93	3,67
22,2	0,26	1,97	3,72	0,26	1,94	3,68	0,26	1,95	3,68	0,26	1,94	3,66	0,26	1,94	3,67	0,26	1,94	3,67
22,7	0,27	1,97	3,73	0,27	1,95	3,68	0,27	1,95	3,69	0,27	1,94	3,67	0,27	1,94	3,67	0,27	1,94	3,68
23,2	0,28	1,98	3,73	0,28	1,96	3,68	0,28	1,96	3,69	0,28	1,95	3,67	0,28	1,95	3,68	0,28	1,95	3,68

Energi 15 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
23,7	0,29	1,99	3,74	0,29	1,96	3,69	0,29	1,97	3,70	0,29	1,96	3,68	0,29	1,96	3,68	0,29	1,96	3,69
24,2	0,30	2,00	3,74	0,30	1,97	3,69	0,30	1,97	3,70	0,30	1,96	3,68	0,30	1,96	3,69	0,30	1,96	3,69
24,7	0,31	2,00	3,75	0,31	1,98	3,70	0,31	1,98	3,71	0,31	1,97	3,69	0,31	1,97	3,69	0,31	1,97	3,69
25,2	0,32	2,01	3,75	0,32	1,98	3,70	0,32	1,99	3,71	0,31	1,98	3,69	0,32	1,98	3,70	0,32	1,98	3,70
25,7	0,33	2,02	3,76	0,33	1,99	3,71	0,33	1,99	3,72	0,32	1,98	3,70	0,32	1,98	3,70	0,32	1,98	3,71
26,2	0,34	2,02	3,76	0,33	2,00	3,71	0,34	2,00	3,72	0,33	1,99	3,70	0,33	1,99	3,71	0,33	1,99	3,71
26,7	0,35	2,03	3,77	0,34	2,00	3,72	0,35	2,01	3,73	0,34	2,00	3,71	0,34	2,00	3,71	0,34	2,00	3,72
27,2	0,36	2,04	3,77	0,35	2,01	3,72	0,35	2,01	3,73	0,35	2,00	3,71	0,35	2,00	3,72	0,35	2,00	3,72
27,7	0,37	2,04	3,78	0,36	2,02	3,73	0,36	2,02	3,74	0,36	2,01	3,72	0,36	2,01	3,72	0,36	2,01	3,73
28,2	0,38	2,05	3,79	0,37	2,02	3,74	0,37	2,03	3,75	0,37	2,02	3,72	0,37	2,02	3,73	0,37	2,02	3,73
28,7	0,39	2,05	3,79	0,38	2,03	3,74	0,38	2,03	3,75	0,38	2,02	3,73	0,38	2,02	3,74	0,38	2,02	3,74
29,2	0,40	2,06	3,80	0,39	2,04	3,75	0,39	2,04	3,76	0,39	2,03	3,74	0,39	2,03	3,74	0,39	2,03	3,75
29,7	0,41	2,07	3,81	0,40	2,04	3,76	0,40	2,05	3,77	0,40	2,04	3,74	0,40	2,04	3,75	0,40	2,04	3,75
30	0,42	2,07	3,81	0,41	2,05	3,76	0,41	2,05	3,77	0,41	2,04	3,75	0,41	2,04	3,75	0,41	2,04	3,76
31	0,44	2,08	3,83	0,43	2,06	3,78	0,43	2,06	3,78	0,43	2,05	3,76	0,43	2,05	3,77	0,43	2,05	3,77
32	0,46	2,10	3,84	0,45	2,07	3,79	0,45	2,08	3,80	0,45	2,07	3,78	0,45	2,07	3,79	0,45	2,07	3,79
33	0,48	2,11	3,86	0,47	2,08	3,81	0,47	2,09	3,82	0,47	2,08	3,80	0,47	2,08	3,80	0,47	2,08	3,81
34	0,50	2,12	3,88	0,49	2,10	3,83	0,50	2,10	3,84	0,49	2,09	3,81	0,49	2,09	3,82	0,49	2,09	3,82
35	0,52	2,14	3,90	0,52	2,11	3,85	0,52	2,11	3,85	0,52	2,10	3,83	0,52	2,10	3,84	0,52	2,10	3,84
36	0,55	2,15	3,92	0,54	2,12	3,87	0,54	2,13	3,87	0,54	2,11	3,85	0,54	2,11	3,86	0,54	2,11	3,86
37	0,57	2,16	3,94	0,56	2,13	3,89	0,56	2,14	3,90	0,56	2,13	3,87	0,56	2,13	3,88	0,56	2,13	3,88
38	0,59	2,17	3,96	0,58	2,15	3,91	0,59	2,15	3,92	0,58	2,14	3,89	0,58	2,14	3,90	0,58	2,14	3,91
39	0,62	2,18	3,99	0,61	2,16	3,93	0,61	2,16	3,94	0,61	2,15	3,92	0,61	2,15	3,92	0,61	2,15	3,93
40	0,64	2,20	4,01	0,63	2,17	3,96	0,63	2,17	3,97	0,63	2,16	3,94	0,63	2,16	3,95	0,63	2,16	3,95
41	0,66	2,21	4,04	0,66	2,18	3,98	0,66	2,19	3,99	0,65	2,18	3,97	0,65	2,18	3,97	0,65	2,18	3,98

Energi 15 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
42	0,69	2,22	4,07	0,68	2,19	4,01	0,68	2,20	4,02	0,68	2,19	3,99	0,68	2,19	4,00	0,68	2,19	4,01
43	0,71	2,23	4,10	0,70	2,21	4,04	0,71	2,21	4,05	0,70	2,20	4,02	0,70	2,20	4,03	0,70	2,20	4,03
44	0,74	2,25	4,13	0,73	2,22	4,07	0,73	2,22	4,08	0,73	2,21	4,05	0,73	2,21	4,06	0,73	2,21	4,06
45	0,76	2,26	4,16	0,75	2,23	4,10	0,76	2,23	4,11	0,75	2,22	4,08	0,75	2,22	4,09	0,75	2,22	4,09
46	0,79	2,27	4,19	0,78	2,24	4,13	0,78	2,25	4,14	0,78	2,23	4,11	0,78	2,23	4,12	0,78	2,23	4,13
47	0,81	2,28	4,23	0,80	2,25	4,16	0,81	2,26	4,17	0,80	2,25	4,15	0,80	2,25	4,16	0,80	2,25	4,16
48	0,84	2,29	4,26	0,83	2,26	4,20	0,83	2,27	4,21	0,83	2,26	4,18	0,83	2,26	4,19	0,83	2,26	4,19
49	0,87	2,30	4,30	0,86	2,28	4,23	0,86	2,28	4,25	0,85	2,27	4,22	0,85	2,27	4,23	0,86	2,27	4,23
50	0,89	2,32	4,34	0,88	2,29	4,27	0,88	2,29	4,28	0,88	2,28	4,26	0,88	2,28	4,26	0,88	2,28	4,27
51	0,92	2,33	4,38	0,91	2,30	4,31	0,91	2,30	4,32	0,91	2,29	4,29	0,91	2,29	4,30	0,91	2,29	4,31
52	0,95	2,34	4,42	0,94	2,31	4,35	0,94	2,32	4,36	0,93	2,30	4,34	0,93	2,30	4,34	0,94	2,30	4,35
53	0,98	2,35	4,47	0,96	2,32	4,40	0,97	2,33	4,41	0,96	2,31	4,38	0,96	2,31	4,39	0,96	2,31	4,39
54	1,00	2,36	4,51	0,99	2,33	4,44	0,99	2,34	4,45	0,99	2,33	4,42	0,99	2,33	4,43	0,99	2,33	4,43
55	1,03	2,37	4,56	1,02	2,34	4,48	1,02	2,35	4,50	1,01	2,34	4,47	1,02	2,34	4,47	1,02	2,34	4,48
56	1,06	2,38	4,61	1,05	2,36	4,53	1,05	2,36	4,54	1,04	2,35	4,51	1,04	2,35	4,52	1,05	2,35	4,53
57	1,09	2,40	4,66	1,07	2,37	4,58	1,08	2,37	4,59	1,07	2,36	4,56	1,07	2,36	4,57	1,07	2,36	4,58
58	1,12	2,41	4,71	1,10	2,38	4,63	1,10	2,38	4,64	1,10	2,37	4,61	1,10	2,37	4,62	1,10	2,37	4,63
59	1,15	2,42	4,76	1,13	2,39	4,68	1,13	2,39	4,70	1,13	2,38	4,66	1,13	2,38	4,67	1,13	2,38	4,68
60	1,17	2,43	4,82	1,16	2,40	4,74	1,16	2,40	4,75	1,16	2,39	4,71	1,16	2,39	4,72	1,16	2,39	4,73
61	1,20	2,44	4,87	1,19	2,41	4,79	1,19	2,42	4,80	1,19	2,40	4,77	1,19	2,40	4,78	1,19	2,40	4,79
62	1,23	2,45	4,93	1,22	2,42	4,85	1,22	2,43	4,86	1,21	2,41	4,83	1,22	2,41	4,84	1,22	2,41	4,84
63	1,26	2,46	4,99	1,25	2,43	4,91	1,25	2,44	4,92	1,24	2,42	4,88	1,25	2,42	4,89	1,25	2,42	4,90
64	1,29	2,47	5,06	1,28	2,44	4,97	1,28	2,45	4,98	1,27	2,43	4,94	1,28	2,43	4,95	1,28	2,43	4,96
65	1,32	2,48	5,12	1,31	2,45	5,03	1,31	2,46	5,04	1,30	2,45	5,00	1,31	2,45	5,02	1,31	2,45	5,02
66	1,35	2,49	5,19	1,34	2,46	5,09	1,34	2,47	5,11	1,33	2,46	5,07	1,34	2,46	5,08	1,34	2,46	5,09

Energi 15 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
67	1,39	2,51	5,25	1,37	2,47	5,16	1,37	2,48	5,17	1,36	2,47	5,13	1,37	2,47	5,14	1,37	2,47	5,15
68	1,42	2,52	5,32	1,40	2,49	5,23	1,40	2,49	5,24	1,40	2,48	5,20	1,40	2,48	5,21	1,40	2,48	5,22
69	1,45	2,53	5,40	1,43	2,50	5,29	1,43	2,50	5,31	1,43	2,49	5,27	1,43	2,49	5,28	1,43	2,49	5,29
70	1,48	2,54	5,47	1,46	2,51	5,37	1,46	2,51	5,38	1,46	2,50	5,34	1,46	2,50	5,35	1,46	2,50	5,36
71	1,51	2,55	5,55	1,49	2,52	5,44	1,50	2,52	5,46	1,49	2,51	5,41	1,49	2,51	5,43	1,49	2,51	5,43
72	1,54	2,56	5,62	1,52	2,53	5,51	1,53	2,53	5,53	1,52	2,52	5,49	1,52	2,52	5,50	1,52	2,52	5,51
73	1,58	2,57	5,70	1,56	2,54	5,59	1,56	2,54	5,61	1,55	2,53	5,56	1,55	2,53	5,58	1,56	2,53	5,59
74	1,61	2,58	5,79	1,59	2,55	5,67	1,59	2,55	5,69	1,58	2,54	5,64	1,59	2,54	5,66	1,59	2,54	5,66
75	1,64	2,59	5,87	1,62	2,56	5,75	1,62	2,56	5,77	1,62	2,55	5,72	1,62	2,55	5,74	1,62	2,55	5,74
76	1,67	2,60	5,96	1,65	2,57	5,84	1,66	2,57	5,86	1,65	2,56	5,80	1,65	2,56	5,82	1,65	2,56	5,83
77	1,71	2,61	6,04	1,69	2,58	5,92	1,69	2,58	5,94	1,68	2,57	5,89	1,68	2,57	5,90	1,69	2,57	5,91
78	1,74	2,62	6,13	1,72	2,59	6,01	1,72	2,59	6,03	1,71	2,58	5,98	1,72	2,58	5,99	1,72	2,58	6,00
79	1,77	2,63	6,23	1,75	2,60	6,10	1,76	2,60	6,12	1,75	2,59	6,06	1,75	2,59	6,08	1,75	2,59	6,09
80	1,81	2,64	6,32	1,79	2,61	6,19	1,79	2,61	6,21	1,78	2,60	6,15	1,78	2,60	6,17	1,78	2,60	6,18
81	1,84	2,65	6,42	1,82	2,62	6,28	1,82	2,62	6,31	1,81	2,61	6,25	1,82	2,61	6,26	1,82	2,61	6,27
82	1,88	2,66	6,52	1,85	2,63	6,38	1,86	2,63	6,40	1,85	2,62	6,34	1,85	2,62	6,36	1,85	2,62	6,37
83	1,91	2,67	6,62	1,89	2,64	6,48	1,89	2,64	6,50	1,88	2,63	6,44	1,88	2,63	6,46	1,89	2,63	6,47
84	1,95	2,68	6,72	1,92	2,65	6,58	1,93	2,65	6,60	1,92	2,64	6,54	1,92	2,64	6,56	1,92	2,64	6,57
85	1,98	2,69	6,83	1,96	2,66	6,68	1,96	2,66	6,70	1,95	2,65	6,64	1,95	2,65	6,66	1,95	2,65	6,67
86	2,02	2,70	6,94	1,99	2,67	6,78	1,99	2,67	6,81	1,98	2,66	6,74	1,99	2,66	6,76	1,99	2,66	6,77
87	2,05	2,71	7,05	2,03	2,68	6,89	2,03	2,68	6,92	2,02	2,67	6,85	2,02	2,67	6,87	2,02	2,67	6,88
88	2,09	2,72	7,16	2,06	2,69	7,00	2,06	2,69	7,03	2,05	2,68	6,96	2,06	2,68	6,98	2,06	2,68	6,99
89	2,12	2,73	7,28	2,10	2,70	7,11	2,10	2,70	7,14	2,09	2,69	7,07	2,09	2,69	7,09	2,09	2,69	7,10
90	2,16	2,74	7,39	2,13	2,71	7,22	2,14	2,71	7,25	2,12	2,70	7,18	2,13	2,70	7,20	2,13	2,70	7,21
91	2,19	2,75	7,51	2,17	2,72	7,34	2,17	2,72	7,37	2,16	2,71	7,30	2,16	2,71	7,32	2,17	2,71	7,33

Energi 15 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
92	2,23	2,76	7,64	2,20	2,73	7,46	2,21	2,73	7,49	2,20	2,72	7,41	2,20	2,72	7,44	2,20	2,72	7,45
93	2,27	2,77	7,76	2,24	2,74	7,58	2,24	2,74	7,61	2,23	2,73	7,54	2,23	2,73	7,56	2,24	2,73	7,57
94	2,30	2,78	7,89	2,27	2,75	7,70	2,28	2,75	7,74	2,27	2,74	7,66	2,27	2,74	7,68	2,27	2,74	7,69
95	2,34	2,79	8,02	2,31	2,75	7,83	2,32	2,76	7,86	2,30	2,75	7,78	2,31	2,75	7,81	2,31	2,75	7,82
96	2,38	2,80	8,15	2,35	2,76	7,96	2,35	2,77	7,99	2,34	2,76	7,91	2,34	2,76	7,93	2,35	2,76	7,95
97	2,41	2,81	8,29	2,38	2,77	8,09	2,39	2,78	8,12	2,38	2,76	8,04	2,38	2,76	8,06	2,38	2,76	8,08
98	2,45	2,82	8,43	2,42	2,78	8,22	2,43	2,79	8,26	2,41	2,77	8,17	2,42	2,77	8,20	2,42	2,77	8,21
99	2,49	2,83	8,57	2,46	2,79	8,36	2,46	2,80	8,40	2,45	2,78	8,31	2,45	2,78	8,33	2,46	2,78	8,35
100	2,53	2,84	8,71	2,50	2,80	8,50	2,50	2,81	8,54	2,49	2,79	8,45	2,49	2,79	8,47	2,49	2,79	8,49
101	2,57	2,85	8,86	2,53	2,81	8,64	2,54	2,82	8,68	2,53	2,80	8,59	2,53	2,80	8,61	2,53	2,80	8,63
102	2,60	2,86	9,01	2,57	2,82	8,79	2,58	2,83	8,82	2,56	2,81	8,73	2,57	2,81	8,76	2,57	2,81	8,77
103	2,64	2,86	9,16	2,61	2,83	8,93	2,61	2,84	8,97	2,60	2,82	8,87	2,60	2,82	8,90	2,61	2,82	8,92
104	2,68	2,87	9,32	2,65	2,84	9,08	2,65	2,85	9,12	2,64	2,83	9,02	2,64	2,83	9,05	2,65	2,83	9,07
105	2,72	2,88	9,48	2,69	2,85	9,23	2,69	2,85	9,28	2,68	2,84	9,17	2,68	2,84	9,20	2,68	2,84	9,22
106	2,76	2,89	9,64	2,72	2,86	9,39	2,73	2,86	9,43	2,72	2,85	9,33	2,72	2,85	9,36	2,72	2,85	9,37
107	2,80	2,90	9,80	2,76	2,87	9,55	2,77	2,87	9,59	2,75	2,86	9,48	2,76	2,86	9,51	2,76	2,86	9,53
108	2,84	2,91	9,97	2,80	2,88	9,71	2,81	2,88	9,75	2,79	2,87	9,64	2,80	2,87	9,67	2,80	2,87	9,69
109	2,88	2,92	10,14	2,84	2,88	9,87	2,85	2,89	9,92	2,83	2,88	9,81	2,84	2,88	9,84	2,84	2,88	9,86
110	2,92	2,93	10,31	2,88	2,89	10,04	2,89	2,90	10,08	2,87	2,88	9,97	2,87	2,88	10,00	2,88	2,88	10,02
111	2,96	2,94	10,48	2,92	2,90	10,21	2,93	2,91	10,25	2,91	2,89	10,14	2,91	2,89	10,17	2,92	2,89	10,19
112	3,00	2,95	10,66	2,96	2,91	10,38	2,96	2,92	10,43	2,95	2,90	10,31	2,95	2,90	10,34	2,96	2,90	10,36
113	3,04	2,96	10,84	3,00	2,92	10,56	3,00	2,93	10,60	2,99	2,91	10,48	2,99	2,91	10,52	3,00	2,91	10,54
114	3,08	2,97	11,03	3,04	2,93	10,73	3,04	2,94	10,78	3,03	2,92	10,66	3,03	2,92	10,70	3,04	2,92	10,72
115	3,12	2,98	11,22	3,08	2,94	10,92	3,08	2,94	10,97	3,07	2,93	10,84	3,07	2,93	10,88	3,08	2,93	10,90
116	3,16	2,98	11,41	3,12	2,95	11,10	3,13	2,95	11,15	3,11	2,94	11,02	3,11	2,94	11,06	3,12	2,94	11,08

Energi 15 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
117	3,20	2,99	11,60	3,16	2,96	11,29	3,17	2,96	11,34	3,15	2,95	11,21	3,15	2,95	11,25	3,16	2,95	11,27
118	3,24	3,00	11,80	3,20	2,97	11,48	3,21	2,97	11,53	3,19	2,96	11,40	3,19	2,96	11,44	3,20	2,96	11,46
119	3,28	3,01	12,00	3,24	2,97	11,67	3,25	2,98	11,73	3,23	2,96	11,59	3,23	2,96	11,63	3,24	2,96	11,65
120	3,32	3,02	12,21	3,28	2,98	11,87	3,29	2,99	11,93	3,27	2,97	11,78	3,28	2,97	11,82	3,28	2,97	11,85
121	3,36	3,03	12,41	3,32	2,99	12,07	3,33	3,00	12,13	3,31	2,98	11,98	3,32	2,98	12,02	3,32	2,98	12,05
122	3,41	3,04	12,62	3,36	3,00	12,27	3,37	3,01	12,33	3,35	2,99	12,18	3,36	2,99	12,23	3,36	2,99	12,25
123	3,45	3,05	12,84	3,41	3,01	12,48	3,41	3,02	12,54	3,39	3,00	12,39	3,40	3,00	12,43	3,40	3,00	12,46
124	3,49	3,06	13,05	3,45	3,02	12,69	3,45	3,02	12,75	3,44	3,01	12,60	3,44	3,01	12,64	3,44	3,01	12,67
125	3,53	3,06	13,28	3,49	3,03	12,90	3,50	3,03	12,96	3,48	3,02	12,81	3,48	3,02	12,85	3,49	3,02	12,88
126	3,57	3,07	13,50	3,53	3,04	13,12	3,54	3,04	13,18	3,52	3,03	13,02	3,52	3,03	13,07	3,53	3,03	13,09
127	3,62	3,08	13,73	3,57	3,04	13,34	3,58	3,05	13,40	3,56	3,03	13,24	3,57	3,03	13,29	3,57	3,03	13,31
128	3,66	3,09	13,96	3,61	3,05	13,56	3,62	3,06	13,63	3,60	3,04	13,46	3,61	3,04	13,51	3,61	3,04	13,54
129	3,70	3,10	14,19	3,66	3,06	13,79	3,66	3,07	13,86	3,65	3,05	13,68	3,65	3,05	13,73	3,65	3,05	13,76
130	3,75	3,11	14,43	3,70	3,07	14,02	3,71	3,08	14,09	3,69	3,06	13,91	3,69	3,06	13,96	3,70	3,06	13,99



Tabel F.4 Hasil kalkulasi σ_{med} , σ_{ud} , dan σ_{MCS} berkas elektron 18 MeV untuk variasi lapangan

Energi 18 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
0	0,00	1,38	3,09	0,00	1,32	2,96	0,00	1,32	2,97	0,00	1,32	2,96	0,00	1,32	2,96	0,00	1,32	2,96
0,2	0,00	1,38	3,09	0,00	1,33	2,96	0,00	1,33	2,97	0,00	1,33	2,96	0,00	1,33	2,96	0,00	1,33	2,96
0,7	0,00	1,39	3,09	0,00	1,33	2,96	0,00	1,33	2,97	0,00	1,33	2,96	0,00	1,33	2,96	0,00	1,33	2,96
1,2	0,00	1,40	3,09	0,00	1,34	2,96	0,00	1,34	2,97	0,00	1,34	2,96	0,00	1,34	2,96	0,00	1,34	2,96
1,7	0,00	1,40	3,09	0,00	1,35	2,96	0,00	1,35	2,97	0,00	1,35	2,96	0,00	1,35	2,96	0,00	1,35	2,96
2,2	0,01	1,41	3,09	0,01	1,35	2,96	0,01	1,35	2,97	0,01	1,35	2,96	0,01	1,35	2,96	0,01	1,35	2,96
2,7	0,01	1,42	3,09	0,01	1,36	2,96	0,01	1,36	2,97	0,01	1,36	2,96	0,01	1,36	2,96	0,01	1,36	2,96
3,2	0,01	1,42	3,09	0,01	1,37	2,96	0,01	1,37	2,97	0,01	1,37	2,96	0,01	1,37	2,96	0,01	1,37	2,96
3,7	0,02	1,43	3,09	0,01	1,37	2,96	0,01	1,37	2,97	0,01	1,37	2,96	0,01	1,37	2,96	0,01	1,37	2,96
4,2	0,02	1,44	3,09	0,02	1,38	2,96	0,02	1,38	2,97	0,02	1,38	2,96	0,02	1,38	2,96	0,02	1,38	2,96
4,7	0,02	1,44	3,09	0,02	1,39	2,96	0,02	1,39	2,97	0,02	1,39	2,96	0,02	1,39	2,96	0,02	1,39	2,96
5,2	0,03	1,45	3,09	0,02	1,39	2,96	0,02	1,39	2,97	0,02	1,39	2,96	0,02	1,39	2,96	0,02	1,39	2,96
5,7	0,03	1,46	3,09	0,03	1,40	2,96	0,03	1,40	2,97	0,03	1,40	2,96	0,03	1,40	2,96	0,03	1,40	2,96
6,2	0,03	1,46	3,09	0,03	1,40	2,96	0,03	1,40	2,97	0,03	1,40	2,96	0,03	1,40	2,96	0,03	1,40	2,96
6,7	0,04	1,47	3,09	0,04	1,41	2,96	0,04	1,41	2,97	0,04	1,41	2,96	0,04	1,41	2,96	0,04	1,41	2,96
7,2	0,04	1,48	3,09	0,04	1,42	2,96	0,04	1,42	2,97	0,04	1,42	2,96	0,04	1,42	2,96	0,04	1,42	2,96
7,7	0,05	1,48	3,09	0,04	1,42	2,96	0,04	1,42	2,97	0,04	1,42	2,96	0,04	1,42	2,96	0,04	1,42	2,96
8,2	0,05	1,49	3,09	0,05	1,43	2,96	0,05	1,43	2,97	0,05	1,43	2,96	0,05	1,43	2,96	0,05	1,43	2,96
8,7	0,05	1,49	3,09	0,05	1,43	2,96	0,05	1,43	2,97	0,05	1,43	2,96	0,05	1,43	2,96	0,05	1,43	2,96
9,2	0,06	1,50	3,09	0,06	1,44	2,96	0,06	1,44	2,97	0,06	1,44	2,96	0,06	1,44	2,96	0,06	1,44	2,96
9,7	0,06	1,51	3,09	0,06	1,45	2,96	0,06	1,45	2,97	0,06	1,45	2,96	0,06	1,45	2,96	0,06	1,45	2,96
10,2	0,07	1,51	3,09	0,07	1,45	2,96	0,07	1,45	2,97	0,07	1,45	2,96	0,07	1,45	2,96	0,07	1,45	2,96
10,7	0,07	1,52	3,09	0,07	1,46	2,97	0,07	1,46	2,97	0,07	1,46	2,96	0,07	1,46	2,96	0,07	1,46	2,96

Energi 18 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
11,2	0,08	1,53	3,09	0,08	1,47	2,97	0,08	1,47	2,97	0,08	1,47	2,96	0,08	1,47	2,96	0,08	1,47	2,96
11,7	0,09	1,53	3,09	0,08	1,47	2,97	0,08	1,47	2,97	0,08	1,47	2,96	0,08	1,47	2,96	0,08	1,47	2,96
12,2	0,09	1,54	3,09	0,09	1,48	2,97	0,09	1,48	2,97	0,09	1,48	2,96	0,09	1,48	2,96	0,09	1,48	2,97
12,7	0,10	1,55	3,09	0,09	1,48	2,97	0,09	1,48	2,97	0,09	1,48	2,96	0,09	1,48	2,96	0,09	1,48	2,97
13,2	0,10	1,55	3,09	0,10	1,49	2,97	0,10	1,49	2,97	0,10	1,49	2,96	0,10	1,49	2,96	0,10	1,49	2,97
13,7	0,11	1,56	3,09	0,10	1,49	2,97	0,10	1,49	2,97	0,10	1,49	2,96	0,10	1,49	2,96	0,10	1,49	2,97
14,2	0,11	1,56	3,10	0,11	1,50	2,97	0,11	1,50	2,97	0,11	1,50	2,96	0,11	1,50	2,96	0,11	1,50	2,97
14,7	0,12	1,57	3,10	0,12	1,51	2,97	0,12	1,51	2,98	0,11	1,51	2,97	0,11	1,51	2,97	0,12	1,51	2,97
15,2	0,13	1,58	3,10	0,12	1,51	2,97	0,12	1,51	2,98	0,12	1,51	2,97	0,12	1,51	2,97	0,12	1,51	2,97
15,7	0,13	1,58	3,10	0,13	1,52	2,97	0,13	1,52	2,98	0,13	1,52	2,97	0,13	1,52	2,97	0,13	1,52	2,97
16,2	0,14	1,59	3,10	0,13	1,52	2,97	0,13	1,52	2,98	0,13	1,52	2,97	0,13	1,52	2,97	0,13	1,52	2,97
16,7	0,15	1,59	3,10	0,14	1,53	2,98	0,14	1,53	2,98	0,14	1,53	2,97	0,14	1,53	2,97	0,14	1,53	2,97
17,2	0,15	1,60	3,10	0,15	1,54	2,98	0,15	1,54	2,98	0,15	1,54	2,97	0,15	1,54	2,97	0,15	1,54	2,98
17,7	0,16	1,61	3,10	0,15	1,54	2,98	0,15	1,54	2,98	0,15	1,54	2,97	0,15	1,54	2,97	0,15	1,54	2,98
18,2	0,17	1,61	3,11	0,16	1,55	2,98	0,16	1,55	2,98	0,16	1,55	2,97	0,16	1,55	2,97	0,16	1,55	2,98
18,7	0,17	1,62	3,11	0,17	1,55	2,98	0,17	1,55	2,99	0,16	1,55	2,98	0,16	1,55	2,98	0,17	1,55	2,98
19,2	0,18	1,62	3,11	0,17	1,56	2,98	0,17	1,56	2,99	0,17	1,56	2,98	0,17	1,56	2,98	0,17	1,56	2,98
19,7	0,19	1,63	3,11	0,18	1,56	2,99	0,18	1,56	2,99	0,18	1,56	2,98	0,18	1,56	2,98	0,18	1,56	2,98
20,2	0,19	1,63	3,11	0,19	1,57	2,99	0,19	1,57	2,99	0,19	1,57	2,98	0,19	1,57	2,98	0,19	1,57	2,99
20,7	0,20	1,64	3,12	0,19	1,57	2,99	0,19	1,57	2,99	0,19	1,57	2,98	0,19	1,57	2,98	0,19	1,57	2,99
21,2	0,21	1,65	3,12	0,20	1,58	2,99	0,20	1,58	3,00	0,20	1,58	2,99	0,20	1,58	2,99	0,20	1,58	2,99
21,7	0,22	1,65	3,12	0,21	1,59	2,99	0,21	1,59	3,00	0,21	1,59	2,99	0,21	1,59	2,99	0,21	1,59	2,99
22,2	0,22	1,66	3,12	0,21	1,59	3,00	0,21	1,59	3,00	0,21	1,59	2,99	0,21	1,59	2,99	0,21	1,59	2,99
22,7	0,23	1,66	3,13	0,22	1,60	3,00	0,22	1,60	3,00	0,22	1,60	2,99	0,22	1,60	2,99	0,22	1,60	3,00
23,2	0,24	1,67	3,13	0,23	1,60	3,00	0,23	1,60	3,01	0,23	1,60	2,99	0,23	1,60	2,99	0,23	1,60	3,00

Energi 18 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
23,7	0,25	1,68	3,13	0,24	1,61	3,00	0,24	1,61	3,01	0,24	1,61	3,00	0,24	1,61	3,00	0,24	1,61	3,00
24,2	0,25	1,68	3,14	0,24	1,61	3,01	0,24	1,61	3,01	0,24	1,61	3,00	0,24	1,61	3,00	0,24	1,61	3,00
24,7	0,26	1,69	3,14	0,25	1,62	3,01	0,25	1,62	3,01	0,25	1,62	3,00	0,25	1,62	3,00	0,25	1,62	3,01
25,2	0,27	1,69	3,14	0,26	1,62	3,01	0,26	1,62	3,02	0,26	1,62	3,01	0,26	1,62	3,01	0,26	1,62	3,01
25,7	0,28	1,70	3,14	0,27	1,63	3,02	0,27	1,63	3,02	0,27	1,63	3,01	0,27	1,63	3,01	0,27	1,63	3,01
26	0,28	1,70	3,15	0,27	1,63	3,02	0,27	1,63	3,02	0,27	1,63	3,01	0,27	1,63	3,01	0,27	1,63	3,02
27	0,30	1,71	3,15	0,29	1,64	3,02	0,29	1,64	3,03	0,29	1,64	3,02	0,29	1,64	3,02	0,29	1,64	3,02
28	0,32	1,72	3,16	0,30	1,65	3,03	0,30	1,65	3,04	0,30	1,65	3,02	0,30	1,65	3,02	0,30	1,65	3,03
29	0,33	1,73	3,17	0,32	1,66	3,04	0,32	1,66	3,04	0,32	1,66	3,03	0,32	1,66	3,03	0,32	1,66	3,04
30	0,35	1,75	3,18	0,34	1,68	3,05	0,34	1,68	3,05	0,34	1,68	3,04	0,34	1,68	3,04	0,34	1,68	3,04
31	0,37	1,76	3,19	0,35	1,69	3,06	0,35	1,69	3,06	0,35	1,69	3,05	0,35	1,69	3,05	0,35	1,69	3,05
32	0,39	1,77	3,20	0,37	1,70	3,06	0,37	1,70	3,07	0,37	1,70	3,06	0,37	1,70	3,06	0,37	1,70	3,06
33	0,40	1,78	3,21	0,39	1,71	3,07	0,39	1,71	3,08	0,39	1,71	3,07	0,39	1,71	3,07	0,39	1,71	3,07
34	0,42	1,79	3,22	0,41	1,72	3,09	0,41	1,72	3,09	0,40	1,72	3,08	0,40	1,72	3,08	0,40	1,72	3,08
35	0,44	1,80	3,24	0,42	1,73	3,10	0,42	1,73	3,10	0,42	1,73	3,09	0,42	1,73	3,09	0,42	1,73	3,09
36	0,46	1,81	3,25	0,44	1,74	3,11	0,44	1,74	3,11	0,44	1,74	3,10	0,44	1,74	3,10	0,44	1,74	3,11
37	0,48	1,82	3,26	0,46	1,75	3,12	0,46	1,75	3,13	0,46	1,75	3,11	0,46	1,75	3,11	0,46	1,75	3,12
38	0,50	1,83	3,28	0,48	1,76	3,13	0,48	1,76	3,14	0,48	1,76	3,13	0,48	1,76	3,13	0,48	1,76	3,13
39	0,52	1,84	3,29	0,50	1,77	3,15	0,50	1,77	3,15	0,50	1,77	3,14	0,50	1,77	3,14	0,50	1,77	3,15
40	0,54	1,85	3,31	0,52	1,78	3,16	0,52	1,78	3,17	0,52	1,78	3,16	0,52	1,78	3,16	0,52	1,78	3,16
41	0,56	1,86	3,33	0,54	1,79	3,18	0,54	1,79	3,18	0,54	1,79	3,17	0,54	1,79	3,17	0,54	1,79	3,18
42	0,58	1,87	3,34	0,56	1,80	3,19	0,56	1,80	3,20	0,56	1,80	3,19	0,56	1,80	3,19	0,56	1,80	3,19
43	0,60	1,88	3,36	0,58	1,81	3,21	0,58	1,81	3,22	0,58	1,81	3,20	0,58	1,81	3,20	0,58	1,81	3,21
44	0,62	1,89	3,38	0,60	1,82	3,23	0,60	1,82	3,23	0,60	1,82	3,22	0,60	1,82	3,22	0,60	1,82	3,23
45	0,64	1,90	3,40	0,62	1,83	3,25	0,62	1,83	3,25	0,62	1,83	3,24	0,62	1,83	3,24	0,62	1,83	3,24

Energi 18 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
46	0,66	1,91	3,42	0,64	1,84	3,27	0,64	1,84	3,27	0,64	1,84	3,26	0,64	1,84	3,26	0,64	1,84	3,26
47	0,69	1,92	3,44	0,66	1,84	3,28	0,66	1,84	3,29	0,66	1,84	3,28	0,66	1,84	3,28	0,66	1,84	3,28
48	0,71	1,93	3,47	0,68	1,85	3,31	0,68	1,85	3,31	0,68	1,85	3,30	0,68	1,85	3,30	0,68	1,85	3,30
49	0,73	1,94	3,49	0,70	1,86	3,33	0,70	1,86	3,33	0,70	1,86	3,32	0,70	1,86	3,32	0,70	1,86	3,32
50	0,75	1,95	3,52	0,72	1,87	3,35	0,72	1,87	3,36	0,72	1,87	3,34	0,72	1,87	3,34	0,72	1,87	3,35
51	0,78	1,96	3,54	0,74	1,88	3,37	0,75	1,88	3,38	0,74	1,88	3,36	0,74	1,88	3,36	0,74	1,88	3,37
52	0,80	1,97	3,57	0,77	1,89	3,40	0,77	1,89	3,40	0,76	1,89	3,39	0,76	1,89	3,39	0,77	1,89	3,39
53	0,82	1,98	3,60	0,79	1,90	3,42	0,79	1,90	3,43	0,79	1,90	3,41	0,79	1,90	3,41	0,79	1,90	3,42
54	0,84	1,99	3,63	0,81	1,91	3,45	0,81	1,91	3,45	0,81	1,91	3,44	0,81	1,91	3,44	0,81	1,91	3,45
55	0,87	2,00	3,66	0,83	1,92	3,47	0,83	1,92	3,48	0,83	1,92	3,47	0,83	1,92	3,47	0,83	1,92	3,47
56	0,89	2,01	3,69	0,86	1,93	3,50	0,86	1,93	3,51	0,85	1,93	3,49	0,85	1,93	3,49	0,86	1,93	3,50
57	0,92	2,02	3,72	0,88	1,94	3,53	0,88	1,94	3,54	0,88	1,94	3,52	0,88	1,94	3,52	0,88	1,94	3,53
58	0,94	2,03	3,75	0,90	1,95	3,56	0,90	1,95	3,57	0,90	1,95	3,55	0,90	1,95	3,55	0,90	1,95	3,56
59	0,96	2,04	3,78	0,93	1,96	3,59	0,93	1,96	3,60	0,92	1,96	3,58	0,92	1,96	3,58	0,93	1,96	3,59
60	0,99	2,05	3,82	0,95	1,96	3,62	0,95	1,96	3,63	0,95	1,96	3,61	0,95	1,96	3,61	0,95	1,96	3,62
61	1,01	2,06	3,86	0,97	1,97	3,65	0,98	1,97	3,66	0,97	1,97	3,65	0,97	1,97	3,65	0,97	1,97	3,65
62	1,04	2,07	3,89	1,00	1,98	3,69	1,00	1,98	3,70	1,00	1,98	3,68	1,00	1,98	3,68	1,00	1,98	3,69
63	1,06	2,07	3,93	1,02	1,99	3,72	1,02	1,99	3,73	1,02	1,99	3,71	1,02	1,99	3,71	1,02	1,99	3,72
64	1,09	2,08	3,97	1,05	2,00	3,76	1,05	2,00	3,77	1,04	2,00	3,75	1,04	2,00	3,75	1,05	2,00	3,76
65	1,12	2,09	4,01	1,07	2,01	3,79	1,07	2,01	3,80	1,07	2,01	3,78	1,07	2,01	3,78	1,07	2,01	3,79
66	1,14	2,10	4,05	1,10	2,02	3,83	1,10	2,02	3,84	1,09	2,02	3,82	1,09	2,02	3,82	1,10	2,02	3,83
67	1,17	2,11	4,10	1,12	2,03	3,87	1,12	2,03	3,88	1,12	2,03	3,86	1,12	2,03	3,86	1,12	2,03	3,87
68	1,19	2,12	4,14	1,15	2,03	3,91	1,15	2,03	3,92	1,14	2,03	3,90	1,14	2,03	3,90	1,15	2,03	3,91
69	1,22	2,13	4,19	1,17	2,04	3,95	1,17	2,04	3,96	1,17	2,04	3,94	1,17	2,04	3,94	1,17	2,04	3,95
70	1,25	2,14	4,23	1,20	2,05	3,99	1,20	2,05	4,00	1,19	2,05	3,98	1,19	2,05	3,98	1,20	2,05	3,99

Energi 18 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
71	1,27	2,15	4,28	1,22	2,06	4,04	1,22	2,06	4,04	1,22	2,06	4,02	1,22	2,06	4,02	1,22	2,06	4,03
72	1,30	2,16	4,33	1,25	2,07	4,08	1,25	2,07	4,09	1,25	2,07	4,07	1,25	2,07	4,07	1,25	2,07	4,08
73	1,33	2,16	4,38	1,27	2,08	4,13	1,28	2,08	4,13	1,27	2,08	4,11	1,27	2,08	4,11	1,27	2,08	4,12
74	1,36	2,17	4,43	1,30	2,09	4,17	1,30	2,09	4,18	1,30	2,09	4,16	1,30	2,09	4,16	1,30	2,09	4,17
75	1,38	2,18	4,48	1,33	2,09	4,22	1,33	2,09	4,23	1,32	2,09	4,21	1,32	2,09	4,21	1,33	2,09	4,22
76	1,41	2,19	4,54	1,35	2,10	4,27	1,36	2,10	4,28	1,35	2,10	4,25	1,35	2,10	4,25	1,35	2,10	4,26
77	1,44	2,20	4,59	1,38	2,11	4,32	1,38	2,11	4,33	1,38	2,11	4,30	1,38	2,11	4,30	1,38	2,11	4,31
78	1,47	2,21	4,65	1,41	2,12	4,37	1,41	2,12	4,38	1,40	2,12	4,35	1,40	2,12	4,35	1,41	2,12	4,36
79	1,49	2,22	4,71	1,43	2,13	4,42	1,44	2,13	4,43	1,43	2,13	4,41	1,43	2,13	4,41	1,43	2,13	4,42
80	1,52	2,22	4,77	1,46	2,14	4,47	1,46	2,14	4,48	1,46	2,14	4,46	1,46	2,14	4,46	1,46	2,14	4,47
81	1,55	2,23	4,83	1,49	2,14	4,53	1,49	2,14	4,54	1,49	2,14	4,51	1,49	2,14	4,51	1,49	2,14	4,52
82	1,58	2,24	4,89	1,52	2,15	4,58	1,52	2,15	4,59	1,51	2,15	4,57	1,51	2,15	4,57	1,52	2,15	4,58
83	1,61	2,25	4,95	1,55	2,16	4,64	1,55	2,16	4,65	1,54	2,16	4,63	1,54	2,16	4,63	1,54	2,16	4,64
84	1,64	2,26	5,02	1,57	2,17	4,70	1,58	2,17	4,71	1,57	2,17	4,68	1,57	2,17	4,68	1,57	2,17	4,69
85	1,67	2,27	5,08	1,60	2,18	4,76	1,60	2,18	4,77	1,60	2,18	4,74	1,60	2,18	4,74	1,60	2,18	4,75
86	1,70	2,28	5,15	1,63	2,18	4,82	1,63	2,18	4,83	1,63	2,18	4,80	1,63	2,18	4,80	1,63	2,18	4,81
87	1,73	2,28	5,22	1,66	2,19	4,88	1,66	2,19	4,89	1,65	2,19	4,86	1,65	2,19	4,86	1,66	2,19	4,88
88	1,76	2,29	5,29	1,69	2,20	4,94	1,69	2,20	4,96	1,68	2,20	4,93	1,68	2,20	4,93	1,69	2,20	4,94
89	1,79	2,30	5,36	1,72	2,21	5,01	1,72	2,21	5,02	1,71	2,21	4,99	1,71	2,21	4,99	1,71	2,21	5,00
90	1,82	2,31	5,44	1,74	2,22	5,07	1,75	2,22	5,09	1,74	2,22	5,06	1,74	2,22	5,06	1,74	2,22	5,07
91	1,85	2,32	5,51	1,77	2,22	5,14	1,78	2,22	5,15	1,77	2,22	5,12	1,77	2,22	5,12	1,77	2,22	5,14
92	1,88	2,33	5,59	1,80	2,23	5,21	1,81	2,23	5,22	1,80	2,23	5,19	1,80	2,23	5,19	1,80	2,23	5,20
93	1,91	2,33	5,67	1,83	2,24	5,28	1,84	2,24	5,29	1,83	2,24	5,26	1,83	2,24	5,26	1,83	2,24	5,27
94	1,94	2,34	5,75	1,86	2,25	5,35	1,87	2,25	5,36	1,86	2,25	5,33	1,86	2,25	5,33	1,86	2,25	5,34
95	1,97	2,35	5,83	1,89	2,26	5,42	1,89	2,26	5,44	1,89	2,26	5,40	1,89	2,26	5,40	1,89	2,26	5,42

Energi 18 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
96	2,00	2,36	5,91	1,92	2,26	5,50	1,92	2,26	5,51	1,92	2,26	5,48	1,92	2,26	5,48	1,92	2,26	5,49
97	2,03	2,37	5,99	1,95	2,27	5,57	1,96	2,27	5,59	1,95	2,27	5,55	1,95	2,27	5,55	1,95	2,27	5,57
98	2,07	2,37	6,08	1,98	2,28	5,65	1,99	2,28	5,66	1,98	2,28	5,63	1,98	2,28	5,63	1,98	2,28	5,64
99	2,10	2,38	6,17	2,01	2,29	5,73	2,02	2,29	5,74	2,01	2,29	5,71	2,01	2,29	5,71	2,01	2,29	5,72
100	2,13	2,39	6,26	2,04	2,29	5,81	2,05	2,29	5,82	2,04	2,29	5,78	2,04	2,29	5,78	2,04	2,29	5,80
101	2,16	2,40	6,35	2,07	2,30	5,89	2,08	2,30	5,90	2,07	2,30	5,87	2,07	2,30	5,87	2,07	2,30	5,88
102	2,19	2,41	6,44	2,11	2,31	5,97	2,11	2,31	5,99	2,10	2,31	5,95	2,10	2,31	5,95	2,10	2,31	5,96
103	2,23	2,41	6,53	2,14	2,32	6,05	2,14	2,32	6,07	2,13	2,32	6,03	2,13	2,32	6,03	2,13	2,32	6,05
104	2,26	2,42	6,63	2,17	2,32	6,14	2,17	2,32	6,16	2,16	2,32	6,12	2,16	2,32	6,12	2,17	2,32	6,13
105	2,29	2,43	6,73	2,20	2,33	6,23	2,20	2,33	6,24	2,19	2,33	6,20	2,19	2,33	6,20	2,20	2,33	6,22
106	2,32	2,44	6,82	2,23	2,34	6,31	2,23	2,34	6,33	2,23	2,34	6,29	2,23	2,34	6,29	2,23	2,34	6,31
107	2,36	2,44	6,92	2,26	2,35	6,40	2,27	2,35	6,42	2,26	2,35	6,38	2,26	2,35	6,38	2,26	2,35	6,40
108	2,39	2,45	7,03	2,29	2,35	6,50	2,30	2,35	6,51	2,29	2,35	6,47	2,29	2,35	6,47	2,29	2,35	6,49
109	2,42	2,46	7,13	2,33	2,36	6,59	2,33	2,36	6,61	2,32	2,36	6,56	2,32	2,36	6,56	2,32	2,36	6,58
110	2,46	2,47	7,24	2,36	2,37	6,68	2,36	2,37	6,70	2,35	2,37	6,66	2,35	2,37	6,66	2,36	2,37	6,68
111	2,49	2,48	7,35	2,39	2,38	6,78	2,39	2,38	6,80	2,38	2,38	6,75	2,38	2,38	6,75	2,39	2,38	6,77
112	2,52	2,48	7,45	2,42	2,38	6,88	2,43	2,38	6,90	2,42	2,38	6,85	2,42	2,38	6,85	2,42	2,38	6,87
113	2,56	2,49	7,57	2,45	2,39	6,98	2,46	2,39	7,00	2,45	2,39	6,95	2,45	2,39	6,95	2,45	2,39	6,97
114	2,59	2,50	7,68	2,49	2,40	7,08	2,49	2,40	7,10	2,48	2,40	7,05	2,48	2,40	7,05	2,49	2,40	7,07
115	2,63	2,51	7,79	2,52	2,41	7,18	2,52	2,41	7,20	2,52	2,41	7,15	2,52	2,41	7,15	2,52	2,41	7,17
116	2,66	2,51	7,91	2,55	2,41	7,28	2,56	2,41	7,31	2,55	2,41	7,25	2,55	2,41	7,25	2,55	2,41	7,28
117	2,69	2,52	8,03	2,59	2,42	7,39	2,59	2,42	7,41	2,58	2,42	7,36	2,58	2,42	7,36	2,58	2,42	7,38
118	2,73	2,53	8,15	2,62	2,43	7,50	2,62	2,43	7,52	2,61	2,43	7,47	2,61	2,43	7,47	2,62	2,43	7,49
119	2,76	2,54	8,27	2,65	2,43	7,61	2,66	2,43	7,63	2,65	2,43	7,58	2,65	2,43	7,58	2,65	2,43	7,60
120	2,80	2,54	8,40	2,69	2,44	7,72	2,69	2,44	7,74	2,68	2,44	7,69	2,68	2,44	7,69	2,68	2,44	7,71

Energi 18 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
121	2,83	2,55	8,52	2,72	2,45	7,83	2,72	2,45	7,85	2,71	2,45	7,80	2,71	2,45	7,80	2,72	2,45	7,82
122	2,87	2,56	8,65	2,75	2,46	7,95	2,76	2,46	7,97	2,75	2,46	7,91	2,75	2,46	7,91	2,75	2,46	7,94
123	2,90	2,57	8,78	2,79	2,46	8,06	2,79	2,46	8,09	2,78	2,46	8,03	2,78	2,46	8,03	2,79	2,46	8,05
124	2,94	2,57	8,92	2,82	2,47	8,18	2,83	2,47	8,20	2,82	2,47	8,14	2,82	2,47	8,14	2,82	2,47	8,17
125	2,98	2,58	9,05	2,86	2,48	8,30	2,86	2,48	8,32	2,85	2,48	8,26	2,85	2,48	8,26	2,85	2,48	8,29
126	3,01	2,59	9,19	2,89	2,48	8,42	2,89	2,48	8,45	2,88	2,48	8,38	2,88	2,48	8,38	2,89	2,48	8,41
127	3,05	2,60	9,33	2,92	2,49	8,54	2,93	2,49	8,57	2,92	2,49	8,51	2,92	2,49	8,51	2,92	2,49	8,53
128	3,08	2,60	9,47	2,96	2,50	8,67	2,96	2,50	8,70	2,95	2,50	8,63	2,95	2,50	8,63	2,96	2,50	8,66
129	3,12	2,61	9,61	2,99	2,51	8,80	3,00	2,51	8,82	2,99	2,51	8,76	2,99	2,51	8,76	2,99	2,51	8,79
130	3,16	2,62	9,75	3,03	2,51	8,93	3,03	2,51	8,95	3,02	2,51	8,89	3,02	2,51	8,89	3,03	2,51	8,91
131	3,19	2,63	9,90	3,06	2,52	9,06	3,07	2,52	9,08	3,06	2,52	9,02	3,06	2,52	9,02	3,06	2,52	9,04
132	3,23	2,63	10,05	3,10	2,53	9,19	3,10	2,53	9,22	3,09	2,53	9,15	3,09	2,53	9,15	3,10	2,53	9,18
133	3,27	2,64	10,20	3,13	2,53	9,32	3,14	2,53	9,35	3,13	2,53	9,28	3,13	2,53	9,28	3,13	2,53	9,31
134	3,30	2,65	10,36	3,17	2,54	9,46	3,17	2,54	9,49	3,16	2,54	9,42	3,16	2,54	9,42	3,17	2,54	9,45
135	3,34	2,65	10,51	3,21	2,55	9,60	3,21	2,55	9,63	3,20	2,55	9,55	3,20	2,55	9,55	3,20	2,55	9,59
136	3,38	2,66	10,67	3,24	2,55	9,74	3,25	2,55	9,77	3,23	2,55	9,69	3,23	2,55	9,69	3,24	2,55	9,73
137	3,41	2,67	10,83	3,28	2,56	9,88	3,28	2,56	9,91	3,27	2,56	9,84	3,27	2,56	9,84	3,27	2,56	9,87
138	3,45	2,68	10,99	3,31	2,57	10,02	3,32	2,57	10,06	3,31	2,57	9,98	3,31	2,57	9,98	3,31	2,57	10,01
139	3,49	2,68	11,16	3,35	2,57	10,17	3,35	2,57	10,20	3,34	2,57	10,12	3,34	2,57	10,12	3,35	2,57	10,16
140	3,53	2,69	11,32	3,39	2,58	10,32	3,39	2,58	10,35	3,38	2,58	10,27	3,38	2,58	10,27	3,38	2,58	10,31
141	3,56	2,70	11,49	3,42	2,59	10,47	3,43	2,59	10,50	3,41	2,59	10,42	3,41	2,59	10,42	3,42	2,59	10,46
142	3,60	2,70	11,66	3,46	2,60	10,62	3,46	2,60	10,66	3,45	2,60	10,57	3,45	2,60	10,57	3,46	2,60	10,61
143	3,64	2,71	11,84	3,49	2,60	10,78	3,50	2,60	10,81	3,49	2,60	10,73	3,49	2,60	10,73	3,49	2,60	10,76
144	3,68	2,72	12,01	3,53	2,61	10,93	3,54	2,61	10,97	3,52	2,61	10,88	3,52	2,61	10,88	3,53	2,61	10,92
145	3,72	2,72	12,19	3,57	2,62	11,09	3,57	2,62	11,13	3,56	2,62	11,04	3,56	2,62	11,04	3,57	2,62	11,08

Energi 18 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
146	3,76	2,73	12,37	3,61	2,62	11,25	3,61	2,62	11,29	3,60	2,62	11,20	3,60	2,62	11,20	3,60	2,62	11,24
147	3,79	2,74	12,56	3,64	2,63	11,42	3,65	2,63	11,45	3,63	2,63	11,36	3,63	2,63	11,36	3,64	2,63	11,40
148	3,83	2,75	12,74	3,68	2,64	11,58	3,68	2,64	11,62	3,67	2,64	11,52	3,67	2,64	11,52	3,68	2,64	11,56
149	3,87	2,75	12,93	3,72	2,64	11,75	3,72	2,64	11,79	3,71	2,64	11,69	3,71	2,64	11,69	3,71	2,64	11,73
150	3,91	2,76	13,12	3,75	2,65	11,92	3,76	2,65	11,96	3,75	2,65	11,86	3,75	2,65	11,86	3,75	2,65	11,90



Tabel F.5 Hasil kalkulasi σ_{med} , σ_{ud} , dan σ_{MCS} berkas elektron 21 MeV untuk variasi lapangan

Energi 21 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
0	0,00	1,25	2,80	0,00	1,18	2,63	0,00	1,18	2,63	0,00	1,18	2,63	0,00	1,18	2,63	0,00	1,17	2,62
0,2	0,00	1,25	2,80	0,00	1,18	2,63	0,00	1,18	2,63	0,00	1,18	2,63	0,00	1,18	2,63	0,00	1,17	2,62
0,7	0,00	1,26	2,80	0,00	1,19	2,63	0,00	1,19	2,63	0,00	1,19	2,63	0,00	1,19	2,63	0,00	1,18	2,62
1,2	0,00	1,27	2,80	0,00	1,19	2,63	0,00	1,19	2,63	0,00	1,19	2,63	0,00	1,19	2,63	0,00	1,19	2,62
1,7	0,00	1,27	2,80	0,00	1,20	2,63	0,00	1,20	2,63	0,00	1,20	2,63	0,00	1,20	2,63	0,00	1,19	2,62
2,2	0,01	1,28	2,80	0,01	1,20	2,63	0,01	1,20	2,63	0,01	1,20	2,63	0,01	1,20	2,63	0,01	1,20	2,62
2,7	0,01	1,28	2,80	0,01	1,21	2,63	0,01	1,21	2,63	0,01	1,21	2,63	0,01	1,21	2,63	0,01	1,20	2,62
3,2	0,01	1,29	2,80	0,01	1,21	2,63	0,01	1,21	2,63	0,01	1,21	2,63	0,01	1,21	2,63	0,01	1,21	2,62
3,7	0,01	1,30	2,80	0,01	1,22	2,63	0,01	1,22	2,63	0,01	1,22	2,63	0,01	1,22	2,63	0,01	1,21	2,62
4,2	0,02	1,30	2,80	0,02	1,23	2,63	0,02	1,23	2,63	0,02	1,23	2,63	0,02	1,23	2,63	0,02	1,22	2,62
4,7	0,02	1,31	2,80	0,02	1,23	2,63	0,02	1,23	2,63	0,02	1,23	2,63	0,02	1,23	2,63	0,02	1,23	2,62
5,2	0,02	1,31	2,80	0,02	1,24	2,63	0,02	1,24	2,63	0,02	1,24	2,63	0,02	1,24	2,63	0,02	1,23	2,62
5,7	0,03	1,32	2,80	0,02	1,24	2,63	0,02	1,24	2,63	0,02	1,24	2,63	0,02	1,24	2,63	0,02	1,24	2,62
6,2	0,03	1,33	2,80	0,03	1,25	2,63	0,03	1,25	2,63	0,03	1,25	2,63	0,03	1,25	2,63	0,03	1,24	2,62
6,7	0,03	1,33	2,80	0,03	1,25	2,63	0,03	1,25	2,63	0,03	1,25	2,63	0,03	1,25	2,63	0,03	1,25	2,62
7,2	0,04	1,34	2,80	0,04	1,26	2,63	0,04	1,26	2,63	0,04	1,26	2,63	0,04	1,26	2,63	0,03	1,25	2,62
7,7	0,04	1,34	2,80	0,04	1,26	2,63	0,04	1,26	2,63	0,04	1,26	2,63	0,04	1,26	2,63	0,04	1,26	2,62
8,2	0,05	1,35	2,80	0,04	1,27	2,63	0,04	1,27	2,63	0,04	1,27	2,63	0,04	1,27	2,63	0,04	1,26	2,62
8,7	0,05	1,36	2,80	0,05	1,28	2,63	0,05	1,28	2,63	0,05	1,28	2,63	0,05	1,28	2,63	0,05	1,27	2,62
9,2	0,05	1,36	2,80	0,05	1,28	2,63	0,05	1,28	2,63	0,05	1,28	2,63	0,05	1,28	2,63	0,05	1,27	2,62
9,7	0,06	1,37	2,80	0,05	1,29	2,64	0,05	1,29	2,63	0,05	1,29	2,63	0,05	1,29	2,63	0,05	1,28	2,62
10,2	0,06	1,37	2,80	0,06	1,29	2,64	0,06	1,29	2,63	0,06	1,29	2,63	0,06	1,29	2,63	0,06	1,29	2,62
10,7	0,07	1,38	2,80	0,06	1,30	2,64	0,06	1,30	2,63	0,06	1,30	2,63	0,06	1,30	2,63	0,06	1,29	2,62

Energi 21 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
11,2	0,07	1,38	2,80	0,07	1,30	2,64	0,07	1,30	2,63	0,07	1,30	2,63	0,07	1,30	2,64	0,07	1,30	2,62
11,7	0,08	1,39	2,80	0,07	1,31	2,64	0,07	1,31	2,63	0,07	1,31	2,63	0,07	1,31	2,64	0,07	1,30	2,62
12,2	0,08	1,39	2,80	0,08	1,31	2,64	0,08	1,31	2,63	0,08	1,31	2,63	0,08	1,31	2,64	0,08	1,31	2,62
12,7	0,09	1,40	2,80	0,08	1,32	2,64	0,08	1,32	2,64	0,08	1,32	2,63	0,08	1,32	2,64	0,08	1,31	2,62
13,2	0,09	1,41	2,80	0,09	1,32	2,64	0,09	1,32	2,64	0,09	1,32	2,63	0,09	1,32	2,64	0,09	1,32	2,62
13,7	0,10	1,41	2,80	0,09	1,33	2,64	0,09	1,33	2,64	0,09	1,33	2,63	0,09	1,33	2,64	0,09	1,32	2,62
14,2	0,10	1,42	2,80	0,10	1,33	2,64	0,10	1,33	2,64	0,10	1,33	2,63	0,10	1,33	2,64	0,10	1,33	2,63
14,7	0,11	1,42	2,81	0,10	1,34	2,64	0,10	1,34	2,64	0,10	1,34	2,63	0,10	1,34	2,64	0,10	1,33	2,63
15,2	0,11	1,43	2,81	0,11	1,34	2,64	0,11	1,34	2,64	0,11	1,34	2,64	0,11	1,34	2,64	0,11	1,34	2,63
15,7	0,12	1,43	2,81	0,11	1,35	2,64	0,11	1,35	2,64	0,11	1,35	2,64	0,11	1,35	2,64	0,11	1,34	2,63
16,2	0,13	1,44	2,81	0,12	1,35	2,64	0,12	1,35	2,64	0,12	1,35	2,64	0,12	1,35	2,64	0,12	1,35	2,63
16,7	0,13	1,44	2,81	0,12	1,36	2,64	0,12	1,36	2,64	0,12	1,36	2,64	0,12	1,36	2,64	0,12	1,35	2,63
17,2	0,14	1,45	2,81	0,13	1,37	2,64	0,13	1,37	2,64	0,13	1,37	2,64	0,13	1,37	2,64	0,13	1,36	2,63
17,7	0,14	1,46	2,81	0,14	1,37	2,65	0,14	1,37	2,64	0,14	1,37	2,64	0,14	1,37	2,64	0,13	1,36	2,63
18,2	0,15	1,46	2,81	0,14	1,38	2,65	0,14	1,38	2,64	0,14	1,38	2,64	0,14	1,38	2,65	0,14	1,37	2,63
18,7	0,16	1,47	2,81	0,15	1,38	2,65	0,15	1,38	2,65	0,15	1,38	2,64	0,15	1,38	2,65	0,15	1,37	2,63
19,2	0,16	1,47	2,82	0,15	1,39	2,65	0,15	1,39	2,65	0,15	1,39	2,64	0,15	1,39	2,65	0,15	1,38	2,64
19,7	0,17	1,48	2,82	0,16	1,39	2,65	0,16	1,39	2,65	0,16	1,39	2,64	0,16	1,39	2,65	0,16	1,38	2,64
20,2	0,18	1,48	2,82	0,16	1,40	2,65	0,16	1,40	2,65	0,16	1,40	2,65	0,16	1,40	2,65	0,16	1,39	2,64
20,7	0,18	1,49	2,82	0,17	1,40	2,65	0,17	1,40	2,65	0,17	1,40	2,65	0,17	1,40	2,65	0,17	1,39	2,64
21,2	0,19	1,49	2,82	0,18	1,41	2,66	0,18	1,41	2,65	0,18	1,41	2,65	0,18	1,41	2,65	0,18	1,40	2,64
21,7	0,20	1,50	2,82	0,18	1,41	2,66	0,18	1,41	2,65	0,18	1,41	2,65	0,18	1,41	2,66	0,18	1,40	2,64
22,2	0,20	1,50	2,83	0,19	1,41	2,66	0,19	1,41	2,66	0,19	1,41	2,65	0,19	1,41	2,66	0,19	1,41	2,64
22,7	0,21	1,51	2,83	0,20	1,42	2,66	0,20	1,42	2,66	0,20	1,42	2,65	0,20	1,42	2,66	0,20	1,41	2,65
23,2	0,22	1,51	2,83	0,20	1,42	2,66	0,20	1,42	2,66	0,20	1,42	2,66	0,20	1,42	2,66	0,20	1,42	2,65

Energi 21 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
23,7	0,22	1,52	2,83	0,21	1,43	2,66	0,21	1,43	2,66	0,21	1,43	2,66	0,21	1,43	2,66	0,21	1,42	2,65
24,2	0,23	1,52	2,84	0,22	1,43	2,67	0,22	1,43	2,66	0,22	1,43	2,66	0,22	1,43	2,67	0,22	1,43	2,65
24,7	0,24	1,53	2,84	0,22	1,44	2,67	0,22	1,44	2,67	0,22	1,44	2,66	0,22	1,44	2,67	0,22	1,43	2,65
25,2	0,24	1,53	2,84	0,23	1,44	2,67	0,23	1,44	2,67	0,23	1,44	2,66	0,23	1,44	2,67	0,23	1,44	2,66
25,7	0,25	1,54	2,84	0,24	1,45	2,67	0,24	1,45	2,67	0,24	1,45	2,67	0,24	1,45	2,67	0,24	1,44	2,66
26	0,26	1,54	2,84	0,24	1,45	2,67	0,24	1,45	2,67	0,24	1,45	2,67	0,24	1,45	2,67	0,24	1,44	2,66
27	0,27	1,55	2,85	0,25	1,46	2,68	0,25	1,46	2,68	0,25	1,46	2,67	0,25	1,46	2,68	0,25	1,45	2,66
28	0,29	1,56	2,86	0,27	1,47	2,68	0,27	1,47	2,68	0,27	1,47	2,68	0,27	1,47	2,68	0,27	1,46	2,67
29	0,30	1,57	2,86	0,28	1,48	2,69	0,28	1,48	2,69	0,28	1,48	2,68	0,28	1,48	2,69	0,28	1,47	2,68
30	0,32	1,58	2,87	0,30	1,49	2,70	0,30	1,49	2,69	0,30	1,49	2,69	0,30	1,49	2,70	0,30	1,48	2,68
31	0,33	1,59	2,88	0,31	1,50	2,70	0,31	1,50	2,70	0,31	1,50	2,70	0,31	1,50	2,70	0,31	1,49	2,69
32	0,35	1,60	2,89	0,33	1,51	2,71	0,33	1,51	2,71	0,33	1,51	2,70	0,33	1,51	2,71	0,33	1,50	2,69
33	0,37	1,61	2,89	0,34	1,52	2,72	0,34	1,52	2,71	0,34	1,52	2,71	0,34	1,52	2,72	0,34	1,51	2,70
34	0,38	1,62	2,90	0,36	1,53	2,73	0,36	1,53	2,72	0,36	1,53	2,72	0,36	1,53	2,72	0,36	1,52	2,71
35	0,40	1,63	2,91	0,38	1,54	2,73	0,38	1,54	2,73	0,38	1,54	2,73	0,38	1,54	2,73	0,37	1,53	2,72
36	0,42	1,64	2,92	0,39	1,54	2,74	0,39	1,54	2,74	0,39	1,54	2,74	0,39	1,54	2,74	0,39	1,54	2,73
37	0,43	1,65	2,93	0,41	1,55	2,75	0,41	1,55	2,75	0,41	1,55	2,74	0,41	1,55	2,75	0,41	1,54	2,74
38	0,45	1,66	2,95	0,43	1,56	2,76	0,43	1,56	2,76	0,43	1,56	2,75	0,43	1,56	2,76	0,42	1,55	2,75
39	0,47	1,67	2,96	0,44	1,57	2,77	0,44	1,57	2,77	0,44	1,57	2,76	0,44	1,57	2,77	0,44	1,56	2,76
40	0,49	1,68	2,97	0,46	1,58	2,78	0,46	1,58	2,78	0,46	1,58	2,78	0,46	1,58	2,78	0,46	1,57	2,77
41	0,51	1,69	2,98	0,48	1,59	2,79	0,48	1,59	2,79	0,48	1,59	2,79	0,48	1,59	2,79	0,47	1,58	2,78
42	0,53	1,70	3,00	0,49	1,60	2,81	0,49	1,60	2,80	0,49	1,60	2,80	0,49	1,60	2,80	0,49	1,59	2,79
43	0,54	1,71	3,01	0,51	1,61	2,82	0,51	1,61	2,82	0,51	1,61	2,81	0,51	1,61	2,82	0,51	1,60	2,80
44	0,56	1,71	3,03	0,53	1,61	2,83	0,53	1,61	2,83	0,53	1,61	2,82	0,53	1,61	2,83	0,53	1,61	2,81
45	0,58	1,72	3,04	0,55	1,62	2,84	0,55	1,62	2,84	0,55	1,62	2,84	0,55	1,62	2,84	0,55	1,61	2,83

Energi 21 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
46	0,60	1,73	3,06	0,57	1,63	2,86	0,57	1,63	2,86	0,57	1,63	2,85	0,57	1,63	2,86	0,56	1,62	2,84
47	0,62	1,74	3,08	0,59	1,64	2,87	0,58	1,64	2,87	0,58	1,64	2,87	0,59	1,64	2,87	0,58	1,63	2,86
48	0,64	1,75	3,09	0,60	1,65	2,89	0,60	1,65	2,89	0,60	1,65	2,88	0,60	1,65	2,89	0,60	1,64	2,87
49	0,66	1,76	3,11	0,62	1,66	2,91	0,62	1,66	2,90	0,62	1,66	2,90	0,62	1,66	2,90	0,62	1,65	2,89
50	0,68	1,77	3,13	0,64	1,67	2,92	0,64	1,67	2,92	0,64	1,67	2,91	0,64	1,67	2,92	0,64	1,66	2,90
51	0,70	1,78	3,15	0,66	1,67	2,94	0,66	1,67	2,94	0,66	1,67	2,93	0,66	1,67	2,94	0,66	1,66	2,92
52	0,72	1,79	3,17	0,68	1,68	2,96	0,68	1,68	2,95	0,68	1,68	2,95	0,68	1,68	2,96	0,68	1,67	2,94
53	0,74	1,80	3,19	0,70	1,69	2,98	0,70	1,69	2,97	0,70	1,69	2,97	0,70	1,69	2,97	0,70	1,68	2,96
54	0,77	1,80	3,22	0,72	1,70	2,99	0,72	1,70	2,99	0,72	1,70	2,99	0,72	1,70	2,99	0,72	1,69	2,98
55	0,79	1,81	3,24	0,74	1,71	3,01	0,74	1,71	3,01	0,74	1,71	3,01	0,74	1,71	3,01	0,74	1,70	3,00
56	0,81	1,82	3,26	0,76	1,71	3,04	0,76	1,71	3,03	0,76	1,71	3,03	0,76	1,71	3,03	0,76	1,71	3,02
57	0,83	1,83	3,29	0,78	1,72	3,06	0,78	1,72	3,05	0,78	1,72	3,05	0,78	1,72	3,05	0,78	1,71	3,04
58	0,85	1,84	3,31	0,80	1,73	3,08	0,80	1,73	3,07	0,80	1,73	3,07	0,80	1,73	3,08	0,80	1,72	3,06
59	0,87	1,85	3,34	0,82	1,74	3,10	0,82	1,74	3,10	0,82	1,74	3,09	0,82	1,74	3,10	0,82	1,73	3,08
60	0,90	1,86	3,37	0,84	1,75	3,12	0,84	1,75	3,12	0,84	1,75	3,12	0,84	1,75	3,12	0,84	1,74	3,10
61	0,92	1,86	3,40	0,87	1,75	3,15	0,86	1,75	3,15	0,86	1,75	3,14	0,87	1,75	3,15	0,86	1,75	3,13
62	0,94	1,87	3,43	0,89	1,76	3,17	0,89	1,76	3,17	0,89	1,76	3,16	0,89	1,76	3,17	0,88	1,75	3,15
63	0,96	1,88	3,45	0,91	1,77	3,20	0,91	1,77	3,20	0,91	1,77	3,19	0,91	1,77	3,20	0,90	1,76	3,18
64	0,99	1,89	3,49	0,93	1,78	3,23	0,93	1,78	3,22	0,93	1,78	3,22	0,93	1,78	3,22	0,93	1,77	3,20
65	1,01	1,90	3,52	0,95	1,79	3,25	0,95	1,79	3,25	0,95	1,79	3,24	0,95	1,79	3,25	0,95	1,78	3,23
66	1,03	1,90	3,55	0,97	1,79	3,28	0,97	1,79	3,28	0,97	1,79	3,27	0,97	1,79	3,28	0,97	1,78	3,26
67	1,06	1,91	3,58	1,00	1,80	3,31	1,00	1,80	3,31	1,00	1,80	3,30	1,00	1,80	3,31	0,99	1,79	3,29
68	1,08	1,92	3,62	1,02	1,81	3,34	1,02	1,81	3,33	1,02	1,81	3,33	1,02	1,81	3,34	1,01	1,80	3,32
69	1,11	1,93	3,65	1,04	1,82	3,37	1,04	1,82	3,36	1,04	1,82	3,36	1,04	1,82	3,37	1,04	1,81	3,35
70	1,13	1,94	3,69	1,06	1,82	3,40	1,06	1,82	3,40	1,06	1,82	3,39	1,06	1,82	3,40	1,06	1,81	3,38

Energi 21 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
71	1,15	1,95	3,73	1,09	1,83	3,43	1,09	1,83	3,43	1,09	1,83	3,42	1,09	1,83	3,43	1,08	1,82	3,41
72	1,18	1,95	3,76	1,11	1,84	3,46	1,11	1,84	3,46	1,11	1,84	3,45	1,11	1,84	3,46	1,10	1,83	3,44
73	1,20	1,96	3,80	1,13	1,85	3,50	1,13	1,85	3,49	1,13	1,85	3,49	1,13	1,85	3,50	1,13	1,84	3,47
74	1,23	1,97	3,84	1,16	1,85	3,53	1,16	1,85	3,53	1,16	1,85	3,52	1,16	1,85	3,53	1,15	1,84	3,51
75	1,25	1,98	3,88	1,18	1,86	3,57	1,18	1,86	3,56	1,18	1,86	3,56	1,18	1,86	3,57	1,17	1,85	3,54
76	1,28	1,99	3,92	1,20	1,87	3,60	1,20	1,87	3,60	1,20	1,87	3,59	1,20	1,87	3,60	1,20	1,86	3,58
77	1,30	1,99	3,97	1,23	1,88	3,64	1,23	1,88	3,63	1,23	1,88	3,63	1,23	1,88	3,64	1,22	1,87	3,61
78	1,33	2,00	4,01	1,25	1,88	3,68	1,25	1,88	3,67	1,25	1,88	3,67	1,25	1,88	3,68	1,24	1,87	3,65
79	1,36	2,01	4,06	1,28	1,89	3,72	1,27	1,89	3,71	1,27	1,89	3,70	1,28	1,89	3,71	1,27	1,88	3,69
80	1,38	2,02	4,10	1,30	1,90	3,76	1,30	1,90	3,75	1,30	1,90	3,74	1,30	1,90	3,75	1,29	1,89	3,73
81	1,41	2,02	4,15	1,32	1,91	3,80	1,32	1,91	3,79	1,32	1,91	3,78	1,32	1,91	3,79	1,32	1,90	3,77
82	1,43	2,03	4,20	1,35	1,91	3,84	1,35	1,91	3,83	1,35	1,91	3,82	1,35	1,91	3,83	1,34	1,90	3,81
83	1,46	2,04	4,25	1,37	1,92	3,88	1,37	1,92	3,87	1,37	1,92	3,86	1,37	1,92	3,88	1,37	1,91	3,85
84	1,49	2,05	4,30	1,40	1,93	3,92	1,40	1,93	3,92	1,40	1,93	3,91	1,40	1,93	3,92	1,39	1,92	3,89
85	1,51	2,06	4,35	1,42	1,93	3,96	1,42	1,93	3,96	1,42	1,93	3,95	1,42	1,93	3,96	1,42	1,92	3,93
86	1,54	2,06	4,40	1,45	1,94	4,01	1,45	1,94	4,00	1,45	1,94	4,00	1,45	1,94	4,01	1,44	1,93	3,98
87	1,57	2,07	4,45	1,47	1,95	4,06	1,47	1,95	4,05	1,47	1,95	4,04	1,47	1,95	4,05	1,47	1,94	4,02
88	1,59	2,08	4,51	1,50	1,96	4,10	1,50	1,96	4,10	1,50	1,96	4,09	1,50	1,96	4,10	1,49	1,95	4,07
89	1,62	2,09	4,56	1,53	1,96	4,15	1,52	1,96	4,14	1,52	1,96	4,13	1,52	1,96	4,15	1,52	1,95	4,12
90	1,65	2,09	4,62	1,55	1,97	4,20	1,55	1,97	4,19	1,55	1,97	4,18	1,55	1,97	4,19	1,54	1,96	4,16
91	1,68	2,10	4,68	1,58	1,98	4,25	1,58	1,98	4,24	1,58	1,98	4,23	1,58	1,98	4,24	1,57	1,97	4,21
92	1,70	2,11	4,74	1,60	1,98	4,30	1,60	1,98	4,29	1,60	1,98	4,28	1,60	1,98	4,29	1,59	1,97	4,26
93	1,73	2,12	4,80	1,63	1,99	4,35	1,63	1,99	4,34	1,63	1,99	4,33	1,63	1,99	4,35	1,62	1,98	4,31
94	1,76	2,12	4,86	1,66	2,00	4,40	1,65	2,00	4,39	1,65	2,00	4,38	1,66	2,00	4,40	1,65	1,99	4,36
95	1,79	2,13	4,92	1,68	2,01	4,45	1,68	2,01	4,45	1,68	2,01	4,44	1,68	2,01	4,45	1,67	1,99	4,42

Energi 21 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
96	1,82	2,14	4,98	1,71	2,01	4,51	1,71	2,01	4,50	1,71	2,01	4,49	1,71	2,01	4,50	1,70	2,00	4,47
97	1,84	2,14	5,05	1,74	2,02	4,56	1,73	2,02	4,56	1,73	2,02	4,55	1,74	2,02	4,56	1,73	2,01	4,52
98	1,87	2,15	5,11	1,76	2,03	4,62	1,76	2,03	4,61	1,76	2,03	4,60	1,76	2,03	4,62	1,75	2,02	4,58
99	1,90	2,16	5,18	1,79	2,03	4,68	1,79	2,03	4,67	1,79	2,03	4,66	1,79	2,03	4,67	1,78	2,02	4,63
100	1,93	2,17	5,25	1,82	2,04	4,73	1,82	2,04	4,73	1,82	2,04	4,72	1,82	2,04	4,73	1,81	2,03	4,69
101	1,96	2,17	5,32	1,84	2,05	4,79	1,84	2,05	4,79	1,84	2,05	4,77	1,84	2,05	4,79	1,83	2,04	4,75
102	1,99	2,18	5,39	1,87	2,05	4,85	1,87	2,05	4,85	1,87	2,05	4,83	1,87	2,05	4,85	1,86	2,04	4,81
103	2,02	2,19	5,46	1,90	2,06	4,91	1,90	2,06	4,91	1,90	2,06	4,89	1,90	2,06	4,91	1,89	2,05	4,87
104	2,05	2,19	5,53	1,93	2,07	4,98	1,93	2,07	4,97	1,93	2,07	4,96	1,93	2,07	4,97	1,92	2,06	4,93
105	2,08	2,20	5,61	1,95	2,07	5,04	1,95	2,07	5,03	1,95	2,07	5,02	1,95	2,07	5,04	1,94	2,06	4,99
106	2,11	2,21	5,68	1,98	2,08	5,10	1,98	2,08	5,10	1,98	2,08	5,08	1,98	2,08	5,10	1,97	2,07	5,06
107	2,14	2,22	5,76	2,01	2,09	5,17	2,01	2,09	5,16	2,01	2,09	5,15	2,01	2,09	5,17	2,00	2,08	5,12
108	2,17	2,22	5,84	2,04	2,09	5,24	2,04	2,09	5,23	2,04	2,09	5,21	2,04	2,09	5,23	2,03	2,08	5,19
109	2,20	2,23	5,92	2,07	2,10	5,30	2,07	2,10	5,29	2,07	2,10	5,28	2,07	2,10	5,30	2,06	2,09	5,25
110	2,23	2,24	6,00	2,10	2,11	5,37	2,09	2,11	5,36	2,09	2,11	5,35	2,10	2,11	5,37	2,09	2,10	5,32
111	2,26	2,24	6,08	2,12	2,11	5,44	2,12	2,11	5,43	2,12	2,11	5,42	2,12	2,11	5,44	2,11	2,10	5,39
112	2,29	2,25	6,16	2,15	2,12	5,51	2,15	2,12	5,50	2,15	2,12	5,49	2,15	2,12	5,51	2,14	2,11	5,46
113	2,32	2,26	6,25	2,18	2,13	5,59	2,18	2,13	5,58	2,18	2,13	5,56	2,18	2,13	5,58	2,17	2,11	5,53
114	2,35	2,27	6,33	2,21	2,13	5,66	2,21	2,13	5,65	2,21	2,13	5,63	2,21	2,13	5,65	2,20	2,12	5,60
115	2,38	2,27	6,42	2,24	2,14	5,73	2,24	2,14	5,72	2,24	2,14	5,71	2,24	2,14	5,73	2,23	2,13	5,68
116	2,41	2,28	6,51	2,27	2,15	5,81	2,27	2,15	5,80	2,27	2,15	5,78	2,27	2,15	5,80	2,26	2,13	5,75
117	2,44	2,29	6,60	2,30	2,15	5,88	2,30	2,15	5,87	2,30	2,15	5,86	2,30	2,15	5,88	2,29	2,14	5,83
118	2,47	2,29	6,69	2,33	2,16	5,96	2,33	2,16	5,95	2,33	2,16	5,94	2,33	2,16	5,96	2,32	2,15	5,90
119	2,51	2,30	6,79	2,36	2,16	6,04	2,36	2,16	6,03	2,36	2,16	6,01	2,36	2,16	6,04	2,35	2,15	5,98
120	2,54	2,31	6,88	2,39	2,17	6,12	2,39	2,17	6,11	2,39	2,17	6,09	2,39	2,17	6,12	2,38	2,16	6,06

Energi 21 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
121	2,57	2,31	6,98	2,42	2,18	6,20	2,42	2,18	6,19	2,42	2,18	6,18	2,42	2,18	6,20	2,41	2,17	6,14
122	2,60	2,32	7,07	2,45	2,18	6,29	2,45	2,18	6,27	2,45	2,18	6,26	2,45	2,18	6,28	2,44	2,17	6,22
123	2,63	2,33	7,17	2,48	2,19	6,37	2,48	2,19	6,36	2,48	2,19	6,34	2,48	2,19	6,36	2,47	2,18	6,30
124	2,66	2,33	7,27	2,51	2,20	6,45	2,51	2,20	6,44	2,51	2,20	6,43	2,51	2,20	6,45	2,50	2,18	6,39
125	2,70	2,34	7,38	2,54	2,20	6,54	2,54	2,20	6,53	2,54	2,20	6,51	2,54	2,20	6,54	2,53	2,19	6,47
126	2,73	2,35	7,48	2,57	2,21	6,63	2,57	2,21	6,62	2,57	2,21	6,60	2,57	2,21	6,62	2,56	2,20	6,56
127	2,76	2,35	7,58	2,60	2,22	6,72	2,60	2,22	6,70	2,60	2,22	6,69	2,60	2,22	6,71	2,59	2,20	6,65
128	2,79	2,36	7,69	2,63	2,22	6,81	2,63	2,22	6,79	2,63	2,22	6,78	2,63	2,22	6,80	2,62	2,21	6,74
129	2,83	2,37	7,80	2,66	2,23	6,90	2,66	2,23	6,89	2,66	2,23	6,87	2,66	2,23	6,89	2,65	2,22	6,83
130	2,86	2,37	7,91	2,69	2,23	6,99	2,69	2,23	6,98	2,69	2,23	6,96	2,69	2,23	6,99	2,68	2,22	6,92
131	2,89	2,38	8,02	2,72	2,24	7,09	2,72	2,24	7,07	2,72	2,24	7,05	2,72	2,24	7,08	2,71	2,23	7,01
132	2,93	2,39	8,13	2,76	2,25	7,18	2,75	2,25	7,17	2,75	2,25	7,15	2,75	2,25	7,17	2,74	2,23	7,10
133	2,96	2,39	8,25	2,79	2,25	7,28	2,78	2,25	7,26	2,78	2,25	7,24	2,79	2,25	7,27	2,77	2,24	7,20
134	2,99	2,40	8,36	2,82	2,26	7,38	2,82	2,26	7,36	2,82	2,26	7,34	2,82	2,26	7,37	2,80	2,25	7,30
135	3,03	2,41	8,48	2,85	2,26	7,47	2,85	2,26	7,46	2,85	2,26	7,44	2,85	2,26	7,47	2,83	2,25	7,39
136	3,06	2,41	8,60	2,88	2,27	7,58	2,88	2,27	7,56	2,88	2,27	7,54	2,88	2,27	7,57	2,87	2,26	7,49
137	3,09	2,42	8,72	2,91	2,28	7,68	2,91	2,28	7,66	2,91	2,28	7,64	2,91	2,28	7,67	2,90	2,27	7,59
138	3,13	2,43	8,84	2,95	2,28	7,78	2,94	2,28	7,76	2,94	2,28	7,74	2,94	2,28	7,77	2,93	2,27	7,69
139	3,16	2,43	8,97	2,98	2,29	7,89	2,97	2,29	7,87	2,97	2,29	7,85	2,98	2,29	7,88	2,96	2,28	7,80
140	3,20	2,44	9,09	3,01	2,30	7,99	3,01	2,30	7,98	3,01	2,30	7,95	3,01	2,30	7,98	2,99	2,28	7,90
141	3,23	2,44	9,22	3,04	2,30	8,10	3,04	2,30	8,08	3,04	2,30	8,06	3,04	2,30	8,09	3,03	2,29	8,01
142	3,27	2,45	9,35	3,07	2,31	8,21	3,07	2,31	8,19	3,07	2,31	8,17	3,07	2,31	8,20	3,06	2,30	8,12
143	3,30	2,46	9,48	3,11	2,31	8,32	3,10	2,31	8,30	3,10	2,31	8,28	3,11	2,31	8,31	3,09	2,30	8,22
144	3,33	2,46	9,61	3,14	2,32	8,43	3,14	2,32	8,41	3,14	2,32	8,39	3,14	2,32	8,42	3,12	2,31	8,33
145	3,37	2,47	9,75	3,17	2,33	8,54	3,17	2,33	8,53	3,17	2,33	8,50	3,17	2,33	8,54	3,16	2,31	8,45

Energi 21 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}	σ_{MCS}	σ_{ud}	σ_{med}
146	3,40	2,48	9,88	3,21	2,33	8,66	3,20	2,33	8,64	3,20	2,33	8,61	3,20	2,33	8,65	3,19	2,32	8,56
147	3,44	2,48	10,02	3,24	2,34	8,77	3,24	2,34	8,76	3,24	2,34	8,73	3,24	2,34	8,77	3,22	2,32	8,67
148	3,47	2,49	10,16	3,27	2,34	8,89	3,27	2,34	8,87	3,27	2,34	8,85	3,27	2,34	8,88	3,25	2,33	8,79
149	3,51	2,50	10,30	3,30	2,35	9,01	3,30	2,35	8,99	3,30	2,35	8,96	3,30	2,35	9,00	3,29	2,34	8,91
150	3,55	2,50	10,45	3,34	2,35	9,13	3,33	2,35	9,11	3,33	2,35	9,08	3,34	2,35	9,12	3,32	2,34	9,03
151	3,58	2,51	10,59	3,37	2,36	9,25	3,37	2,36	9,23	3,37	2,36	9,21	3,37	2,36	9,25	3,35	2,35	9,15
152	3,62	2,51	10,74	3,40	2,37	9,38	3,40	2,37	9,36	3,40	2,37	9,33	3,40	2,37	9,37	3,39	2,35	9,27
153	3,65	2,52	10,89	3,44	2,37	9,50	3,44	2,37	9,48	3,44	2,37	9,45	3,44	2,37	9,49	3,42	2,36	9,39
154	3,69	2,53	11,04	3,47	2,38	9,63	3,47	2,38	9,61	3,47	2,38	9,58	3,47	2,38	9,62	3,45	2,37	9,52
155	3,72	2,53	11,19	3,51	2,38	9,76	3,50	2,38	9,74	3,50	2,38	9,71	3,50	2,38	9,75	3,49	2,37	9,64
156	3,76	2,54	11,35	3,54	2,39	9,89	3,54	2,39	9,87	3,54	2,39	9,84	3,54	2,39	9,88	3,52	2,38	9,77
157	3,80	2,54	11,50	3,57	2,40	10,02	3,57	2,40	10,00	3,57	2,40	9,97	3,57	2,40	10,01	3,56	2,38	9,90
158	3,83	2,55	11,66	3,61	2,40	10,15	3,60	2,40	10,13	3,60	2,40	10,10	3,61	2,40	10,14	3,59	2,39	10,03
159	3,87	2,56	11,82	3,64	2,41	10,29	3,64	2,41	10,26	3,64	2,41	10,23	3,64	2,41	10,28	3,62	2,39	10,16
160	3,91	2,56	11,98	3,68	2,41	10,42	3,67	2,41	10,40	3,67	2,41	10,37	3,68	2,41	10,41	3,66	2,40	10,30



LAMPIRAN G

Tabel G.1. Hasil Perbandingan *PDD* Energi 6 MeV untuk Variasi Lapangan

Energi 6 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
0	75,1	94,98	26,47	74,9	92,66	23,71	76	91,08	19,84	76,9	88,88	15,58	78,4	86,55	10,39	77,7	86,38	11,17
0,2	74,8	94,23	25,98	74,5	91,84	23,28	75,4	90,08	19,47	76,9	88,66	15,29	78,5	86,50	10,19	77,8	86,33	10,96
0,7	74,7	93,20	24,77	74,6	91,16	22,19	76	90,11	18,57	76,8	88,00	14,59	78,4	86,00	9,70	77,9	86,04	10,45
1,2	75,2	92,93	23,58	75	90,84	21,13	76,3	89,79	17,68	77,3	88,04	13,90	79	86,27	9,21	78,4	86,20	9,95
1,7	75,6	92,54	22,40	76,2	91,50	20,07	76,8	89,70	16,80	78,2	88,53	13,21	80,1	87,09	8,73	79,9	87,45	9,46
2,2	77	93,36	21,24	77,5	92,25	19,04	78,6	91,12	15,93	79,5	89,47	12,54	81,2	87,90	8,25	80,9	88,16	8,97
2,7	78,6	94,40	20,10	78,6	92,76	18,02	79,6	91,60	15,08	80,5	90,07	11,88	82,2	88,60	7,79	81,9	88,85	8,49
3,2	79	93,99	18,98	79,9	93,49	17,01	81,1	92,65	14,24	81,8	90,99	11,23	83,1	89,19	7,33	82,7	89,33	8,02
3,7	80,5	94,88	17,87	81,2	94,21	16,02	81,5	92,43	13,41	82,5	91,24	10,59	83,9	89,68	6,88	83,6	89,92	7,56
4,2	81,1	94,70	16,78	81,9	94,22	15,04	82,6	93,00	12,59	83,3	91,60	9,96	84,8	90,26	6,44	84,3	90,29	7,11
4,7	82,6	95,57	15,70	82,9	94,57	14,08	83,1	92,90	11,79	84,2	92,06	9,34	85,7	90,85	6,01	85,3	90,98	6,66
5,2	83,2	95,38	14,64	83,6	94,57	13,13	84,2	93,46	11,00	85,4	92,85	8,73	86,5	91,33	5,58	85,7	91,03	6,22
5,7	84,4	95,87	13,59	84,7	95,02	12,19	85,2	93,90	10,21	86,1	93,10	8,12	87,4	91,91	5,16	86,7	91,72	5,79
6,2	85,4	96,12	12,56	85,8	95,47	11,27	86,3	94,45	9,44	87	93,55	7,53	88	92,18	4,75	87,5	92,19	5,36
6,7	86,4	96,37	11,54	87,2	96,23	10,35	87,4	94,99	8,68	87,8	93,90	6,94	88,9	92,76	4,34	88,7	93,08	4,94
7,2	87,6	96,83	10,54	87,9	96,21	9,46	88,3	95,30	7,93	89,1	94,77	6,36	90,1	93,64	3,93	89,5	93,55	4,52
7,7	88,9	97,39	9,55	89,2	96,84	8,57	89,2	95,61	7,19	90,2	95,42	5,79	90,8	94,01	3,54	90,5	94,22	4,11
8,2	90,1	97,82	8,57	90,2	97,14	7,69	90,6	96,45	6,46	91,2	95,97	5,23	91,8	94,69	3,14	91,8	95,20	3,71
8,7	91	97,92	7,61	91,2	97,43	6,83	91,7	96,96	5,74	91,8	96,09	4,67	93	95,56	2,75	92,5	95,56	3,31
9,2	92,1	98,23	6,66	92,3	97,82	5,98	93,1	97,78	5,02	93	96,83	4,12	93,9	96,13	2,37	93,2	95,91	2,91

Energi 6 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
9,7	93	98,32	5,72	93,3	98,09	5,14	94,1	98,16	4,32	94	97,36	3,57	95	96,89	1,99	94,7	97,09	2,52
10,2	93,9	98,40	4,79	95,1	99,19	4,31	94,9	98,34	3,62	95,5	98,39	3,03	95,9	97,45	1,61	95,8	97,84	2,13
10,7	94,9	98,58	3,88	96,1	99,45	3,49	96,1	98,92	2,93	96,3	98,70	2,50	96,9	98,10	1,24	96,5	98,18	1,74
11,2	96,7	99,58	2,98	97,2	99,80	2,67	97	99,18	2,25	97,5	99,42	1,97	97,6	98,45	0,87	97,4	98,73	1,36
11,7	97,7	99,74	2,09	98	99,84	1,87	97,9	99,44	1,58	98	99,41	1,44	98,5	98,99	0,50	98,3	99,27	0,98
12,2	98,8	100,00	1,21	98,8	99,87	1,08	99,1	100,00	0,91	98,9	99,81	0,92	99,4	99,53	0,13	99,4	100,00	0,60
12,7	99,2	99,55	0,35	99,7	100,00	0,30	99,2	99,45	0,25	99,6	100,00	0,40	99,9	99,67	0,23	99,7	99,93	0,23
13,2	99,9	99,39	0,51	100	99,53	0,47	100,1	99,69	0,41	99,5	99,39	0,11	100,6	100,00	0,60	99,6	99,45	0,15
13,7	100,5	99,14	1,35	100,2	98,96	1,24	99,8	98,75	1,06	100	99,38	0,62	100,8	99,83	0,96	99,7	99,18	0,52
14,2	100,2	98,01	2,18	99,9	97,91	1,99	100	98,30	1,70	100,1	98,97	1,13	100,6	99,27	1,32	99,8	98,91	0,90
14,7	100,4	97,38	3,01	99,5	96,77	2,74	99,3	96,98	2,34	100,3	98,66	1,64	100,2	98,51	1,68	99,5	98,24	1,27
15,2	99,5	95,70	3,82	99,2	95,75	3,48	98,7	95,77	2,97	99,2	97,08	2,14	99,7	97,66	2,05	98,6	96,98	1,65
15,7	98,9	94,33	4,62	98,2	94,07	4,21	98,2	94,67	3,60	97,9	95,31	2,64	98,7	96,32	2,41	97,7	95,73	2,02
16	99,3	94,24	5,10	98,3	93,73	4,65	97,6	93,72	3,97	97,7	94,82	2,94	98,2	95,62	2,63	97,2	95,02	2,25
17	96,7	90,26	6,66	95,8	89,98	6,08	94,8	89,86	5,21	94,8	91,06	3,94	95,9	92,68	3,36	94,1	91,28	3,00
18	92,8	85,20	8,19	91,9	85,02	7,48	90,4	84,58	6,43	91	86,51	4,94	91,6	87,84	4,10	89,7	86,32	3,77
19	88	79,48	9,68	86,6	78,93	8,86	84,9	78,41	7,64	84,5	79,48	5,94	85,8	81,63	4,86	84	80,18	4,54
20	81,4	72,33	11,14	79,5	71,38	10,21	77,8	70,92	8,84	77,7	72,31	6,94	79,1	74,65	5,62	76,7	72,61	5,33
21	73,9	64,61	12,56	72,1	63,78	11,54	70	62,98	10,03	70,4	64,81	7,95	71,7	67,11	6,41	69	64,76	6,14
22	65,8	56,62	13,96	63,2	55,08	12,85	61,1	54,25	11,22	61,9	56,35	8,96	62,8	58,27	7,21	60,1	55,91	6,97
23	56,9	48,18	15,32	55	47,22	14,14	52,5	45,99	12,39	52,5	47,26	9,98	54,3	49,94	8,03	51,2	47,20	7,82
24	48,2	40,17	16,65	45,9	38,83	15,41	43,7	37,77	13,56	43,9	39,06	11,02	45,3	41,28	8,88	42,5	38,81	8,69
25	38,6	31,67	17,95	36,8	30,67	16,66	34,1	29,08	14,73	34,6	30,43	12,06	35,5	32,04	9,76	32,7	29,57	9,59
26	29,5	23,83	19,23	27,5	22,58	17,89	25,2	21,20	15,89	25,9	22,50	13,12	26,7	23,85	10,66	23,8	21,30	10,51

Energi 6 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
27	21	16,70	20,48	19,4	15,69	19,11	17,4	14,43	17,05	17,9	15,36	14,19	18,8	16,62	11,59	16,4	14,52	11,46
28	14,3	11,20	21,70	13	10,36	20,31	11,5	9,41	18,21	11,6	9,83	15,28	12,6	11,02	12,54	10,8	9,46	12,44
29	9,1	7,02	22,90	8,3	6,52	21,49	7,1	5,73	19,36	7,3	6,10	16,37	8,1	7,00	13,53	6,6	5,71	13,45
30	5,5	4,18	24,07	4,9	3,79	22,66	4,2	3,34	20,52	4,4	3,63	17,49	4,8	4,10	14,54	3,8	3,25	14,49
31	3,1	2,32	25,22	2,7	2,06	23,81	2,4	1,88	21,67	2,4	1,95	18,61	2,7	2,28	15,59	2,1	1,77	15,56
32	1,7	1,25	26,34	1,5	1,13	24,94	1,3	1,00	22,81	1,4	1,12	19,75	1,5	1,25	16,66	1,2	1,00	16,65
33	0,9	0,65	27,44	0,9	0,67	26,06	0,9	0,68	23,95	0,9	0,71	20,90	0,9	0,74	17,76	0,8	0,66	17,78
34	0,6	0,43	28,53	0,6	0,44	27,17	0,7	0,52	25,09	0,7	0,55	22,05	0,7	0,57	18,89	0,6	0,49	18,92
35	0,6	0,42	29,58	0,6	0,43	28,26	0,6	0,44	26,22	0,6	0,46	23,22	0,6	0,48	20,04	0,6	0,48	20,09
36	0,5	0,35	30,62	0,5	0,35	29,34	0,6	0,44	27,35	0,6	0,45	24,39	0,6	0,47	21,21	0,5	0,39	21,28
37	0,5	0,34	31,64	0,5	0,35	30,39	0,5	0,36	28,46	0,6	0,45	25,56	0,6	0,47	22,40	0,5	0,39	22,48
38	0,4	0,27	32,64	0,5	0,34	31,44	0,5	0,35	29,57	0,5	0,37	26,74	0,6	0,46	23,60	0,5	0,38	23,70
39	0,4	0,27	33,62	0,5	0,34	32,47	0,5	0,35	30,67	0,5	0,36	27,91	0,5	0,38	24,83	0,5	0,38	24,94
40	0,4	0,26	34,57	0,5	0,33	33,48	0,5	0,34	31,76	0,5	0,35	29,09	0,5	0,37	26,06	0,5	0,37	26,18
41	0,4	0,26	35,51	0,5	0,33	34,47	0,5	0,34	32,84	0,5	0,35	30,26	0,5	0,36	27,30	0,5	0,36	27,43
42	0,4	0,25	36,43	0,5	0,32	35,45	0,5	0,33	33,90	0,5	0,34	31,42	0,5	0,36	28,54	0,5	0,36	28,68
43	0,4	0,25	37,34	0,5	0,32	36,42	0,5	0,33	34,95	0,5	0,34	32,58	0,5	0,35	29,79	0,5	0,35	29,94
44	0,4	0,25	38,22	0,5	0,31	37,36	0,4	0,26	35,99	0,5	0,33	33,73	0,5	0,34	31,03	0,5	0,34	31,19
45	0,4	0,24	39,09	0,4	0,25	38,29	0,4	0,25	37,01	0,5	0,33	34,86	0,5	0,34	32,27	0,5	0,34	32,43
46	0,4	0,24	39,94	0,4	0,24	39,20	0,5	0,31	38,01	0,5	0,32	35,98	0,5	0,33	33,51	0,5	0,33	33,66
47	0,4	0,24	40,77	0,4	0,24	40,10	0,5	0,30	39,00	0,5	0,31	37,09	0,5	0,33	34,73	0,5	0,33	34,89
48	0,4	0,23	41,59	0,4	0,24	40,97	0,4	0,24	39,97	0,4	0,25	38,18	0,5	0,32	35,94	0,5	0,32	36,10
49	0,4	0,23	42,39	0,4	0,23	41,84	0,4	0,24	40,92	0,4	0,24	39,25	0,5	0,31	37,14	0,5	0,31	37,29
50	0,4	0,23	43,17	0,4	0,23	42,68	0,4	0,23	41,86	0,4	0,24	40,30	0,5	0,31	38,32	0,5	0,31	38,47

Energi 6 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
51	0,3	0,17	43,94	0,4	0,23	43,51	0,4	0,23	42,77	0,4	0,23	41,33	0,4	0,24	39,48	0,5	0,30	39,63
52	0,3	0,17	44,69	0,4	0,22	44,32	0,4	0,23	43,67	0,4	0,23	42,35	0,5	0,30	40,62	0,5	0,30	40,76
53	0,3	0,16	45,43	0,4	0,22	45,11	0,4	0,22	44,55	0,4	0,23	43,34	0,4	0,23	41,74	0,5	0,29	41,88
54	0,3	0,16	46,16	0,4	0,22	45,89	0,4	0,22	45,41	0,4	0,22	44,31	0,4	0,23	42,84	0,5	0,29	42,97
55	0,3	0,16	46,87	0,4	0,21	46,65	0,4	0,22	46,25	0,4	0,22	45,26	0,4	0,22	43,92	0,4	0,22	44,04
56	0,3	0,16	47,56	0,3	0,16	47,40	0,4	0,21	47,07	0,4	0,22	46,19	0,4	0,22	44,97	0,4	0,22	45,08
57	0,3	0,16	48,25	0,3	0,16	48,13	0,4	0,21	47,87	0,4	0,21	47,09	0,4	0,22	45,99	0,4	0,22	46,09
58	0,3	0,15	48,91	0,3	0,15	48,84	0,4	0,21	48,66	0,4	0,21	47,97	0,4	0,21	46,99	0,4	0,21	47,09
59	0,3	0,15	49,57	0,3	0,15	49,54	0,4	0,20	49,42	0,4	0,20	48,83	0,4	0,21	47,97	0,4	0,21	48,05
60	0,3	0,15	50,21	0,3	0,15	50,23	0,4	0,20	50,17	0,4	0,20	49,67	0,4	0,20	48,92	0,4	0,20	48,99
61	0,3	0,15	50,84	0,3	0,15	50,90	0,4	0,20	50,90	0,4	0,20	50,49	0,4	0,20	49,84	0,4	0,20	49,91
62	0,3	0,15	51,46	0,3	0,15	51,56	0,4	0,19	51,62	0,4	0,19	51,29	0,4	0,20	50,74	0,4	0,20	50,79
63	0,3	0,14	52,07	0,3	0,14	52,20	0,4	0,19	52,31	0,4	0,19	52,06	0,4	0,19	51,61	0,4	0,19	51,66
64	0,3	0,14	52,67	0,3	0,14	52,83	0,4	0,19	52,99	0,4	0,19	52,82	0,4	0,19	52,46	0,4	0,19	52,50
65	0,3	0,14	53,25	0,3	0,14	53,44	0,4	0,19	53,66	0,4	0,19	53,55	0,4	0,19	53,29	0,4	0,19	53,31
66	0,3	0,14	53,82	0,3	0,14	54,05	0,4	0,18	54,31	0,4	0,18	54,27	0,4	0,18	54,09	0,4	0,18	54,11
67	0,3	0,14	54,39	0,3	0,14	54,64	0,4	0,18	54,94	0,4	0,18	54,97	0,4	0,18	54,87	0,4	0,18	54,87
68	0,3	0,14	54,94	0,3	0,13	55,22	0,3	0,13	55,56	0,3	0,13	55,64	0,4	0,18	55,62	0,4	0,18	55,62
69	0,2	0,09	55,48	0,3	0,13	55,78	0,4	0,18	56,16	0,3	0,13	56,30	0,4	0,17	56,36	0,4	0,17	56,35
70	0,2	0,09	56,01	0,3	0,13	56,34	0,3	0,13	56,75	0,3	0,13	56,95	0,4	0,17	57,07	0,4	0,17	57,05
71	0,2	0,09	56,53	0,3	0,13	56,88	0,4	0,17	57,33	0,4	0,17	57,57	0,4	0,17	57,76	0,3	0,13	57,73
72	0,3	0,13	57,05	0,3	0,13	57,41	0,3	0,13	57,89	0,4	0,17	58,18	0,4	0,17	58,43	0,3	0,12	58,40
73	0,2	0,08	57,55	0,3	0,13	57,94	0,3	0,12	58,45	0,3	0,12	58,78	0,4	0,16	59,08	0,4	0,16	59,04
74	0,2	0,08	58,04	0,3	0,12	58,45	0,3	0,12	58,98	0,3	0,12	59,36	0,4	0,16	59,71	0,4	0,16	59,67

Energi 6 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
75	0,2	0,08	58,53	0,3	0,12	58,95	0,3	0,12	59,51	0,4	0,16	59,92	0,3	0,12	60,33	0,3	0,12	60,27
76	0,2	0,08	59,01	0,3	0,12	59,44	0,3	0,12	60,02	0,3	0,12	60,47	0,3	0,12	60,93	0,3	0,12	60,87
77	0,2	0,08	59,47	0,3	0,12	59,92	0,3	0,12	60,53	0,3	0,12	61,01	0,3	0,12	61,51	0,3	0,12	61,44
78	0,2	0,08	59,93	0,3	0,12	60,40	0,3	0,12	61,02	0,4	0,15	61,53	0,3	0,11	62,07	0,3	0,11	62,00
79	0,2	0,08	60,39	0,3	0,12	60,86	0,3	0,12	61,50	0,3	0,11	62,04	0,3	0,11	62,62	0,3	0,11	62,54
80	0,2	0,08	60,83	0,2	0,08	61,31	0,3	0,11	61,97	0,3	0,11	62,54	0,3	0,11	63,15	0,3	0,11	63,07
81	0,2	0,08	61,27	0,3	0,11	61,76	0,3	0,11	62,43	0,3	0,11	63,02	0,3	0,11	63,67	0,4	0,15	63,58
82	0,2	0,08	61,70	0,2	0,08	62,20	0,3	0,11	62,89	0,3	0,11	63,50	0,3	0,11	64,18	0,3	0,11	64,08
83	0,2	0,08	62,12	0,3	0,11	62,63	0,3	0,11	63,33	0,3	0,11	63,96	0,3	0,11	64,67	0,3	0,11	64,57
84	0,2	0,07	62,54	0,2	0,07	63,05	0,3	0,11	63,76	0,3	0,11	64,41	0,3	0,10	65,15	0,3	0,10	65,05
85	0,2	0,07	62,94	0,2	0,07	63,47	0,3	0,11	64,19	0,3	0,11	64,86	0,3	0,10	65,61	0,3	0,10	65,51

Tabel G.2. Hasil Perbandingan PDD Energi 9 MeV untuk Variasi Lapangan

Energi 9 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
0	81	100,00	23,46	79,9	99,60	24,65	80,9	96,83	19,69	81,8	90,51	10,65	82,6	86,69	4,95	82,4	86,46	4,93
0,2	81,1	99,75	22,99	80,2	99,66	24,27	80,9	96,62	19,43	81,7	90,28	10,50	82,8	86,84	4,87	82,3	86,29	4,85
0,7	80,8	98,46	21,85	80,1	98,78	23,32	80,7	95,85	18,78	81,7	89,98	10,14	82,8	86,69	4,70	82,7	86,56	4,67
1,2	81,1	97,91	20,73	80,1	98,02	22,38	81,4	96,16	18,13	82,4	90,46	9,78	83,3	87,07	4,52	83,1	86,84	4,50
1,7	81,5	97,49	19,62	81,4	98,86	21,45	82,1	96,47	17,50	83,3	91,15	9,43	84,3	87,97	4,35	84	87,64	4,33
2,2	82,7	98,02	18,52	82,1	98,97	20,54	83,1	97,13	16,88	84,5	92,18	9,08	84,9	88,45	4,19	84,9	88,43	4,16
2,7	83,6	98,19	17,45	83,3	99,67	19,65	83,7	97,32	16,27	84,8	92,22	8,75	85,5	88,94	4,03	85,6	89,02	4,00
3,2	84,5	98,35	16,39	84,2	100,00	18,76	84,5	97,74	15,67	85,5	92,70	8,42	86	89,33	3,87	85,8	89,10	3,84
3,7	85,4	98,50	15,34	84,4	99,50	17,89	84,9	97,70	15,08	85,7	92,64	8,09	86,4	89,61	3,72	86,6	89,79	3,69
4,2	85,6	97,85	14,31	85,2	99,72	17,04	85,5	97,89	14,49	86,4	93,12	7,78	86,7	89,79	3,57	86,9	89,97	3,54
4,7	86	97,43	13,29	85,4	99,23	16,19	86,2	98,20	13,92	86,7	93,17	7,46	87,2	90,18	3,42	87,2	90,16	3,39
5,2	86,8	97,47	12,29	86,2	99,44	15,36	86,5	98,05	13,36	87,1	93,33	7,16	87,8	90,68	3,28	87,7	90,55	3,25
5,7	87,2	97,06	11,30	86,9	99,53	14,54	87	98,14	12,80	87,4	93,39	6,86	88,1	90,87	3,14	87,9	90,63	3,11
6,2	87,6	96,65	10,33	87,1	99,06	13,73	87,5	98,22	12,25	87,9	93,67	6,56	88,5	91,16	3,00	88,4	91,03	2,97
6,7	88,3	96,57	9,37	87,3	98,59	12,93	87,9	98,20	11,72	88,2	93,73	6,27	88,9	91,45	2,87	88,8	91,32	2,84
7,2	88,6	96,06	8,42	88	98,69	12,14	88,4	98,29	11,18	89,1	94,44	5,99	89,3	91,75	2,74	89,4	91,82	2,71
7,7	89,1	95,77	7,49	88,6	98,67	11,37	89	98,49	10,66	89,2	94,29	5,71	89,7	92,04	2,61	89,3	91,60	2,58
8,2	89,6	95,48	6,57	89	98,44	10,60	89,3	98,36	10,14	89,8	94,68	5,43	89,9	92,14	2,49	90	92,21	2,46
8,7	89,9	94,99	5,66	89,4	98,20	9,85	89,8	98,45	9,64	90,4	95,07	5,16	90,4	92,54	2,37	90	92,10	2,33
9,2	90,2	94,49	4,76	89,9	98,08	9,10	90,1	98,33	9,13	90,4	94,82	4,89	90,8	92,84	2,25	91,2	93,22	2,21
9,7	90,5	94,01	3,88	90,5	98,07	8,37	90,7	98,53	8,64	91,1	95,32	4,63	91,2	93,14	2,13	91,1	93,01	2,09
10,2	91,4	94,15	3,00	91	97,95	7,64	90,9	98,31	8,15	91,2	95,19	4,37	91,8	93,65	2,01	91,7	93,51	1,98

Energi 9 MeV

z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
10,7	92	93,97	2,14	91,2	97,51	6,92	91,9	98,94	7,67	91,8	95,58	4,12	92,3	94,05	1,90	91,9	93,61	1,86
11,2	92,2	93,39	1,29	92,2	97,93	6,21	92,1	98,72	7,19	92,2	95,76	3,86	92,6	94,26	1,79	92,5	94,12	1,75
11,7	92,8	93,22	0,46	92,4	97,50	5,52	92,8	99,03	6,72	92,4	95,74	3,61	93,1	94,66	1,68	93,1	94,62	1,64
12,2	93,2	92,85	0,37	93,2	97,70	4,82	93,2	99,03	6,25	93,4	96,55	3,37	93,7	95,17	1,57	93,4	94,83	1,53
12,7	93,6	92,49	1,19	93,7	97,58	4,14	93,7	99,12	5,79	94	96,94	3,12	94,2	95,57	1,46	93,8	95,13	1,42
13,2	94,4	92,52	2,00	94,4	97,67	3,47	94,1	99,12	5,33	94	96,71	2,88	94,8	96,08	1,35	94,5	95,74	1,31
13,7	94,6	91,96	2,79	94,6	97,25	2,80	94,9	99,53	4,88	94,7	97,20	2,64	94,9	96,08	1,24	94,6	95,74	1,20
14,2	95,5	92,08	3,58	95,2	97,24	2,14	95	99,21	4,43	95,4	97,69	2,40	95,5	96,59	1,14	95,3	96,34	1,09
14,7	95,7	91,53	4,36	96,1	97,53	1,49	95,6	99,41	3,99	95,5	97,57	2,17	96,1	97,09	1,03	95,8	96,75	0,99
15,2	96	91,08	5,12	96,4	97,21	0,84	96,1	99,51	3,55	96	97,85	1,93	96,3	97,19	0,92	96,4	97,25	0,88
15,7	96,4	90,73	5,88	97,1	97,30	0,20	96,7	99,71	3,11	96,7	98,34	1,70	97,1	97,89	0,82	96,1	96,84	0,77
16,2	97,1	90,66	6,63	97,2	96,78	0,43	97,2	99,80	2,68	96,8	98,22	1,46	97,5	98,19	0,71	97,1	97,75	0,67
16,7	97,5	90,32	7,37	98,2	97,16	1,05	97,8	100,00	2,25	97,6	98,80	1,23	98	98,59	0,61	97,9	98,45	0,56
17,2	98	90,06	8,10	98,2	96,56	1,67	98	99,79	1,82	97,6	98,57	1,00	98,2	98,69	0,50	98,2	98,64	0,45
17,7	97,9	89,27	8,82	98,5	96,25	2,29	98,2	99,57	1,40	98,3	99,05	0,77	98,7	99,09	0,39	98,5	98,84	0,34
18,2	98,5	89,11	9,53	99,3	96,42	2,90	98,8	99,76	0,97	98,7	99,23	0,53	99,1	99,38	0,28	98,5	98,73	0,24
18,7	99,3	89,13	10,24	99,1	95,63	3,50	98,8	99,34	0,55	99,7	100,00	0,30	99,3	99,47	0,17	99,2	99,32	0,12
19,2	99,6	88,71	10,94	99,8	95,71	4,10	99,4	99,53	0,13	99,5	99,57	0,07	99,6	99,66	0,06	99,3	99,31	0,01
19,7	99,8	88,20	11,62	100,1	95,41	4,69	99,4	99,12	0,29	99,4	99,23	0,17	99,8	99,75	0,05	100,1	100,00	0,10
20,2	100	87,69	12,31	100,2	94,91	5,28	99,9	99,20	0,70	99,8	99,40	0,40	100	99,84	0,16	99,7	99,49	0,21
20,7	100	87,02	12,98	100,2	94,33	5,86	99,5	98,39	1,12	100	99,36	0,64	100,1	99,82	0,28	100	99,67	0,33
21,2	100	86,36	13,64	100,3	93,84	6,44	99,7	98,17	1,54	99,8	98,92	0,88	100,4	100,00	0,40	99,9	99,45	0,45
21,7	99,9	85,61	14,30	100	92,98	7,02	99,5	97,56	1,95	100,3	99,18	1,12	100,2	99,68	0,52	99,7	99,13	0,57
22,2	99,9	84,96	14,95	100,1	92,51	7,59	99,6	97,24	2,37	99,8	98,44	1,36	99,8	99,16	0,64	99,4	98,71	0,69

Energi 9 MeV

z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
22,7	99,5	83,98	15,60	99,4	91,30	8,15	99,2	96,44	2,78	99,5	97,90	1,60	99,6	98,84	0,77	99,1	98,29	0,82
23,2	99,2	83,09	16,24	99,4	90,74	8,72	98,8	95,64	3,20	99,3	97,46	1,85	99,1	98,21	0,89	98,6	97,67	0,95
23,7	98,8	82,14	16,87	98,5	89,36	9,28	98,4	94,84	3,61	98,9	96,82	2,10	98,9	97,89	1,02	98,3	97,24	1,08
24,2	98,3	81,11	17,49	98,2	88,54	9,83	98	94,05	4,03	97,9	95,59	2,35	98,1	96,96	1,16	97,3	96,12	1,21
24,7	97,7	80,01	18,11	97,3	87,19	10,39	96,9	92,59	4,45	97	94,47	2,61	97,3	96,04	1,30	97,2	95,89	1,35
25,2	97,2	79,00	18,72	96,4	85,86	10,94	96,1	91,42	4,87	96,7	93,92	2,87	96,5	95,11	1,44	96	94,57	1,49
25,7	96	77,45	19,33	95,5	84,53	11,49	95	89,98	5,29	95,9	92,89	3,13	95,4	93,89	1,58	95,3	93,74	1,64
26	95,7	76,86	19,69	95,2	83,95	11,81	94,6	89,36	5,54	94,8	91,68	3,29	95	93,41	1,67	94,8	93,16	1,73
27	92,8	73,43	20,87	92,5	80,57	12,90	92	86,12	6,39	92,5	88,95	3,84	92,4	90,58	1,97	92,1	90,23	2,03
28	90,5	70,56	22,03	89,2	76,74	13,97	88,8	82,37	7,24	89,7	85,75	4,40	89	86,95	2,30	88,7	86,61	2,36
29	87,1	66,92	23,17	85,6	72,73	15,04	85,7	78,75	8,10	85,9	81,62	4,98	85,4	83,14	2,64	85,2	82,89	2,71
30	83,1	62,92	24,29	81,7	68,55	16,10	81,1	73,82	8,98	82,2	77,61	5,58	81,2	78,76	3,01	80,7	78,22	3,07
31	78,6	58,65	25,38	76,7	63,55	17,15	76,6	69,05	9,86	77,2	72,41	6,20	76,4	73,81	3,39	76,1	73,47	3,46
32	73,2	53,83	26,46	71,7	58,65	18,20	71,3	63,63	10,76	72,1	67,16	6,85	71	68,30	3,80	70,4	67,67	3,87
33	67,9	49,22	27,52	66,2	53,47	19,24	65,7	58,03	11,67	66,4	61,41	7,52	65,4	62,63	4,24	65,2	62,39	4,31
34	63,2	45,15	28,56	60,6	48,32	20,27	60,6	52,97	12,59	61,1	56,08	8,22	59,8	56,99	4,71	59,3	56,46	4,78
35	56,7	39,93	29,58	54,5	42,89	21,30	54,2	46,87	13,52	54,8	49,90	8,94	53,2	50,43	5,20	53,2	50,39	5,28
36	50,1	34,78	30,58	47,8	37,13	22,33	47,9	40,97	14,47	48,4	43,71	9,69	47	44,31	5,72	46,4	43,71	5,80
37	43,2	29,56	31,56	40,8	31,27	23,35	40,8	34,50	15,44	41,3	36,98	10,47	39,8	37,30	6,28	39,6	37,08	6,36
38	36,5	24,63	32,53	34,1	25,79	24,36	34,2	28,59	16,41	34,1	30,26	11,27	32,9	30,64	6,87	32,6	30,33	6,95
39	29,8	19,82	33,48	27,7	20,67	25,37	27,5	22,72	17,40	28	24,61	12,10	26,6	24,61	7,49	26,3	24,31	7,58
40	23,9	15,67	34,42	22,1	16,27	26,38	22	17,95	18,40	22,2	19,32	12,97	21	19,29	8,15	20,7	19,00	8,24
41	18,6	12,03	35,34	16,9	12,27	27,38	16,7	13,46	19,41	17	14,64	13,86	16,1	14,68	8,84	15,7	14,30	8,93
42	13,9	8,86	36,24	12,6	9,02	28,37	12,3	9,79	20,44	12,6	10,74	14,77	11,9	10,76	9,57	11,5	10,39	9,66

Energi 9 MeV

z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
43	10,2	6,41	37,13	9	6,36	29,36	9,1	7,15	21,47	9,1	7,67	15,72	8,7	7,80	10,33	8,4	7,52	10,43
44	7,3	4,53	38,00	6,4	4,46	30,35	6,3	4,88	22,52	6,4	5,33	16,69	6	5,33	11,14	5,8	5,15	11,24
45	5,1	3,12	38,86	4,4	3,02	31,32	4,3	3,29	23,57	4,4	3,62	17,68	4,1	3,61	11,98	3,9	3,43	12,08
46	3,4	2,05	39,71	3	2,03	32,29	2,9	2,19	24,63	3	2,44	18,70	2,8	2,44	12,85	2,6	2,26	12,96
47	2,3	1,37	40,54	2,1	1,40	33,26	2	1,49	25,69	2,1	1,69	19,74	2	1,72	13,77	1,9	1,64	13,88
48	1,7	1,00	41,36	1,5	0,99	34,21	1,6	1,17	26,76	1,6	1,27	20,81	1,5	1,28	14,72	1,4	1,19	14,83
49	1,3	0,75	42,16	1,2	0,78	35,16	1,3	0,94	27,83	1,3	1,02	21,89	1,3	1,10	15,70	1,2	1,01	15,82
50	1,1	0,63	42,95	1,1	0,70	36,09	1,2	0,85	28,91	1,1	0,85	22,99	1,1	0,92	16,72	1,1	0,91	16,84
51	1	0,56	43,73	1	0,63	37,02	1,1	0,77	29,98	1,1	0,83	24,10	1	0,82	17,77	1,1	0,90	17,89
52	1	0,56	44,49	1	0,62	37,94	1,1	0,76	31,05	1,1	0,82	25,23	1	0,81	18,85	1	0,81	18,97
53	0,9	0,49	45,24	1	0,61	38,85	1	0,68	32,13	1,1	0,81	26,37	1	0,80	19,96	1,1	0,88	20,08
54	0,9	0,49	45,98	0,9	0,54	39,74	1	0,67	33,19	1	0,72	27,53	1	0,79	21,09	1	0,79	21,22
55	0,9	0,48	46,70	0,9	0,53	40,63	1	0,66	34,25	1	0,71	28,68	1	0,78	22,25	1	0,78	22,38
56	0,9	0,47	47,41	0,9	0,53	41,50	1	0,65	35,31	1	0,70	29,85	1	0,77	23,43	1	0,76	23,56
57	0,8	0,42	48,11	0,9	0,52	42,36	1	0,64	36,35	1	0,69	31,01	1	0,75	24,63	1	0,75	24,76
58	0,9	0,46	48,80	0,9	0,51	43,21	1	0,63	37,39	1	0,68	32,18	1	0,74	25,85	0,9	0,67	25,98
59	0,9	0,45	49,47	0,9	0,50	44,05	0,9	0,55	38,42	0,9	0,60	33,34	1	0,73	27,08	1	0,73	27,21
60	0,9	0,45	50,13	0,9	0,50	44,87	0,9	0,55	39,43	1	0,65	34,51	0,9	0,65	28,32	0,9	0,64	28,45
61	0,8	0,39	50,78	0,9	0,49	45,68	0,9	0,54	40,44	0,9	0,58	35,66	1	0,70	29,56	0,9	0,63	29,70
62	0,8	0,39	51,42	0,9	0,48	46,48	0,9	0,53	41,43	1	0,63	36,81	0,9	0,62	30,82	0,9	0,62	30,95
63	0,8	0,38	52,05	0,9	0,47	47,26	0,9	0,52	42,40	0,9	0,56	37,95	0,9	0,61	32,07	0,9	0,61	32,20
64	0,8	0,38	52,66	0,9	0,47	48,03	0,9	0,51	43,36	0,9	0,55	39,08	0,9	0,60	33,33	0,9	0,60	33,46
65	0,8	0,37	53,27	0,8	0,41	48,78	0,9	0,50	44,31	0,9	0,54	40,20	0,9	0,59	34,58	0,9	0,59	34,71
66	0,8	0,37	53,86	0,8	0,40	49,52	0,9	0,49	45,24	0,9	0,53	41,31	0,9	0,58	35,83	0,9	0,58	35,96

Energi 9 MeV

z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
67	0,8	0,36	54,44	0,8	0,40	50,25	0,9	0,48	46,15	0,9	0,52	42,39	0,9	0,57	37,07	0,9	0,57	37,20
68	0,7	0,31	55,02	0,8	0,39	50,97	0,9	0,48	47,05	0,9	0,51	43,47	0,9	0,56	38,30	0,9	0,55	38,43
69	0,7	0,31	55,58	0,8	0,39	51,67	0,8	0,42	47,93	0,9	0,50	44,52	0,9	0,54	39,52	0,9	0,54	39,64
70	0,7	0,31	56,13	0,8	0,38	52,35	0,9	0,46	48,79	0,9	0,49	45,56	0,9	0,53	40,72	0,9	0,53	40,85
71	0,7	0,30	56,67	0,8	0,38	53,03	0,8	0,40	49,64	0,9	0,48	46,58	0,9	0,52	41,91	0,9	0,52	42,03
72	0,7	0,30	57,20	0,8	0,37	53,69	0,9	0,45	50,47	0,9	0,47	47,58	0,9	0,51	43,08	0,9	0,51	43,20
73	0,7	0,30	57,72	0,8	0,37	54,33	0,8	0,39	51,28	0,9	0,46	48,56	0,8	0,45	44,24	0,8	0,45	44,35
74	0,7	0,29	58,24	0,8	0,36	54,96	0,8	0,38	52,07	0,9	0,45	49,52	0,8	0,44	45,37	0,8	0,44	45,48
75	0,7	0,29	58,74	0,8	0,36	55,58	0,8	0,38	52,84	0,8	0,40	50,46	0,8	0,43	46,48	0,9	0,48	46,59
76	0,7	0,29	59,23	0,7	0,31	56,19	0,7	0,32	53,60	0,9	0,44	51,38	0,8	0,42	47,57	0,8	0,42	47,68
77	0,7	0,28	59,72	0,7	0,30	56,79	0,8	0,37	54,34	0,8	0,38	52,28	0,8	0,41	48,64	0,8	0,41	48,75
78	0,7	0,28	60,19	0,7	0,30	57,37	0,8	0,36	55,06	0,8	0,37	53,15	0,8	0,40	49,69	0,8	0,40	49,79
79	0,7	0,28	60,66	0,7	0,29	57,94	0,8	0,35	55,77	0,8	0,37	54,01	0,8	0,39	50,71	0,8	0,39	50,81
80	0,6	0,23	61,12	0,7	0,29	58,50	0,7	0,30	56,46	0,8	0,36	54,84	0,8	0,39	51,71	0,8	0,39	51,80
81	0,6	0,23	61,57	0,7	0,29	59,04	0,7	0,30	57,13	0,8	0,35	55,65	0,8	0,38	52,68	0,8	0,38	52,77
82	0,6	0,23	62,02	0,7	0,28	59,58	0,8	0,34	57,79	0,8	0,35	56,45	0,8	0,37	53,63	0,8	0,37	53,72
83	0,6	0,23	62,45	0,7	0,28	60,10	0,8	0,33	58,43	0,7	0,30	57,22	0,8	0,36	54,55	0,8	0,36	54,64
84	0,6	0,22	62,88	0,7	0,28	60,62	0,7	0,29	59,05	0,8	0,34	57,97	0,8	0,36	55,45	0,8	0,36	55,54
85	0,6	0,22	63,30	0,7	0,27	61,12	0,7	0,28	59,66	0,7	0,29	58,70	0,8	0,35	56,33	0,8	0,35	56,41
86	0,6	0,22	63,71	0,7	0,27	61,61	0,7	0,28	60,26	0,8	0,32	59,41	0,7	0,30	57,18	0,8	0,34	57,26
87	0,6	0,22	64,12	0,6	0,23	62,09	0,7	0,27	60,84	0,7	0,28	60,10	0,8	0,34	58,01	0,7	0,29	58,09
88	0,6	0,21	64,51	0,6	0,22	62,56	0,7	0,27	61,41	0,8	0,31	60,78	0,8	0,33	58,81	0,8	0,33	58,89
89	0,6	0,21	64,91	0,6	0,22	63,02	0,7	0,27	61,96	0,7	0,27	61,43	0,7	0,28	59,59	0,7	0,28	59,67
90	0,6	0,21	65,29	0,6	0,22	63,48	0,7	0,26	62,50	0,7	0,27	62,07	0,7	0,28	60,35	0,7	0,28	60,43

Energi 9 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
91	0,6	0,21	65,67	0,6	0,22	63,92	0,7	0,26	63,03	0,8	0,30	62,69	0,7	0,27	61,09	0,7	0,27	61,16
92	0,6	0,20	66,04	0,6	0,21	64,35	0,7	0,26	63,54	0,7	0,26	63,29	0,7	0,27	61,81	0,7	0,27	61,88
93	0,6	0,20	66,41	0,6	0,21	64,78	0,7	0,25	64,04	0,7	0,25	63,88	0,7	0,26	62,50	0,7	0,26	62,57
94	0,5	0,17	66,77	0,6	0,21	65,20	0,7	0,25	64,53	0,7	0,25	64,45	0,7	0,26	63,18	0,7	0,26	63,24
95	0,5	0,16	67,12	0,6	0,21	65,60	0,6	0,21	65,01	0,7	0,24	65,01	0,7	0,25	63,83	0,7	0,25	63,89
96	0,6	0,20	67,47	0,6	0,20	66,00	0,7	0,24	65,47	0,7	0,24	65,55	0,7	0,25	64,47	0,7	0,25	64,53
97	0,5	0,16	67,81	0,6	0,20	66,40	0,6	0,20	65,93	0,7	0,24	66,07	0,7	0,24	65,08	0,7	0,24	65,14
98	0,5	0,16	68,14	0,6	0,20	66,78	0,6	0,20	66,37	0,7	0,23	66,58	0,7	0,24	65,68	0,7	0,24	65,74
99	0,5	0,16	68,47	0,6	0,20	67,16	0,6	0,20	66,81	0,7	0,23	67,08	0,7	0,24	66,26	0,7	0,24	66,32
100	0,5	0,16	68,80	0,6	0,19	67,53	0,6	0,20	67,23	0,7	0,23	67,57	0,7	0,23	66,83	0,7	0,23	66,88

Tabel G.3. Hasil Perbandingan *PDD* Energi 15 MeV untuk Variasi Lapangan

Energi 15 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
0	91,3	100,00	9,53	89,2	98,97	10,95	90,2	94,92	5,23	91,2	91,97	0,84	92,5	92,34	0,17	92,3	92,28	0,02
0,2	91	99,33	9,16	89,3	98,88	10,73	90	94,63	5,14	91	91,75	0,82	92,5	92,34	0,17	91,9	91,88	0,02
0,7	91,1	98,60	8,23	89,1	98,16	10,17	90,1	94,55	4,94	91,1	91,81	0,78	92,7	92,53	0,18	92,1	92,07	0,03
1,2	90,9	97,56	7,32	89,2	97,78	9,62	90,6	94,89	4,73	91,5	92,17	0,73	92,8	92,63	0,19	93	92,97	0,03
1,7	91,8	97,70	6,43	90,7	98,94	9,09	91,5	95,65	4,54	92,7	93,34	0,69	93,9	93,72	0,19	93,5	93,46	0,04
2,2	92,6	97,74	5,55	91,6	99,44	8,56	92,3	96,31	4,34	93,6	94,21	0,65	94,8	94,61	0,20	94,5	94,46	0,04
2,7	93,5	97,87	4,68	92,2	99,61	8,04	93,5	97,38	4,15	94	94,57	0,61	95,2	95,01	0,20	94,7	94,65	0,05
3,2	94,2	97,80	3,82	93	100,00	7,53	93,9	97,63	3,97	94,7	95,24	0,57	95,8	95,60	0,21	95,2	95,15	0,05
3,7	94,7	97,52	2,98	93,2	99,75	7,02	93,8	97,36	3,79	95	95,51	0,53	96,1	95,90	0,21	95,6	95,54	0,06
4,2	95,6	97,65	2,14	93,7	99,82	6,53	94,7	98,12	3,62	95,6	96,08	0,50	96,2	95,99	0,22	96,2	96,14	0,06
4,7	95,8	97,07	1,32	94,3	100,00	6,04	95,4	98,69	3,44	95,6	96,05	0,47	96,7	96,49	0,22	96,4	96,33	0,07
5,2	96,1	96,60	0,52	94,3	99,55	5,57	95,3	98,42	3,28	95,8	96,21	0,43	97,1	96,88	0,22	96,9	96,83	0,07
5,7	96,3	96,03	0,28	95	99,84	5,10	95,8	98,78	3,11	96,3	96,69	0,40	97,3	97,08	0,23	96,9	96,83	0,08
6,2	96,9	95,87	1,07	94,9	99,30	4,63	95,9	98,73	2,96	96,6	96,96	0,37	97,6	97,38	0,23	97,6	97,52	0,08
6,7	97,2	95,41	1,84	95,3	99,28	4,18	96,3	99,00	2,80	96,8	97,13	0,34	97,5	97,27	0,23	97,4	97,32	0,08
7,2	97,3	94,77	2,60	95,6	99,17	3,73	96,5	99,05	2,65	97,3	97,61	0,31	97,8	97,57	0,24	97,8	97,72	0,09
7,7	97,4	94,13	3,36	96,1	99,26	3,29	96,9	99,32	2,50	97,6	97,88	0,29	97,8	97,57	0,24	97,6	97,51	0,09
8,2	98	93,98	4,10	96,1	98,84	2,85	96,8	99,08	2,35	97,5	97,76	0,26	98,3	98,06	0,24	98	97,91	0,09
8,7	97,8	93,07	4,83	96,3	98,64	2,43	97,5	99,66	2,21	97,6	97,83	0,24	98,2	97,96	0,24	98,2	98,11	0,09
9,2	98,3	92,84	5,55	96,4	98,33	2,01	97,5	99,52	2,07	97,7	97,91	0,21	98,4	98,16	0,25	97,9	97,81	0,10
9,7	98,2	92,05	6,27	97	98,54	1,59	97,3	99,18	1,94	97,9	98,09	0,19	98,6	98,35	0,25	98,1	98,00	0,10
10,2	98	91,17	6,97	96,9	98,05	1,18	97,8	99,56	1,80	97,6	97,76	0,17	98,4	98,15	0,25	98,6	98,50	0,10

Energi 15 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
10,7	98,4	90,86	7,66	97,2	97,96	0,78	97,8	99,44	1,67	98,1	98,24	0,15	98,7	98,45	0,25	98,9	98,80	0,10
11,2	98,9	90,64	8,35	97,2	97,57	0,38	97,7	99,21	1,55	98,4	98,52	0,12	99,1	98,85	0,26	98,8	98,70	0,10
11,7	98,7	89,79	9,02	97,4	97,39	0,01	98,2	99,60	1,42	98,1	98,20	0,10	98,9	98,65	0,26	98,7	98,59	0,11
12,2	98,8	89,23	9,69	97,4	97,02	0,39	98,1	99,37	1,30	98,4	98,48	0,08	99,2	98,94	0,26	98,7	98,59	0,11
12,7	99	88,75	10,35	97,8	97,04	0,77	98,4	99,56	1,18	98,6	98,66	0,06	99,2	98,94	0,26	99,5	99,39	0,11
13,2	98,8	87,93	11,00	97,7	96,58	1,15	98,5	99,54	1,06	98,5	98,54	0,04	99,2	98,94	0,26	99	98,89	0,11
13,7	99,2	87,65	11,64	98,2	96,71	1,52	98,3	99,23	0,94	99	99,03	0,03	99,3	99,04	0,26	98,8	98,69	0,11
14,2	99,2	87,03	12,27	98,5	96,64	1,88	98,8	99,62	0,83	99	99,01	0,01	99,5	99,23	0,27	99	98,89	0,12
14,7	99,4	86,58	12,90	98,5	96,29	2,25	99	99,71	0,71	99,3	99,29	0,01	99,7	99,43	0,27	99,5	99,38	0,12
15,2	99,8	86,31	13,52	98,1	95,55	2,60	99,4	100,00	0,60	98,8	98,77	0,03	99,5	99,23	0,27	99,2	99,08	0,12
15,7	99,8	85,70	14,13	98,6	95,69	2,95	98,9	99,39	0,49	98,9	98,86	0,05	99,6	99,33	0,27	99,6	99,48	0,12
16,2	99,5	84,85	14,73	98,2	94,96	3,30	99	99,38	0,39	99,2	99,14	0,06	99,5	99,23	0,27	99,9	99,78	0,12
16,7	99,6	84,34	15,32	98,5	94,91	3,65	99,3	99,58	0,28	99,3	99,22	0,08	99,5	99,23	0,27	99,5	99,38	0,12
17,2	99,9	84,01	15,91	98,6	94,67	3,99	99,5	99,67	0,17	99,3	99,20	0,10	99,7	99,42	0,28	99,4	99,27	0,13
17,7	99,9	83,42	16,49	98,9	94,62	4,32	99,5	99,57	0,07	99,3	99,19	0,11	99,7	99,42	0,28	99,4	99,27	0,13
18,2	99,8	82,77	17,07	98,8	94,20	4,66	99,4	99,36	0,04	99,1	98,97	0,13	99,6	99,32	0,28	99,4	99,27	0,13
18,7	99,9	82,28	17,63	99	94,06	4,99	99,7	99,56	0,14	99,2	99,06	0,15	99,7	99,42	0,28	99,7	99,57	0,13
19,2	99,7	81,56	18,19	99,1	93,84	5,31	99,7	99,46	0,24	99,3	99,14	0,16	99,8	99,52	0,28	99,9	99,77	0,13
19,7	99,9	81,17	18,75	99,2	93,61	5,64	99,9	99,56	0,34	99,7	99,52	0,18	99,9	99,62	0,29	100	99,87	0,13
20,2	100	80,70	19,30	99,7	93,76	5,96	99,7	99,26	0,44	99,7	99,51	0,20	99,8	99,51	0,29	99,8	99,66	0,14
20,7	100,1	80,24	19,84	99,1	92,88	6,28	99,7	99,16	0,54	99,7	99,49	0,21	99,9	99,61	0,29	99,6	99,46	0,14
21,2	100	79,62	20,38	99	92,47	6,59	99,4	98,76	0,64	99,5	99,27	0,23	99,9	99,61	0,29	99,5	99,36	0,14
21,7	100,2	79,25	20,91	99,6	92,72	6,91	99,9	99,16	0,74	99,9	99,65	0,25	99,9	99,61	0,29	99,3	99,16	0,14
22,2	100,1	78,65	21,43	99,4	92,23	7,22	99,9	99,06	0,84	99,6	99,34	0,26	99,8	99,51	0,29	99,8	99,66	0,14

Energi 15 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
22,7	100,3	78,28	21,95	99,4	91,92	7,53	99,9	98,96	0,94	99,5	99,22	0,28	99,9	99,60	0,30	99,6	99,45	0,15
23,2	100,2	77,69	22,47	99,3	91,52	7,83	100	98,96	1,04	100,3	100,00	0,30	100,3	100,00	0,30	99,9	99,75	0,15
23,7	99,9	76,95	22,97	99,4	91,31	8,14	100,1	98,95	1,14	100	99,68	0,32	100	99,70	0,30	99,7	99,55	0,15
24,2	99,7	76,29	23,48	99,9	91,47	8,44	100,4	99,15	1,25	100,2	99,86	0,34	100,1	99,80	0,30	99,7	99,55	0,15
24,7	99,8	75,87	23,98	100	91,25	8,75	100,3	98,95	1,35	99,9	99,55	0,35	100,1	99,79	0,31	99,7	99,54	0,16
25,2	100,2	75,68	24,47	99,6	90,59	9,05	100,2	98,75	1,45	100	99,63	0,37	100	99,69	0,31	100	99,84	0,16
25,7	99,8	74,89	24,96	99,8	90,47	9,35	99,8	98,25	1,55	99,9	99,51	0,39	100	99,69	0,31	99,9	99,74	0,16
26,2	99,8	74,41	25,44	100,1	90,44	9,65	99,7	98,05	1,65	99,8	99,39	0,41	100	99,69	0,31	100	99,84	0,16
26,7	100,3	74,30	25,92	100,1	90,15	9,94	100,3	98,54	1,76	99,9	99,47	0,43	100	99,68	0,32	99,8	99,63	0,17
27,2	100,1	73,68	26,40	99,5	89,31	10,24	99,8	97,94	1,86	99,9	99,44	0,46	100,2	99,88	0,32	99,9	99,73	0,17
27,7	100,2	73,28	26,87	100,4	89,82	10,54	100,1	98,13	1,97	100,1	99,62	0,48	100,1	99,78	0,32	99,9	99,73	0,17
28,2	99,8	72,52	27,33	99,8	88,99	10,84	100,2	98,12	2,08	100	99,50	0,50	100	99,67	0,33	99,7	99,52	0,18
28,7	99,8	72,06	27,79	100,2	89,05	11,13	100,2	98,01	2,19	100,4	99,87	0,52	100,1	99,77	0,33	99,6	99,42	0,18
29,2	99,8	71,60	28,25	100,1	88,66	11,43	100,4	98,09	2,30	100,1	99,55	0,55	99,9	99,57	0,33	99,8	99,62	0,18
29,7	99,5	70,94	28,71	99,9	88,19	11,72	100,2	97,79	2,41	100,2	99,63	0,57	100	99,66	0,34	99,9	99,71	0,19
30	99,3	70,53	28,98	100	88,10	11,90	100,2	97,72	2,48	99,9	99,31	0,59	100	99,66	0,34	99,6	99,41	0,19
31	99,4	69,71	29,87	99,6	87,16	12,49	100,2	97,49	2,71	100,2	99,56	0,64	100	99,65	0,35	100,2	100,00	0,20
32	99,2	68,70	30,74	100	86,91	13,09	100,2	97,25	2,95	100	99,30	0,70	99,7	99,34	0,36	99,4	99,19	0,21
33	98,7	67,50	31,61	100	86,32	13,68	99,8	96,61	3,19	99,8	99,04	0,76	99,5	99,13	0,37	99,1	98,88	0,22
34	98,7	66,66	32,46	99,4	85,20	14,28	99,9	96,46	3,45	99,6	98,78	0,82	99,4	99,02	0,38	99,2	98,97	0,23
35	98,1	65,44	33,29	99,5	84,69	14,89	99,6	95,90	3,71	99,7	98,81	0,89	98,9	98,51	0,39	99,3	99,06	0,24
36	97,1	63,97	34,12	99,3	83,92	15,49	99,1	95,15	3,99	99	98,04	0,97	99	98,60	0,41	98,6	98,35	0,26
37	96,2	62,59	34,93	98,8	82,89	16,11	98,4	94,19	4,28	99	97,96	1,05	98,6	98,18	0,42	98,6	98,33	0,27
38	95,7	61,50	35,74	97,9	81,53	16,73	98	93,52	4,58	98,4	97,28	1,13	97,8	97,37	0,44	97,8	97,52	0,29

Energi 15 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
39	94,6	60,05	36,53	97,7	80,75	17,35	97,3	92,54	4,89	97,8	96,60	1,23	97,4	96,96	0,46	97,4	97,10	0,31
40	93,7	58,74	37,31	96,9	79,47	17,99	96,7	91,66	5,21	97	95,71	1,33	96,7	96,24	0,48	96,5	96,18	0,33
41	92,5	57,28	38,08	96,3	78,36	18,63	96	90,67	5,56	96,2	94,82	1,43	95,7	95,22	0,50	96	95,66	0,35
42	91,2	55,78	38,84	94,9	76,61	19,28	94,7	89,10	5,91	95,3	93,82	1,55	95	94,50	0,52	94,5	94,14	0,38
43	89,6	54,12	39,60	93,8	75,10	19,93	93,6	87,72	6,28	93,9	92,33	1,67	93,8	93,28	0,55	93,7	93,32	0,40
44	87,7	52,32	40,34	92,5	73,44	20,60	92,3	86,14	6,67	93,1	91,42	1,80	92,4	91,86	0,58	92,4	92,00	0,43
45	86,3	50,85	41,08	91,2	71,80	21,28	90,7	84,28	7,08	91,4	89,62	1,95	91,1	90,54	0,61	91	90,57	0,47
46	84,3	49,06	41,81	89,2	69,61	21,96	89,2	82,51	7,50	89,5	87,62	2,10	89,5	88,92	0,65	89,4	88,95	0,51
47	82,2	47,24	42,53	87,6	67,75	22,66	87,2	80,28	7,94	88,3	86,30	2,26	87,6	86,99	0,69	87,4	86,92	0,55
48	80,2	45,52	43,24	85,7	65,68	23,36	85,1	77,95	8,40	85,9	83,80	2,44	85,7	85,07	0,74	85,3	84,80	0,59
49	78,1	43,78	43,94	83,6	63,48	24,07	83,3	75,90	8,88	83,6	81,40	2,63	83,7	83,04	0,79	83	82,47	0,64
50	76	42,07	44,64	80,9	60,84	24,80	80,7	73,13	9,38	81,6	79,29	2,83	81,2	80,52	0,84	81,2	80,63	0,70
51	73	39,91	45,33	78,6	58,54	25,53	78,1	70,37	9,90	79,2	76,79	3,04	78,7	77,99	0,90	78,2	77,61	0,76
52	70,5	38,06	46,01	76	56,04	26,27	75,5	67,62	10,44	76,5	73,99	3,27	76,1	75,37	0,97	75,9	75,28	0,82
53	67,6	36,04	46,69	73,2	53,42	27,02	72,5	64,53	11,00	73,5	70,91	3,52	73,3	72,54	1,04	73	72,35	0,90
54	65,4	34,43	47,35	70,1	50,63	27,78	69,8	61,72	11,58	71,2	68,51	3,78	70,6	69,81	1,12	70,4	69,71	0,98
55	62,5	32,49	48,01	67,1	47,95	28,54	66,4	58,31	12,18	67,9	65,14	4,06	67,4	66,59	1,20	66,8	66,09	1,07
56	59,4	30,49	48,67	63,8	45,10	29,32	63,5	55,37	12,80	64,7	61,88	4,36	64,1	63,27	1,30	63,9	63,16	1,16
57	56,6	28,69	49,31	60,3	42,15	30,10	60,1	52,02	13,45	61,1	58,24	4,68	60,8	59,95	1,41	60,3	59,54	1,27
58	53,2	26,62	49,95	56,7	39,19	30,89	56,6	48,61	14,12	57,4	54,52	5,01	57,1	56,23	1,52	56,8	56,01	1,38
59	50,2	24,81	50,59	53,3	36,41	31,68	52,7	44,90	14,81	54,2	51,29	5,37	53,6	52,72	1,65	53,3	52,49	1,51
60	46,9	22,88	51,21	49,5	33,42	32,48	49	41,40	15,51	50,3	47,41	5,75	49,9	49,01	1,78	49,7	48,88	1,65
61	43,2	20,81	51,83	45,7	30,49	33,29	45,2	37,86	16,25	46,6	43,73	6,15	46,1	45,21	1,94	45,6	44,78	1,80
62	40,1	19,07	52,44	41,8	27,55	34,10	41,5	34,45	17,00	42,4	39,61	6,57	42,2	41,31	2,10	41,9	41,08	1,97

Energi 15 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
63	36,8	17,28	53,05	38	24,73	34,91	37,6	30,92	17,77	38,5	35,80	7,02	38,3	37,43	2,28	38,1	37,28	2,15
64	33,5	15,53	53,64	34,1	21,92	35,73	33,8	27,53	18,56	34,8	32,19	7,49	34,5	33,65	2,47	34,2	33,40	2,34
65	29,7	13,59	54,23	30,5	19,35	36,55	30,3	24,43	19,37	30,8	28,34	7,99	30,7	29,88	2,68	30,3	29,53	2,56
66	26,8	12,11	54,81	27	16,91	37,37	26,9	21,47	20,20	27,4	25,07	8,51	27,3	26,51	2,91	26,9	26,15	2,79
67	23,7	10,57	55,39	23,7	14,65	38,19	23,6	18,63	21,04	24,2	22,01	9,05	24,2	23,44	3,16	23,9	23,17	3,04
68	20,9	9,20	55,96	20,7	12,62	39,01	20,6	16,09	21,91	21,1	19,07	9,62	20,9	20,18	3,42	20,7	20,02	3,30
69	18,2	7,91	56,52	17,9	10,77	39,84	17,7	13,67	22,79	18,1	16,25	10,22	18,2	17,53	3,71	17,8	17,16	3,59
70	15,6	6,70	57,07	15,2	9,02	40,66	15,1	11,52	23,68	15,4	13,73	10,85	15,5	14,88	4,02	15,2	14,61	3,90
71	13,2	5,59	57,62	13	7,61	41,48	12,9	9,73	24,59	13,2	11,68	11,50	13,3	12,72	4,35	13	12,45	4,24
72	11,5	4,81	58,16	11,2	6,46	42,30	11	8,19	25,52	11,3	9,92	12,18	11,4	10,86	4,70	11,2	10,69	4,59
73	10	4,13	58,69	9,5	5,40	43,11	9,5	6,99	26,45	9,8	8,54	12,88	9,7	9,21	5,08	9,6	9,12	4,98
74	8,5	3,47	59,21	8,1	4,54	43,92	8,1	5,88	27,40	8,4	7,26	13,61	8,4	7,94	5,48	8,3	7,85	5,38
75	7,4	2,98	59,73	7	3,87	44,73	7,1	5,09	28,35	7,3	6,25	14,37	7,3	6,87	5,91	7,1	6,69	5,82
76	6,5	2,58	60,24	6,1	3,32	45,53	6,2	4,38	29,32	6,3	5,35	15,15	6,4	5,99	6,37	6,3	5,90	6,28
77	5,7	2,24	60,74	5,4	2,90	46,33	5,5	3,83	30,29	5,6	4,71	15,96	5,7	5,31	6,86	5,5	5,13	6,77
78	5,2	2,02	61,23	4,8	2,54	47,12	5	3,44	31,27	5,1	4,24	16,79	5,2	4,82	7,37	5,1	4,73	7,28
79	4,7	1,80	61,72	4,6	2,40	47,91	4,7	3,18	32,26	4,8	3,95	17,64	4,8	4,42	7,91	4,7	4,33	7,83
80	4,4	1,66	62,20	4,3	2,21	48,68	4,4	2,94	33,25	4,6	3,75	18,52	4,6	4,21	8,48	4,5	4,12	8,40
81	4,2	1,57	62,67	4,1	2,07	49,45	4,2	2,76	34,24	4,4	3,55	19,42	4,3	3,91	9,08	4,3	3,91	9,01
82	4,1	1,51	63,14	4	1,99	50,22	4,2	2,72	35,23	4,3	3,43	20,34	4,3	3,88	9,72	4,2	3,79	9,65
83	4	1,46	63,59	3,9	1,91	50,97	4	2,55	36,23	4,2	3,31	21,28	4,2	3,76	10,38	4,2	3,77	10,31
84	3,9	1,40	64,04	3,8	1,83	51,71	4	2,51	37,22	4,1	3,19	22,24	4,1	3,65	11,07	4,1	3,65	11,01
85	3,9	1,38	64,49	3,8	1,81	52,45	4	2,47	38,22	4,1	3,15	23,22	4,1	3,62	11,79	4,1	3,62	11,73
86	3,8	1,33	64,92	3,8	1,78	53,18	3,9	2,37	39,21	4,1	3,11	24,21	4,1	3,59	12,54	4,1	3,59	12,48

Energi 15 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
87	3,8	1,32	65,35	3,8	1,75	53,89	3,9	2,33	40,19	4,1	3,07	25,22	4	3,47	13,32	4	3,47	13,27
88	3,8	1,30	65,78	3,7	1,68	54,60	3,9	2,29	41,17	4,1	3,02	26,25	4	3,44	14,12	4	3,44	14,08
89	3,8	1,28	66,19	3,7	1,65	55,30	3,9	2,26	42,15	4	2,91	27,28	4	3,40	14,96	4	3,40	14,92
90	3,7	1,24	66,60	3,7	1,63	55,98	3,9	2,22	43,12	4	2,87	28,33	4	3,37	15,82	4	3,37	15,79
91	3,6	1,19	67,00	3,6	1,56	56,66	3,8	2,13	44,08	4	2,82	29,38	3,9	3,25	16,71	3,9	3,25	16,68
92	3,6	1,17	67,40	3,6	1,54	57,32	3,8	2,09	45,03	4	2,78	30,44	4	3,29	17,63	3,9	3,21	17,60
93	3,7	1,19	67,79	3,6	1,51	57,98	3,7	2,00	45,97	3,9	2,67	31,51	3,8	3,09	18,57	3,9	3,18	18,54
94	3,6	1,15	68,17	3,6	1,49	58,62	3,7	1,96	46,91	3,9	2,63	32,58	3,8	3,06	19,53	3,9	3,14	19,51
95	3,6	1,13	68,55	3,5	1,43	59,25	3,7	1,93	47,83	3,9	2,59	33,66	3,8	3,02	20,51	3,8	3,02	20,50
96	3,5	1,09	68,92	3,5	1,40	59,88	3,6	1,85	48,74	3,8	2,48	34,74	3,8	2,98	21,51	3,8	2,98	21,50
97	3,5	1,08	69,28	3,5	1,38	60,49	3,6	1,81	49,64	3,8	2,44	35,81	3,8	2,94	22,54	3,8	2,94	22,53
98	3,5	1,06	69,64	3,5	1,36	61,09	3,6	1,78	50,53	3,8	2,40	36,89	3,7	2,83	23,58	3,8	2,90	23,57
99	3,4	1,02	69,99	3,5	1,34	61,68	3,6	1,75	51,40	3,7	2,30	37,97	3,8	2,86	24,63	3,8	2,86	24,63
100	3,4	1,01	70,33	3,4	1,28	62,25	3,6	1,72	52,26	3,7	2,26	39,04	3,7	2,75	25,70	3,7	2,75	25,71
101	3,4	1,00	70,67	3,4	1,26	62,82	3,6	1,69	53,11	3,7	2,22	40,10	3,7	2,71	26,79	3,7	2,71	26,79
102	3,4	0,99	71,01	3,4	1,25	63,38	3,6	1,66	53,95	3,7	2,18	41,16	3,7	2,67	27,88	3,7	2,67	27,89
103	3,4	0,97	71,34	3,4	1,23	63,92	3,5	1,58	54,76	3,7	2,14	42,22	3,7	2,63	28,98	3,7	2,63	29,00
104	3,3	0,94	71,66	3,3	1,17	64,46	3,6	1,60	55,57	3,7	2,10	43,26	3,7	2,59	30,09	3,6	2,52	30,11
105	3,3	0,92	71,98	3,4	1,19	64,98	3,4	1,48	56,36	3,6	2,01	44,30	3,6	2,48	31,21	3,6	2,48	31,23
106	3,3	0,91	72,29	3,3	1,14	65,49	3,5	1,50	57,14	3,6	1,97	45,32	3,6	2,44	32,33	3,6	2,44	32,35
107	3,3	0,90	72,59	3,3	1,12	66,00	3,4	1,43	57,90	3,6	1,93	46,33	3,6	2,40	33,46	3,6	2,39	33,48
108	3,2	0,87	72,90	3,2	1,07	66,49	3,4	1,41	58,64	3,6	1,90	47,34	3,6	2,36	34,58	3,5	2,29	34,61
109	3,2	0,86	73,19	3,2	1,06	66,97	3,4	1,38	59,38	3,5	1,81	48,32	3,5	2,25	35,71	3,5	2,25	35,73
110	3,3	0,88	73,48	3,2	1,04	67,44	3,4	1,36	60,09	3,6	1,83	49,30	3,6	2,27	36,83	3,5	2,21	36,86

Energi 15 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
111	3,1	0,81	73,77	3,2	1,03	67,91	3,3	1,29	60,79	3,5	1,74	50,26	3,5	2,17	37,95	3,5	2,17	37,98
112	3,2	0,83	74,05	3,1	0,98	68,36	3,4	1,31	61,48	3,5	1,71	51,21	3,5	2,13	39,06	3,5	2,13	39,09
113	3,1	0,80	74,33	3,2	1,00	68,81	3,3	1,25	62,15	3,5	1,68	52,14	3,5	2,09	40,17	3,5	2,09	40,20
114	3,1	0,79	74,60	3,1	0,95	69,24	3,3	1,23	62,81	3,5	1,64	53,05	3,4	2,00	41,27	3,4	2,00	41,31
115	3	0,75	74,87	3	0,91	69,67	3,3	1,21	63,45	3,5	1,61	53,95	3,4	1,96	42,36	3,4	1,96	42,40
116	3,1	0,77	75,13	3,1	0,93	70,08	3,3	1,19	64,08	3,4	1,54	54,84	3,4	1,92	43,45	3,4	1,92	43,48
117	3,1	0,76	75,39	3,1	0,91	70,49	3,3	1,16	64,70	3,3	1,46	55,71	3,4	1,89	44,52	3,3	1,83	44,56
118	3	0,73	75,65	3	0,87	70,89	3,3	1,15	65,30	3,4	1,48	56,56	3,4	1,85	45,58	3,4	1,85	45,62
119	3	0,72	75,90	3,1	0,89	71,28	3,2	1,09	65,88	3,4	1,45	57,39	3,3	1,76	46,63	3,4	1,81	46,67
120	2,9	0,69	76,14	3	0,85	71,66	3,3	1,11	66,46	3,4	1,42	58,21	3,4	1,78	47,66	3,4	1,78	47,70
121	2,9	0,68	76,38	3	0,84	72,04	3,1	1,02	67,02	3,3	1,35	59,01	3,3	1,69	48,68	3,3	1,69	48,72
122	2,9	0,68	76,62	2,9	0,80	72,41	3,2	1,04	67,57	3,3	1,33	59,79	3,3	1,66	49,69	3,3	1,66	49,73
123	3	0,69	76,86	3	0,82	72,77	3,1	0,99	68,10	3,3	1,30	60,56	3,3	1,63	50,68	3,2	1,58	50,72
124	2,9	0,66	77,09	3	0,81	73,12	3,1	0,97	68,62	3,3	1,28	61,31	3,2	1,55	51,65	3,2	1,55	51,69
125	2,8	0,64	77,32	2,9	0,77	73,46	3,1	0,96	69,13	3,2	1,21	62,04	3,3	1,56	52,61	3,3	1,56	52,65
126	2,9	0,65	77,54	2,9	0,76	73,80	3,1	0,94	69,63	3,3	1,23	62,76	3,2	1,49	53,55	3,2	1,49	53,59
127	2,9	0,64	77,76	2,9	0,75	74,13	3,1	0,93	70,11	3,3	1,21	63,46	3,2	1,46	54,47	3,2	1,46	54,51
128	2,8	0,62	77,98	2,8	0,72	74,45	3	0,88	70,59	3,2	1,15	64,14	3,2	1,43	55,38	3,2	1,43	55,42
129	2,8	0,61	78,19	2,8	0,71	74,77	3	0,87	71,05	3,2	1,13	64,81	3,2	1,40	56,27	3,2	1,40	56,31
130	2,8	0,60	78,40	2,8	0,70	75,08	3	0,86	71,50	3,2	1,11	65,46	3,2	1,37	57,14	3,2	1,37	57,18

Tabel G.4. Hasil Perbandingan PDD Energi 18 MeV untuk Variasi Lapangan

Energi 18 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
0	92,8	100,00	7,76	92	98,04	6,56	91,6	93,00	1,53	92,6	92,27	0,35	92,6	92,14	0,49	93,2	92,93	0,29
0,2	92,6	99,47	7,41	91,6	97,47	6,41	91,8	93,18	1,50	92,7	92,37	0,36	92,7	92,24	0,49	92,9	92,63	0,29
0,7	92,5	98,57	6,57	91,6	97,13	6,04	91,6	92,90	1,42	92,7	92,36	0,36	92,7	92,24	0,49	93,2	92,93	0,29
1,2	92,1	97,38	5,73	91,8	97,01	5,67	92,3	93,53	1,34	92,9	92,55	0,37	92,9	92,44	0,49	94	93,72	0,29
1,7	92,9	97,46	4,90	92,7	97,63	5,31	93,1	94,27	1,26	94,1	93,74	0,38	94,1	93,64	0,49	94,8	94,52	0,30
2,2	94,1	97,95	4,09	93,6	98,24	4,96	93,9	95,01	1,19	95,2	94,83	0,39	95,2	94,73	0,49	95,4	95,12	0,30
2,7	95	98,13	3,29	94,5	98,86	4,62	94,7	95,76	1,11	95,4	95,03	0,39	95,4	94,93	0,49	95,9	95,62	0,30
3,2	95,5	97,89	2,50	94,9	98,96	4,28	95,5	96,50	1,05	96,3	95,92	0,40	96,3	95,82	0,49	96,4	96,11	0,30
3,7	96,5	98,16	1,73	95,6	99,37	3,95	95,7	96,64	0,98	96,4	96,01	0,40	96,4	95,92	0,49	97,1	96,81	0,30
4,2	96,8	97,73	0,96	95,7	99,16	3,62	96,1	96,98	0,91	96,8	96,40	0,41	96,8	96,32	0,49	97,1	96,81	0,30
4,7	97,1	97,30	0,21	96,4	99,58	3,30	96,2	97,02	0,85	97,1	96,70	0,42	97,1	96,62	0,49	97,7	97,41	0,30
5,2	97,4	96,88	0,54	97,1	100,00	2,99	97,1	97,87	0,79	97,3	96,89	0,42	97,3	96,82	0,50	97,6	97,31	0,30
5,7	97,6	96,36	1,27	96,8	99,39	2,68	97,1	97,81	0,73	97,8	97,38	0,43	97,8	97,32	0,50	98	97,71	0,30
6,2	97,9	95,95	1,99	97,5	99,82	2,38	97,6	98,26	0,67	98	97,58	0,43	98	97,51	0,50	98,2	97,91	0,30
6,7	98,4	95,74	2,71	97,4	99,43	2,08	97,3	97,90	0,62	98,5	98,07	0,43	98,5	98,01	0,50	98,6	98,31	0,30
7,2	99	95,63	3,41	98,2	99,96	1,79	98,3	98,86	0,57	98,3	97,87	0,44	98,3	97,81	0,50	98,8	98,51	0,30
7,7	99	94,94	4,10	98,2	99,68	1,51	98,2	98,70	0,51	98,6	98,16	0,44	98,6	98,11	0,50	98,9	98,61	0,30
8,2	98,9	94,17	4,78	98,3	99,50	1,23	98,4	98,86	0,46	98,8	98,36	0,44	98,8	98,31	0,50	98,6	98,31	0,30
8,7	99,3	93,88	5,45	98,4	99,34	0,95	98,6	99,01	0,42	99	98,56	0,45	99	98,51	0,50	98,8	98,51	0,30
9,2	98,9	92,85	6,12	98,7	99,37	0,68	98,3	98,66	0,37	98,6	98,15	0,45	98,6	98,11	0,50	99,1	98,80	0,30
9,7	99	92,29	6,77	98,5	98,91	0,42	98,8	99,12	0,32	99,4	98,95	0,45	99,4	98,91	0,50	99,2	98,90	0,30
10,2	99,2	91,84	7,42	99	99,15	0,15	98,8	99,08	0,28	99,4	98,95	0,46	99,4	98,91	0,50	99,2	98,90	0,30

Energi 18 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
10,7	99,8	91,76	8,06	98,8	98,70	0,10	99,2	99,43	0,24	99,5	99,04	0,46	99,5	99,01	0,50	99,4	99,10	0,30
11,2	99,6	90,95	8,68	99,2	98,85	0,35	99,2	99,39	0,19	99,7	99,24	0,46	99,7	99,21	0,50	99,4	99,10	0,30
11,7	99,8	90,51	9,30	99	98,41	0,60	99,3	99,45	0,15	99,9	99,44	0,47	99,9	99,40	0,50	99,6	99,30	0,30
12,2	99,6	89,72	9,92	99,3	98,46	0,84	99,6	99,71	0,11	99,8	99,33	0,47	99,8	99,30	0,50	99,8	99,50	0,30
12,7	99,8	89,30	10,52	99,4	98,32	1,08	99,5	99,58	0,08	99,7	99,23	0,47	99,7	99,20	0,50	100	99,70	0,30
13,2	99,8	88,71	11,12	99,2	97,89	1,32	99,7	99,74	0,04	99,8	99,33	0,47	99,8	99,30	0,50	99,9	99,60	0,30
13,7	99,7	88,03	11,70	99,6	98,06	1,55	99,4	99,40	0,00	100,1	99,63	0,47	100,1	99,60	0,50	99,6	99,30	0,30
14,2	100,1	87,80	12,29	99,7	97,93	1,78	99,7	99,67	0,03	99,8	99,32	0,48	99,8	99,30	0,50	100,1	99,80	0,30
14,7	99,7	86,88	12,86	99,5	97,51	2,00	99,8	99,73	0,07	100,1	99,62	0,48	100,1	99,60	0,50	100	99,70	0,30
15,2	100,1	86,66	13,42	99,6	97,38	2,23	100	99,90	0,10	100,3	99,82	0,48	100,3	99,80	0,50	100	99,70	0,30
15,7	99,6	85,67	13,98	99,7	97,26	2,44	99,9	99,77	0,13	100	99,52	0,48	100	99,50	0,50	100,1	99,80	0,30
16,2	99,2	84,78	14,54	99,9	97,24	2,66	99,7	99,53	0,17	99,8	99,32	0,48	99,8	99,30	0,50	99,9	99,60	0,30
16,7	100	84,92	15,08	99,7	96,84	2,87	100,2	100,00	0,20	100,3	99,81	0,49	100,3	99,80	0,50	99,9	99,60	0,30
17,2	99,9	84,29	15,62	99,2	96,14	3,08	99,7	99,47	0,23	99,9	99,41	0,49	99,9	99,40	0,50	100,3	100,00	0,30
17,7	99,7	83,59	16,15	99,7	96,42	3,29	100	99,74	0,26	100,4	99,91	0,49	100,4	99,90	0,50	100,3	100,00	0,30
18,2	99,6	82,99	16,68	99,9	96,41	3,49	100,2	99,91	0,29	100,3	99,81	0,49	100,3	99,80	0,50	100,3	100,00	0,30
18,7	100,1	82,88	17,20	99,7	96,02	3,69	99,9	99,58	0,32	100,2	99,71	0,49	100,2	99,70	0,50	100	99,70	0,30
19,2	99,5	81,87	17,71	99,8	95,91	3,89	100,2	99,85	0,35	100,2	99,70	0,50	100,2	99,70	0,50	100	99,70	0,30
19,7	99,5	81,37	18,22	99,9	95,81	4,09	99,5	99,12	0,38	100,5	100,00	0,50	100,5	100,00	0,50	99,8	99,50	0,30
20,2	99,7	81,03	18,73	100,2	95,91	4,29	100	99,59	0,41	100,1	99,60	0,50	100,1	99,60	0,50	100	99,70	0,30
20,7	99,7	80,53	19,22	99,8	95,33	4,48	99,9	99,46	0,44	100,2	99,70	0,50	100,2	99,70	0,50	100,3	100,00	0,30
21,2	100,1	80,37	19,71	99,8	95,14	4,67	99,6	99,13	0,47	100,4	99,89	0,50	100,4	99,90	0,50	100	99,70	0,30
21,7	99,9	79,72	20,20	99,6	94,76	4,86	100,2	99,70	0,50	100,3	99,79	0,51	100,3	99,80	0,50	100,2	99,90	0,30
22,2	100,3	79,56	20,68	99,7	94,67	5,05	100,1	99,57	0,53	100,3	99,79	0,51	100,3	99,80	0,50	99,8	99,50	0,30

Energi 18 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
22,7	99,9	78,76	21,16	99,5	94,29	5,24	99,7	99,14	0,56	100	99,49	0,51	100	99,50	0,50	99,9	99,60	0,30
23,2	99,7	78,14	21,63	99,6	94,20	5,42	100	99,41	0,59	100	99,49	0,51	100	99,50	0,50	100,1	99,80	0,30
23,7	99,5	77,52	22,09	100	94,39	5,61	99,9	99,29	0,62	100,3	99,78	0,51	100,3	99,80	0,50	99,9	99,60	0,30
24,2	99,8	77,29	22,56	99,7	93,93	5,79	100	99,36	0,64	100	99,48	0,52	100	99,50	0,50	99,9	99,60	0,30
24,7	99,7	76,76	23,01	99,6	93,65	5,97	99,9	99,23	0,67	100,2	99,68	0,52	100,2	99,70	0,50	99,7	99,40	0,30
25,2	99,6	76,23	23,46	99,6	93,47	6,15	99,8	99,10	0,70	100,2	99,68	0,52	100,2	99,70	0,50	99,8	99,50	0,30
25,7	99,5	75,71	23,91	99,7	93,39	6,33	99,6	98,87	0,73	100,1	99,58	0,52	100,1	99,60	0,50	99,6	99,30	0,30
26	99,5	75,44	24,18	99,5	93,09	6,44	99,8	99,05	0,75	99,9	99,38	0,52	99,9	99,40	0,50	99,9	99,60	0,30
27	99,3	74,42	25,06	99,6	92,83	6,80	99,8	98,99	0,81	99,7	99,17	0,53	99,7	99,20	0,50	99,7	99,40	0,30
28	99,2	73,49	25,92	99,8	92,66	7,16	99,8	98,93	0,88	100	99,46	0,54	100	99,50	0,50	99,6	99,30	0,30
29	99,3	72,72	26,77	99,7	92,21	7,52	99,6	98,66	0,94	100,1	99,56	0,54	100,1	99,60	0,50	99,6	99,30	0,30
30	98,7	71,46	27,60	99,6	91,76	7,87	99,7	98,69	1,01	99,7	99,15	0,55	99,7	99,20	0,50	99,5	99,20	0,30
31	98,6	70,58	28,42	98,9	90,76	8,23	99,6	98,53	1,08	99,4	98,85	0,56	99,4	98,90	0,50	99,5	99,20	0,30
32	98,4	69,64	29,22	99	90,49	8,59	99,4	98,26	1,15	99,1	98,54	0,56	99,1	98,60	0,50	99,5	99,20	0,30
33	98,5	68,93	30,02	98,9	90,04	8,96	99,1	97,88	1,23	99,3	98,73	0,57	99,3	98,80	0,50	99,2	98,90	0,30
34	98	67,82	30,80	98,9	89,68	9,32	98,9	97,61	1,31	99,1	98,52	0,58	99,1	98,60	0,50	98,6	98,30	0,30
35	97,9	66,99	31,57	98,5	88,95	9,69	99	97,62	1,39	99,1	98,51	0,59	99,1	98,60	0,50	98,5	98,20	0,30
36	98	66,31	32,33	98,6	88,67	10,07	98,6	97,14	1,48	99	98,40	0,60	99	98,50	0,50	98,6	98,30	0,31
37	97,2	65,04	33,08	97,7	87,49	10,45	98,3	96,75	1,57	99	98,39	0,61	99	98,50	0,50	98,3	98,00	0,31
38	96,6	63,92	33,83	98,2	87,56	10,84	98,2	96,56	1,67	98,7	98,08	0,63	98,7	98,20	0,50	97,9	97,60	0,31
39	96,5	63,15	34,56	98,2	87,17	11,23	98,1	96,36	1,78	97,9	97,27	0,64	97,9	97,40	0,51	98,2	97,90	0,31
40	95,7	61,93	35,29	97,7	86,33	11,64	97,9	96,05	1,89	98,1	97,46	0,65	98,1	97,60	0,51	97,8	97,50	0,31
41	95,4	61,05	36,00	97,3	85,58	12,05	97,5	95,55	2,00	97,8	97,14	0,67	97,8	97,30	0,51	97,4	97,10	0,31
42	94,8	60,00	36,71	97,1	84,99	12,47	97,2	95,13	2,13	97,5	96,83	0,69	97,5	97,00	0,51	97,1	96,80	0,31

Energi 18 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
43	93,7	58,64	37,42	96,6	84,14	12,90	96,7	94,52	2,26	96,8	96,12	0,71	96,8	96,31	0,51	96,9	96,60	0,31
44	93,4	57,80	38,11	96,5	83,63	13,34	96,3	93,99	2,39	96,7	96,00	0,73	96,7	96,20	0,51	96,1	95,80	0,32
45	92,5	56,61	38,80	96,2	82,94	13,78	96,2	93,76	2,54	96,5	95,77	0,75	96,5	96,00	0,51	96	95,70	0,32
46	91,9	55,61	39,49	95,7	82,07	14,24	95,6	93,02	2,69	95,8	95,06	0,78	95,8	95,30	0,52	95,7	95,39	0,32
47	90,8	54,33	40,17	95,3	81,28	14,71	95,3	92,58	2,86	95,7	94,93	0,80	95,7	95,20	0,52	95,1	94,79	0,32
48	90,1	53,30	40,84	94,5	80,14	15,20	94,2	91,35	3,03	95,1	94,31	0,83	95,1	94,60	0,52	94,6	94,29	0,32
49	89,2	52,18	41,51	94	79,25	15,69	93,8	90,79	3,21	94,4	93,58	0,87	94,4	93,90	0,53	94,1	93,79	0,33
50	88,1	50,95	42,17	93,3	78,19	16,20	93,2	90,03	3,40	93,9	93,05	0,90	93,9	93,40	0,53	93,7	93,39	0,33
51	87,1	49,80	42,83	92,7	77,20	16,72	92,5	89,16	3,61	93,1	92,23	0,94	93,1	92,60	0,53	92,7	92,39	0,34
52	85,7	48,44	43,48	92,2	76,30	17,25	91,8	88,29	3,82	92,4	91,49	0,98	92,4	91,90	0,54	92,2	91,89	0,34
53	84,3	47,10	44,13	91,1	74,89	17,79	90,5	86,84	4,05	91,6	90,66	1,03	91,6	91,10	0,54	91,6	91,28	0,35
54	83,1	45,89	44,77	90,7	74,06	18,35	89,9	86,05	4,29	90,8	89,82	1,07	90,8	90,30	0,55	90,5	90,18	0,35
55	81,7	44,60	45,41	89,5	72,57	18,92	89,3	85,25	4,54	89,9	88,89	1,13	89,9	89,40	0,55	89	88,68	0,36
56	80,4	43,38	46,04	88,6	71,32	19,50	88,2	83,96	4,80	88,4	87,35	1,19	88,4	87,90	0,56	88,4	88,08	0,36
57	78,6	41,91	46,67	87,2	69,68	20,09	86,9	82,48	5,08	87,8	86,70	1,25	87,8	87,30	0,57	87,5	87,17	0,37
58	77,1	40,63	47,30	86,1	68,28	20,70	85,7	81,09	5,38	86,8	85,66	1,32	86,8	86,30	0,58	86,3	85,97	0,38
59	75,6	39,37	47,92	84,3	66,33	21,32	84,3	79,51	5,69	85,2	84,01	1,39	85,2	84,70	0,59	85,1	84,77	0,39
60	73,9	38,03	48,53	83,3	65,01	21,96	83,3	78,29	6,01	83,8	82,57	1,47	83,8	83,30	0,60	83,8	83,46	0,40
61	71,8	36,51	49,15	81,7	63,23	22,60	81,4	76,23	6,35	82,3	81,02	1,56	82,3	81,80	0,61	82	81,66	0,42
62	70	35,17	49,75	80,2	61,55	23,26	79,5	74,17	6,71	80,4	79,07	1,65	80,4	79,90	0,63	80,3	79,95	0,43
63	68,3	33,91	50,35	78,3	59,56	23,93	77,8	72,29	7,08	78,6	77,22	1,75	78,6	78,09	0,64	78,4	78,05	0,45
64	66,5	32,62	50,95	76,4	57,60	24,61	76,1	70,41	7,47	77	75,56	1,86	77	76,49	0,66	76,4	76,04	0,47
65	64	31,01	51,54	74,2	55,42	25,31	73,8	67,99	7,88	75	73,51	1,98	75	74,49	0,68	74,7	74,33	0,49
66	61,8	29,58	52,13	72,1	53,35	26,01	72	66,02	8,30	72,7	71,16	2,11	72,7	72,19	0,71	72,5	72,13	0,51

Energi 18 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
67	60	28,37	52,71	69,9	51,22	26,73	69,7	63,60	8,75	70,6	69,01	2,25	70,6	70,08	0,73	70,3	69,92	0,54
68	57,9	27,05	53,29	67,1	48,68	27,45	67,5	61,28	9,21	68,1	66,47	2,40	68,1	67,58	0,76	68,1	67,71	0,57
69	55,7	25,70	53,86	65,2	46,82	28,19	64,9	58,61	9,70	65,7	64,02	2,56	65,7	65,18	0,79	65	64,61	0,60
70	53,1	24,20	54,43	62,7	44,56	28,93	62,1	55,77	10,20	63,2	61,47	2,73	63,2	62,68	0,83	62,8	62,40	0,64
71	50,9	22,91	54,99	59,9	42,12	29,69	59,8	53,39	10,72	60,5	58,74	2,91	60,5	59,97	0,87	59,9	59,49	0,68
72	48,5	21,56	55,55	57,5	39,99	30,45	56,7	50,32	11,26	57,7	55,90	3,11	57,7	57,17	0,91	57,3	56,88	0,73
73	46,5	20,42	56,10	54,7	37,62	31,22	54,4	47,97	11,82	55,2	53,37	3,32	55,2	54,67	0,96	54,6	54,18	0,78
74	44,2	19,16	56,64	52,1	35,43	31,99	51,5	45,11	12,40	52,3	50,44	3,55	52,3	51,77	1,02	52,2	51,77	0,83
75	42	17,98	57,18	49	32,94	32,77	48,8	42,46	13,00	49,6	47,72	3,79	49,6	49,06	1,08	49,2	48,76	0,90
76	39,6	16,75	57,71	46,1	30,63	33,56	45,8	39,56	13,62	46,4	44,52	4,05	46,4	45,87	1,15	46,3	45,85	0,97
77	37	15,45	58,24	43	28,23	34,35	43	36,87	14,26	43,4	41,52	4,32	43,4	42,87	1,22	43,1	42,65	1,04
78	34,7	14,31	58,76	40,4	26,20	35,15	40	34,03	14,92	40,6	38,73	4,61	40,6	40,07	1,31	40,2	39,75	1,13
79	32,8	13,36	59,28	37,5	24,02	35,95	37,5	31,65	15,59	38,1	36,22	4,92	38,1	37,57	1,40	37,7	37,24	1,22
80	30,4	12,22	59,79	34,7	21,95	36,76	34,6	28,96	16,29	34,8	32,97	5,25	34,8	34,28	1,50	35	34,54	1,32
81	28,2	11,20	60,29	32,2	20,10	37,56	31,8	26,39	17,01	32,2	30,40	5,60	32,2	31,68	1,61	32,3	31,84	1,43
82	26,2	10,27	60,79	29,4	18,12	38,37	29,2	24,02	17,74	29,6	27,84	5,96	29,6	29,09	1,73	29,4	28,94	1,55
83	23,8	9,22	61,28	27	16,42	39,18	26,8	21,84	18,49	27	25,29	6,35	27	26,50	1,86	26,9	26,45	1,69
84	22,1	8,45	61,76	24,5	14,70	39,99	24,3	19,62	19,26	24,7	23,03	6,75	24,7	24,21	2,00	24,3	23,85	1,83
85	20	7,55	62,24	22,1	13,08	40,80	22,2	17,75	20,04	22,1	20,51	7,18	22,1	21,62	2,16	21,9	21,46	1,99
86	18,3	6,82	62,71	20	11,68	41,61	20	15,83	20,84	20,1	18,57	7,63	20,1	19,63	2,32	19,9	19,47	2,16
87	16,5	6,08	63,18	18	10,37	42,42	17,8	13,94	21,66	17,9	16,45	8,10	17,9	17,45	2,51	17,8	17,38	2,35
88	14,9	5,42	63,64	15,7	8,91	43,22	16	12,40	22,49	16	14,62	8,60	16	15,57	2,70	15,7	15,30	2,55
89	13,3	4,78	64,09	14,1	7,89	44,02	14,1	10,81	23,34	14,3	13,00	9,11	14,3	13,88	2,92	14	13,61	2,77
90	11,9	4,22	64,54	12,4	6,84	44,82	12,3	9,32	24,20	12,7	11,47	9,65	12,7	12,30	3,15	12,4	12,03	3,00

Energi 18 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
91	10,7	3,75	64,98	11	5,98	45,61	11,1	8,32	25,07	11,3	10,15	10,21	11,3	10,92	3,39	11,1	10,74	3,25
92	9,7	3,36	65,41	9,9	5,31	46,40	9,9	7,33	25,95	10,1	9,01	10,80	10,1	9,73	3,66	10	9,65	3,52
93	8,7	2,97	65,84	9	4,75	47,19	9	6,58	26,84	9	7,97	11,41	9	8,65	3,94	8,9	8,56	3,81
94	8	2,70	66,26	8,1	4,21	47,97	8,2	5,93	27,74	8,3	7,30	12,03	8,3	7,95	4,25	8,2	7,86	4,11
95	7,4	2,47	66,67	7,3	3,74	48,74	7,5	5,35	28,66	7,6	6,64	12,69	7,6	7,25	4,57	7,5	7,17	4,44
96	6,9	2,27	67,08	6,8	3,43	49,51	7,1	5,00	29,57	7,1	6,15	13,36	7,1	6,75	4,91	7	6,66	4,79
97	6,4	2,08	67,49	6,5	3,23	50,27	6,6	4,59	30,50	6,6	5,67	14,06	6,6	6,25	5,28	6,7	6,35	5,16
98	6,2	1,99	67,88	6,1	2,99	51,02	6,2	4,25	31,43	6,4	5,45	14,78	6,4	6,04	5,67	6,3	5,95	5,55
99	6	1,90	68,27	5,8	2,80	51,77	6	4,06	32,37	6,2	5,24	15,52	6,2	5,82	6,08	6,1	5,74	5,97
100	5,7	1,79	68,66	5,7	2,71	52,51	5,8	3,87	33,31	6	5,02	16,28	6	5,61	6,51	5,9	5,52	6,41
101	5,5	1,70	69,03	5,5	2,57	53,24	5,7	3,75	34,25	5,8	4,81	17,06	5,8	5,40	6,96	5,8	5,40	6,87
102	5,4	1,65	69,41	5,5	2,53	53,96	5,6	3,63	35,20	5,8	4,76	17,86	5,8	5,37	7,44	5,7	5,28	7,35
103	5,4	1,63	69,77	5,3	2,40	54,67	5,5	3,51	36,15	5,6	4,55	18,67	5,6	5,16	7,94	5,6	5,16	7,86
104	5,3	1,58	70,13	5,3	2,37	55,37	5,5	3,46	37,10	5,6	4,51	19,51	5,6	5,13	8,47	5,6	5,13	8,39
105	5,3	1,56	70,49	5,2	2,28	56,07	5,4	3,35	38,04	5,5	4,38	20,36	5,5	5,00	9,02	5,5	5,01	8,95
106	5,2	1,52	70,84	5,3	2,29	56,75	5,4	3,29	38,99	5,5	4,33	21,23	5,5	4,97	9,60	5,4	4,89	9,53
107	5,2	1,50	71,18	5,2	2,21	57,42	5,4	3,24	39,93	5,5	4,28	22,12	5,5	4,94	10,20	5,6	5,03	10,14
108	5,1	1,45	71,52	5,2	2,18	58,09	5,4	3,19	40,87	5,5	4,23	23,02	5,5	4,90	10,82	5,5	4,91	10,77
109	5,1	1,44	71,85	5	2,06	58,74	5,4	3,14	41,81	5,4	4,11	23,93	5,4	4,78	11,47	5,4	4,78	11,42
110	5,1	1,42	72,18	5	2,03	59,39	5,2	2,98	42,74	5,4	4,06	24,86	5,4	4,74	12,14	5,3	4,66	12,10
111	5	1,38	72,50	5	2,00	60,02	5,3	2,99	43,66	5,4	4,01	25,80	5,4	4,71	12,83	5,3	4,62	12,80
112	5	1,36	72,81	5,1	2,01	60,65	5,2	2,88	44,58	5,4	3,96	26,75	5,4	4,67	13,55	5,4	4,67	13,52
113	5	1,34	73,12	5	1,94	61,26	5,2	2,83	45,49	5,3	3,83	27,71	5,3	4,54	14,29	5,3	4,54	14,27
114	4,9	1,30	73,43	5	1,91	61,87	5,1	2,73	46,40	5,3	3,78	28,67	5,3	4,50	15,05	5,3	4,50	15,03

Energi 18 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
115	5	1,31	73,73	5	1,88	62,46	5,1	2,69	47,29	5,3	3,73	29,65	5,3	4,46	15,83	5,2	4,38	15,82
116	4,9	1,27	74,02	4,9	1,81	63,04	5	2,59	48,18	5,3	3,68	30,63	5,3	4,42	16,63	5,2	4,34	16,63
117	4,8	1,23	74,31	4,8	1,75	63,61	5	2,55	49,06	5,2	3,56	31,61	5,2	4,29	17,46	5,1	4,21	17,46
118	4,8	1,22	74,60	4,8	1,72	64,18	5	2,50	49,93	5,2	3,50	32,60	5,2	4,25	18,30	5,1	4,17	18,31
119	4,7	1,18	74,88	4,8	1,69	64,73	5	2,46	50,79	5,2	3,45	33,60	5,2	4,20	19,16	5,1	4,12	19,17
120	4,8	1,19	75,16	4,9	1,70	65,27	4,9	2,37	51,63	5,1	3,34	34,59	5,1	4,08	20,04	5	4,00	20,06
121	4,7	1,15	75,43	4,8	1,64	65,80	4,9	2,33	52,47	5,1	3,29	35,59	5,1	4,03	20,93	5,1	4,03	20,96
122	4,7	1,14	75,70	4,7	1,58	66,33	4,9	2,29	53,29	5	3,17	36,58	5	3,91	21,84	5,1	3,98	21,87
123	4,6	1,11	75,96	4,7	1,56	66,84	4,9	2,25	54,11	5,1	3,18	37,58	5,1	3,94	22,76	5,1	3,94	22,80
124	4,6	1,09	76,22	4,6	1,50	67,34	4,9	2,21	54,91	5	3,07	38,57	5	3,82	23,70	5	3,81	23,74
125	4,7	1,11	76,47	4,6	1,48	67,83	4,9	2,17	55,70	4,9	2,96	39,56	4,9	3,69	24,65	5	3,77	24,69
126	4,5	1,05	76,72	4,6	1,46	68,32	4,8	2,09	56,47	4,9	2,91	40,54	4,9	3,65	25,61	4,9	3,64	25,66
127	4,5	1,04	76,97	4,6	1,44	68,79	4,8	2,05	57,24	5	2,92	41,52	5	3,67	26,58	4,9	3,59	26,63
128	4,5	1,03	77,21	4,6	1,41	69,25	4,8	2,02	57,99	4,9	2,82	42,50	4,9	3,55	27,55	4,8	3,47	27,62
129	4,5	1,01	77,45	4,6	1,39	69,71	4,8	1,98	58,73	4,9	2,77	43,47	4,9	3,50	28,54	4,9	3,50	28,61
130	4,4	0,98	77,68	4,5	1,34	70,15	4,7	1,91	59,45	4,9	2,72	44,43	4,9	3,45	29,53	4,9	3,45	29,61
131	4,4	0,97	77,91	4,5	1,32	70,59	4,7	1,87	60,17	4,9	2,68	45,38	4,9	3,40	30,53	4,8	3,33	30,61
132	4,4	0,96	78,14	4,5	1,30	71,02	4,7	1,84	60,87	4,8	2,58	46,33	4,8	3,29	31,54	4,8	3,28	31,62
133	4,4	0,95	78,36	4,5	1,29	71,44	4,6	1,77	61,55	4,7	2,48	47,26	4,7	3,17	32,54	4,7	3,17	32,63
134	4,4	0,94	78,58	4,4	1,24	71,85	4,7	1,78	62,23	4,7	2,44	48,19	4,7	3,12	33,55	4,8	3,19	33,64
135	4,4	0,93	78,79	4,3	1,19	72,25	4,6	1,71	62,89	4,7	2,39	49,11	4,7	3,08	34,56	4,7	3,07	34,65
136	4,3	0,90	79,01	4,4	1,20	72,64	4,5	1,64	63,53	4,6	2,30	50,01	4,6	2,96	35,58	4,7	3,02	35,67
137	4,3	0,89	79,22	4,3	1,16	73,03	4,5	1,61	64,17	4,6	2,26	50,91	4,6	2,92	36,59	4,7	2,98	36,68
138	4,2	0,86	79,42	4,4	1,17	73,41	4,5	1,58	64,79	4,7	2,27	51,79	4,7	2,93	37,59	4,6	2,87	37,69

Energi 18 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25cm x 25cm (HDR)			25cm x 25cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
139	4,2	0,86	79,62	4,2	1,10	73,78	4,5	1,56	65,40	4,6	2,18	52,66	4,6	2,82	38,60	4,6	2,82	38,70
140	4,1	0,83	79,82	4,2	1,09	74,14	4,4	1,50	66,00	4,6	2,14	53,52	4,6	2,78	39,60	4,6	2,77	39,70
141	4,1	0,82	80,02	4,2	1,07	74,49	4,4	1,47	66,58	4,6	2,10	54,36	4,6	2,73	40,60	4,6	2,73	40,70
142	4,1	0,81	80,21	4,2	1,06	74,84	4,4	1,45	67,15	4,6	2,06	55,19	4,6	2,69	41,59	4,5	2,62	41,70
143	4,1	0,80	80,40	4,1	1,02	75,18	4,4	1,42	67,71	4,6	2,02	56,01	4,6	2,64	42,58	4,4	2,52	42,69
144	4,1	0,80	80,59	4,1	1,00	75,52	4,4	1,40	68,26	4,5	1,94	56,82	4,5	2,54	43,56	4,5	2,54	43,67
145	4,2	0,81	80,77	4,1	0,99	75,84	4,4	1,37	68,80	4,5	1,91	57,61	4,5	2,50	44,53	4,5	2,49	44,64
146	4	0,76	80,95	4,1	0,98	76,16	4,3	1,32	69,32	4,5	1,87	58,39	4,5	2,45	45,49	4,4	2,39	45,60
147	4	0,75	81,13	4,1	0,96	76,47	4,3	1,30	69,83	4,4	1,80	59,15	4,4	2,36	46,45	4,4	2,35	46,56
148	4	0,75	81,30	4,1	0,95	76,78	4,3	1,28	70,33	4,4	1,76	59,90	4,4	2,31	47,39	4,5	2,36	47,50
149	3,9	0,72	81,48	4	0,92	77,08	4,2	1,23	70,82	4,4	1,73	60,64	4,4	2,27	48,33	4,4	2,27	48,44
150	4,1	0,75	81,65	4	0,90	77,38	4,2	1,21	71,30	4,4	1,70	61,36	4,4	2,23	49,25	4,4	2,23	49,36

Tabel G.5. Hasil Perbandingan PDD Energi 21 MeV untuk Variasi Lapangan

Energi 21 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25 cm x 25 cm (HDR)			25 cm x 25 cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
0	93,7	100,00	6,72	92,8	96,79	4,30	92,7	93,05	0,38	92,4	92,43	0,03	92,8	92,80	0,00	92,9	92,62	0,30
0,2	93,3	99,27	6,40	92,9	96,79	4,19	92,5	92,84	0,36	92,3	92,33	0,03	93,1	93,10	0,00	92,7	92,42	0,30
0,7	93,5	98,73	5,60	92,8	96,44	3,92	92,1	92,40	0,33	92,5	92,52	0,03	93,2	93,20	0,00	93	92,72	0,30
1,2	93,4	97,89	4,81	92,8	96,19	3,65	92,8	93,07	0,29	93,1	93,12	0,02	93,4	93,40	0,00	93,8	93,52	0,30
1,7	94	97,79	4,03	94,4	97,60	3,39	93,7	93,94	0,25	94	94,02	0,02	94,3	94,30	0,00	94,6	94,32	0,30
2,2	95,3	98,41	3,27	95,3	98,29	3,14	94,8	95,01	0,22	94,6	94,62	0,02	94,9	94,90	0,00	95,5	95,21	0,30
2,7	96	98,41	2,51	96,1	98,88	2,89	95,6	95,78	0,19	95,3	95,32	0,02	95,7	95,70	0,00	95,9	95,61	0,30
3,2	96,9	98,62	1,77	96,3	98,85	2,65	96	96,15	0,16	95,8	95,82	0,02	96,2	96,20	0,00	96,4	96,11	0,30
3,7	97,1	98,11	1,04	96,9	99,24	2,41	96,4	96,52	0,13	96,4	96,42	0,02	96,5	96,50	0,00	97,1	96,81	0,30
4,2	97,6	97,91	0,32	97,3	99,42	2,18	96,8	96,90	0,10	96,8	96,81	0,02	97,2	97,20	0,00	97,1	96,81	0,30
4,7	98	97,62	0,39	97,8	99,71	1,95	97,1	97,17	0,07	97,1	97,11	0,01	97,3	97,30	0,00	97,4	97,11	0,30
5,2	98,2	97,13	1,09	97,7	99,39	1,73	97,2	97,24	0,05	97,4	97,41	0,01	97,7	97,70	0,00	97,8	97,51	0,30
5,7	98,4	96,65	1,78	98,2	99,69	1,51	97,9	97,92	0,02	97,7	97,71	0,01	97,9	97,90	0,00	97,8	97,51	0,30
6,2	98,5	96,08	2,46	98,4	99,68	1,30	98,3	98,30	0,00	97,5	97,51	0,01	98,2	98,20	0,00	98,5	98,21	0,30
6,7	99,1	96,00	3,13	98,5	99,58	1,09	98,5	98,47	0,03	97,8	97,81	0,01	98,1	98,10	0,00	98,5	98,21	0,30
7,2	99	95,25	3,79	98,4	99,27	0,89	98,5	98,45	0,05	98	98,01	0,01	98,4	98,40	0,00	98,8	98,50	0,30
7,7	99,4	94,99	4,44	98,9	99,58	0,69	98,8	98,73	0,07	98,4	98,41	0,01	98,4	98,40	0,00	98,7	98,40	0,30
8,2	99,5	94,44	5,08	99,1	99,59	0,49	98,8	98,71	0,09	98,3	98,31	0,01	98,7	98,70	0,00	98,8	98,50	0,30
8,7	99,6	93,91	5,71	99,7	100,00	0,30	98,9	98,79	0,11	98,7	98,71	0,01	98,9	98,90	0,00	98,8	98,50	0,30
9,2	100	93,66	6,34	99,2	99,31	0,11	99,3	99,17	0,13	98,8	98,81	0,01	99	99,00	0,00	98,9	98,60	0,30
9,7	99,6	92,68	6,95	99,6	99,53	0,07	99,2	99,06	0,15	98,5	98,51	0,01	99	99,00	0,00	99,1	98,80	0,30
10,2	100,1	92,53	7,56	99,7	99,45	0,25	99,5	99,34	0,16	98,8	98,81	0,01	99,3	99,30	0,00	99,4	99,10	0,30

Energi 21 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25 cm x 25 cm (HDR)			25 cm x 25 cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
10,7	99,7	91,57	8,16	99,7	99,27	0,43	99,3	99,12	0,18	99,1	99,11	0,01	99,3	99,30	0,00	99,6	99,30	0,30
11,2	99,9	91,16	8,75	100	99,40	0,60	99,4	99,21	0,20	99,2	99,21	0,01	99,4	99,40	0,00	99,4	99,10	0,30
11,7	100	90,67	9,33	99,9	99,13	0,77	99,8	99,59	0,21	99,3	99,30	0,00	99,6	99,60	0,00	99,5	99,20	0,30
12,2	100,4	90,46	9,90	100	99,06	0,94	99,8	99,57	0,23	99,5	99,50	0,00	99,5	99,50	0,00	99,5	99,20	0,30
12,7	99,8	89,35	10,47	99,9	98,80	1,10	99,9	99,66	0,24	99,2	99,20	0,00	99,6	99,60	0,00	99,7	99,40	0,30
13,2	100,1	89,06	11,03	100	98,74	1,26	99,7	99,45	0,26	99,2	99,20	0,00	99,8	99,80	0,00	99,8	99,50	0,30
13,7	100,1	88,50	11,58	100,4	98,98	1,42	99,8	99,53	0,27	99,4	99,40	0,00	99,7	99,70	0,00	100,1	99,80	0,30
14,2	100,1	87,96	12,13	100,3	98,73	1,57	99,9	99,62	0,28	99,9	99,90	0,00	99,7	99,70	0,00	99,3	99,00	0,30
14,7	99,9	87,25	12,67	100,4	98,67	1,72	100	99,71	0,29	99,6	99,60	0,00	99,8	99,80	0,00	100,1	99,80	0,30
15,2	100,2	86,98	13,20	100,3	98,42	1,87	100,2	99,89	0,31	99,5	99,50	0,00	99,8	99,80	0,00	99,7	99,40	0,30
15,7	100,5	86,71	13,72	100,3	98,28	2,02	99,7	99,38	0,32	99,4	99,40	0,00	99,8	99,80	0,00	99,9	99,60	0,30
16,2	100,2	85,93	14,24	100	97,84	2,16	100,1	99,77	0,33	99,4	99,40	0,00	99,9	99,90	0,00	99,8	99,50	0,30
16,7	99,9	85,16	14,75	99,8	97,50	2,30	100,2	99,86	0,34	99,6	99,60	0,00	100	100,00	0,00	100	99,70	0,30
17,2	100	84,74	15,26	100,3	97,85	2,44	100,3	99,94	0,35	99,5	99,50	0,00	99,8	99,80	0,00	100,3	100,00	0,30
17,7	100	84,24	15,76	100,4	97,81	2,58	100,3	99,93	0,37	99,7	99,70	0,00	99,9	99,90	0,00	99,7	99,40	0,30
18,2	100	83,75	16,25	100	97,28	2,72	100	99,62	0,38	100	100,00	0,00	99,9	99,90	0,00	99,7	99,40	0,30
18,7	99,9	83,18	16,74	100,1	97,25	2,85	99,8	99,41	0,39	99,6	99,60	0,00	99,8	99,80	0,00	99,5	99,20	0,30
19,2	100	82,78	17,22	100,2	97,21	2,98	100,4	100,00	0,40	99,6	99,60	0,00	99,8	99,80	0,00	99,4	99,10	0,30
19,7	99,8	82,14	17,70	100,3	97,18	3,11	99,8	99,39	0,41	99,6	99,60	0,00	99,9	99,90	0,00	99,5	99,20	0,30
20,2	99,8	81,67	18,17	100	96,76	3,24	99,7	99,28	0,42	99,6	99,60	0,00	99,8	99,80	0,00	100,1	99,80	0,30
20,7	99,5	80,96	18,64	100,1	96,73	3,37	100	99,57	0,43	99,7	99,70	0,00	99,9	99,90	0,00	99,8	99,50	0,30
21,2	99,6	80,58	19,10	100,1	96,60	3,49	100	99,56	0,44	99,3	99,30	0,00	99,8	99,80	0,00	99,6	99,30	0,30
21,7	99,4	79,97	19,55	100,2	96,57	3,62	100,1	99,65	0,45	99,7	99,70	0,00	99,6	99,60	0,00	99,7	99,40	0,30
22,2	100	80,00	20,00	99,9	96,16	3,74	100,2	99,74	0,46	99,4	99,40	0,00	99,7	99,70	0,00	99,6	99,30	0,30

Energi 21 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25 cm x 25 cm (HDR)			25 cm x 25 cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
22,7	99,6	79,23	20,45	100,2	96,33	3,86	100	99,53	0,47	99,5	99,50	0,00	99,7	99,70	0,00	100	99,70	0,30
23,2	99,6	78,79	20,89	99,9	95,92	3,98	99,6	99,12	0,48	99,2	99,20	0,00	99,7	99,70	0,00	99,8	99,50	0,30
23,7	99,7	78,44	21,33	100	95,89	4,11	99,5	99,01	0,49	99,4	99,40	0,00	99,8	99,80	0,00	99,5	99,20	0,30
24,2	99,3	77,69	21,76	99,7	95,49	4,22	99,9	99,40	0,50	99,6	99,60	0,00	99,7	99,70	0,00	99,2	98,90	0,30
24,7	99,5	77,42	22,19	100	95,66	4,34	99,8	99,29	0,51	99,5	99,50	0,00	99,7	99,70	0,00	99,6	99,30	0,30
25,2	99,5	77,00	22,61	99,5	95,06	4,46	99,7	99,18	0,52	99,6	99,59	0,01	99,6	99,60	0,00	99,5	99,20	0,30
25,7	99,1	76,28	23,03	99,5	94,94	4,58	99,7	99,17	0,54	99,2	99,19	0,01	99,4	99,40	0,00	99,9	99,60	0,30
26	99,2	76,11	23,28	99,7	95,06	4,65	99,5	98,96	0,54	99,2	99,19	0,01	99,7	99,70	0,00	99,4	99,10	0,30
27	99,2	75,29	24,10	99,7	94,83	4,88	99,7	99,14	0,56	99,3	99,29	0,01	99,6	99,60	0,00	99,3	99,00	0,30
28	99	74,34	24,91	99,2	94,13	5,12	99,6	99,01	0,59	98,9	98,89	0,01	99,5	99,50	0,00	99,3	99,00	0,30
29	99,2	73,70	25,70	99,4	94,08	5,35	99,4	98,79	0,61	99,1	99,09	0,01	99,2	99,20	0,00	99,3	99,00	0,30
30	98,6	72,49	26,48	98,7	93,19	5,58	99,3	98,67	0,64	98,8	98,79	0,01	99,2	99,20	0,00	99,4	99,10	0,30
31	98,6	71,73	27,25	98,8	93,05	5,81	99,3	98,64	0,66	98,7	98,69	0,01	99	99,00	0,00	99,5	99,20	0,30
32	98,6	70,98	28,01	98,6	92,63	6,05	99,2	98,51	0,69	99	98,99	0,01	99,2	99,20	0,00	99	98,70	0,30
33	98,4	70,11	28,75	99	92,77	6,29	99	98,29	0,72	98,7	98,68	0,02	99,1	99,10	0,00	98,9	98,60	0,30
34	97,8	68,96	29,49	98,4	91,97	6,53	98,6	97,86	0,75	98,5	98,48	0,02	98,9	98,90	0,00	99	98,70	0,30
35	98	68,39	30,21	98,3	91,64	6,77	98,4	97,63	0,79	98,2	98,18	0,02	98,6	98,60	0,00	98,8	98,50	0,30
36	97,3	67,21	30,93	98,4	91,49	7,02	98,7	97,89	0,82	98,3	98,28	0,02	98,4	98,40	0,00	98,4	98,11	0,30
37	97,7	66,79	31,64	97,5	90,40	7,28	98,4	97,56	0,86	97,9	97,88	0,02	98,4	98,40	0,00	98,3	98,01	0,30
38	97,2	65,77	32,33	97,7	90,34	7,54	98,2	97,32	0,90	97,6	97,57	0,03	98,2	98,20	0,00	98,1	97,81	0,30
39	96,4	64,56	33,03	97,4	89,80	7,80	97,7	96,78	0,94	97,7	97,67	0,03	98	98,00	0,00	98,4	98,10	0,30
40	96,4	63,90	33,71	97,6	89,72	8,07	97,4	96,44	0,98	97,4	97,37	0,03	97,6	97,60	0,00	97,7	97,41	0,30
41	96,1	63,05	34,39	97,2	89,08	8,35	97,3	96,30	1,03	97,3	97,26	0,04	97,6	97,60	0,00	97,8	97,51	0,30
42	95,5	62,02	35,06	97	88,62	8,64	97,1	96,05	1,08	97,3	97,26	0,04	97,4	97,40	0,00	97,8	97,51	0,30

Energi 21 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25 cm x 25 cm (HDR)			25 cm x 25 cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
43	95,3	61,25	35,72	96,8	88,15	8,93	97	95,90	1,14	96,6	96,56	0,05	97,3	97,30	0,00	97,2	96,91	0,30
44	94,8	60,31	36,39	96,2	87,32	9,23	96,8	95,64	1,20	96,2	96,15	0,05	97	97,00	0,00	97	96,71	0,30
45	94,4	59,43	37,04	95,9	86,75	9,55	96,1	94,89	1,26	96,6	96,55	0,06	96,7	96,70	0,00	96,6	96,31	0,30
46	93,9	58,51	37,69	96	86,53	9,87	95,8	94,53	1,32	96	95,94	0,06	96,3	96,30	0,00	96,3	96,01	0,30
47	93,2	57,47	38,34	95,3	85,58	10,20	95,7	94,37	1,39	95,8	95,73	0,07	96,1	96,10	0,00	96,4	96,11	0,30
48	92,4	56,38	38,98	95	84,99	10,54	95,5	94,10	1,47	95,2	95,13	0,07	95,8	95,80	0,00	96,2	95,91	0,30
49	91,9	55,49	39,62	94,8	84,48	10,89	94,8	93,33	1,55	95	94,92	0,08	95,6	95,60	0,00	95,3	95,01	0,30
50	91,1	54,43	40,25	94,5	83,87	11,25	95	93,45	1,63	94,9	94,81	0,09	95,4	95,40	0,00	95,4	95,11	0,30
51	90,3	53,38	40,88	94,2	83,25	11,63	94,3	92,68	1,72	94,1	94,01	0,10	94,9	94,90	0,00	94,8	94,51	0,30
52	89,2	52,17	41,51	93,5	82,27	12,01	94	92,29	1,82	93,8	93,70	0,11	94,7	94,70	0,00	94,7	94,41	0,30
53	88,8	51,39	42,13	92,9	81,37	12,41	93,5	91,71	1,92	93,5	93,39	0,12	94,1	94,10	0,00	94,4	94,11	0,30
54	87,8	50,26	42,75	92,8	80,91	12,82	92,9	91,02	2,03	93	92,88	0,13	93,6	93,59	0,01	93,9	93,61	0,30
55	86,9	49,21	43,37	92,2	79,99	13,24	92,4	90,42	2,14	92,8	92,66	0,15	93,2	93,19	0,01	93,3	93,02	0,30
56	86,3	48,34	43,99	91,8	79,25	13,67	92,2	90,11	2,27	92,1	91,95	0,16	92,6	92,59	0,01	92,7	92,42	0,31
57	85,5	47,37	44,60	91,1	78,23	14,12	91,7	89,50	2,40	92	91,84	0,18	91,9	91,89	0,01	92,6	92,32	0,31
58	84	46,03	45,21	90,5	77,30	14,58	91	88,69	2,53	91,1	90,92	0,20	91,5	91,49	0,01	91,6	91,32	0,31
59	82,9	44,92	45,81	89,8	76,28	15,06	90,1	87,69	2,68	90,5	90,31	0,22	90,7	90,69	0,01	91,3	91,02	0,31
60	82	43,94	46,42	89,2	75,33	15,55	89,5	86,96	2,84	89,7	89,49	0,24	90,4	90,39	0,01	90,2	89,92	0,31
61	80,2	42,49	47,02	88,4	74,21	16,05	88,5	85,85	3,00	89	88,77	0,26	89,5	89,49	0,01	89,3	89,02	0,31
62	79,2	41,49	47,61	87,3	72,84	16,56	87,8	85,01	3,17	88,5	88,25	0,29	88,8	88,79	0,02	88,6	88,32	0,31
63	77,7	40,24	48,21	86,8	71,97	17,09	87,1	84,17	3,36	87,6	87,32	0,31	87,8	87,78	0,02	88	87,72	0,32
64	76,5	39,17	48,80	85,4	70,34	17,63	85,9	82,85	3,55	86,6	86,30	0,35	86,9	86,88	0,02	87	86,72	0,32
65	74,7	37,81	49,38	84,8	69,38	18,19	84,9	81,71	3,76	85,3	84,98	0,38	85,8	85,78	0,02	86,2	85,92	0,32
66	73,3	36,67	49,97	83,6	67,92	18,76	84,3	80,95	3,98	84,2	83,85	0,42	84,9	84,88	0,03	84,8	84,53	0,32

Energi 21 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25 cm x 25 cm (HDR)			25 cm x 25 cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
67	71,9	35,56	50,55	82,9	66,87	19,34	82,4	78,93	4,21	83,2	82,82	0,46	83,5	83,47	0,03	83,8	83,53	0,33
68	69,9	34,16	51,13	81,3	65,09	19,93	81,5	77,87	4,45	82,3	81,89	0,50	82,3	82,27	0,04	83,1	82,82	0,33
69	68,8	33,23	51,70	80,2	63,72	20,54	80,5	76,71	4,71	80,7	80,25	0,55	81	80,97	0,04	81,5	81,23	0,34
70	66,8	31,89	52,27	78,2	61,65	21,17	79,1	75,17	4,97	79,4	78,92	0,60	79,5	79,46	0,05	80,2	79,93	0,34
71	65,1	30,71	52,83	76,9	60,14	21,80	77,8	73,71	5,26	78,2	77,68	0,66	78,1	78,06	0,05	78,7	78,43	0,35
72	63,4	29,55	53,39	75,5	58,55	22,45	75,9	71,69	5,55	76,5	75,94	0,73	76,5	76,45	0,06	77,1	76,83	0,35
73	61,6	28,37	53,95	74,2	57,06	23,10	74,6	70,23	5,86	75,1	74,50	0,80	74,9	74,85	0,07	75,8	75,53	0,36
74	59,9	27,25	54,51	73	55,64	23,78	72,9	68,39	6,19	73,2	72,56	0,87	73,4	73,34	0,08	73,9	73,63	0,37
75	57,9	26,02	55,05	70,8	53,48	24,46	71,3	66,64	6,53	71,7	71,02	0,95	71,9	71,83	0,09	72,4	72,12	0,38
76	56,4	25,04	55,60	69	51,65	25,15	69,4	64,62	6,89	69,7	68,97	1,04	69,7	69,63	0,10	70,6	70,32	0,39
77	54,7	23,99	56,14	67,1	49,75	25,85	67,3	62,41	7,27	68,1	67,33	1,14	68	67,92	0,12	68,8	68,52	0,41
78	52,7	22,83	56,67	65,1	47,80	26,57	65,6	60,58	7,66	66	65,18	1,24	65,8	65,71	0,13	66,7	66,42	0,42
79	50,9	21,78	57,20	63,4	46,10	27,29	63,6	58,47	8,06	64,1	63,23	1,35	63,9	63,80	0,15	64,9	64,62	0,44
80	49,3	20,84	57,73	61,1	43,98	28,02	61,5	56,28	8,49	62,1	61,19	1,47	61,7	61,59	0,17	62,7	62,41	0,46
81	47,2	19,71	58,25	58,8	41,89	28,76	59,2	53,91	8,93	59,6	58,64	1,60	59,3	59,18	0,20	60,5	60,21	0,48
82	45,5	18,76	58,76	56,9	40,11	29,51	57,2	51,83	9,39	57,4	56,40	1,74	57,1	56,97	0,22	58	57,71	0,50
83	43,7	17,80	59,27	54,4	37,93	30,27	54,7	49,30	9,87	55,3	54,25	1,90	55	54,86	0,25	55,9	55,60	0,53
84	41,6	16,73	59,78	52,4	36,14	31,04	52,8	47,33	10,37	53,1	52,01	2,06	52,6	52,45	0,28	53,6	53,30	0,56
85	40	15,89	60,28	50,1	34,17	31,81	50,3	44,83	10,88	50,6	49,47	2,23	50,2	50,04	0,32	51,4	51,09	0,59
86	37,9	14,87	60,77	47,7	32,16	32,58	48	42,52	11,41	48,3	47,13	2,42	47,7	47,53	0,36	48,8	48,49	0,63
87	35,9	13,91	61,26	45,1	30,05	33,36	45,3	39,88	11,96	45,9	44,70	2,62	45,3	45,12	0,41	46	45,69	0,67
88	34	13,01	61,74	42,6	28,05	34,15	42,9	37,52	12,53	43,1	41,88	2,83	42,6	42,41	0,46	43,8	43,48	0,72
89	32,3	12,20	62,22	40,1	26,09	34,94	40,2	34,93	13,12	40,6	39,36	3,06	39,9	39,70	0,51	41	40,68	0,77
90	30,2	11,27	62,69	37,5	24,10	35,73	37,7	32,53	13,72	37,7	36,46	3,30	37,4	37,18	0,58	38,5	38,18	0,83

Energi 21 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25 cm x 25 cm (HDR)			25 cm x 25 cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
91	28,1	10,35	63,15	35,2	22,34	36,53	35,2	30,15	14,35	35,6	34,33	3,56	35	34,77	0,64	35,8	35,48	0,90
92	26,5	9,64	63,61	32,6	20,43	37,33	32,4	27,54	14,99	33	31,74	3,83	32,2	31,97	0,72	33,4	33,08	0,97
93	24,7	8,88	64,07	30,3	18,75	38,13	30,4	25,64	15,64	30,5	29,24	4,12	29,9	29,66	0,80	31,2	30,87	1,04
94	22,9	8,13	64,51	28	17,10	38,93	28,3	23,68	16,32	28,2	26,95	4,43	27,6	27,35	0,89	28,8	28,48	1,13
95	21,2	7,43	64,95	25,9	15,61	39,73	25,9	21,49	17,01	26	24,76	4,75	25,5	25,25	0,99	26,4	26,08	1,22
96	19,6	6,78	65,39	23,7	14,09	40,53	23,5	19,34	17,72	23,8	22,59	5,09	23,1	22,85	1,10	24,2	23,88	1,32
97	18,2	6,22	65,82	21,4	12,56	41,33	21,6	17,62	18,44	21,7	20,52	5,45	21,1	20,84	1,22	22	21,68	1,44
98	16,9	5,70	66,24	19,8	11,46	42,13	19,9	16,08	19,18	19,8	18,65	5,83	19,4	19,14	1,35	20,2	19,89	1,56
99	15,4	5,13	66,66	18,1	10,33	42,92	18,2	14,57	19,94	18,2	17,07	6,23	17,8	17,54	1,49	18,4	18,09	1,69
100	14,1	4,64	67,07	16,5	9,29	43,72	16,5	13,08	20,70	16,6	15,50	6,64	16,1	15,84	1,64	16,9	16,59	1,83
101	12,9	4,20	67,48	14,8	8,21	44,51	14,8	11,62	21,49	15,1	14,03	7,08	14,6	14,34	1,80	15,3	15,00	1,99
102	11,8	3,79	67,88	13,3	7,28	45,30	13,4	10,41	22,28	13,6	12,58	7,53	13,2	12,94	1,98	13,9	13,60	2,15
103	11	3,49	68,27	12,4	6,69	46,08	12,4	9,54	23,09	12,4	11,41	8,01	12,2	11,94	2,17	12,6	12,31	2,33
104	10,2	3,20	68,66	11,4	6,06	46,86	11,4	8,67	23,91	11,6	10,61	8,50	11,2	10,93	2,38	11,6	11,31	2,53
105	9,5	2,94	69,04	10,4	5,45	47,63	10,6	7,98	24,74	10,6	9,64	9,02	10,4	10,13	2,59	10,7	10,41	2,74
106	8,8	2,69	69,42	9,5	4,90	48,40	9,6	7,14	25,58	9,7	8,77	9,55	9,5	9,23	2,83	9,8	9,51	2,96
107	8,2	2,48	69,79	8,8	4,47	49,16	9	6,62	26,43	8,9	8,00	10,11	8,8	8,53	3,08	9,1	8,81	3,20
108	7,8	2,33	70,16	8,1	4,06	49,92	8,3	6,03	27,29	8,4	7,50	10,69	8,3	8,02	3,35	8,4	8,11	3,46
109	7,2	2,12	70,51	7,5	3,70	50,67	7,9	5,68	28,16	7,8	6,92	11,28	7,6	7,32	3,63	7,9	7,61	3,73
110	7	2,04	70,87	7,2	3,50	51,41	7,3	5,18	29,04	7,3	6,43	11,90	7,2	6,92	3,94	7,4	7,10	4,02
111	6,5	1,87	71,22	6,7	3,21	52,14	6,9	4,84	29,92	7	6,12	12,53	6,9	6,61	4,26	7	6,70	4,32
112	6,2	1,76	71,56	6,4	3,02	52,87	6,6	4,57	30,81	6,7	5,82	13,19	6,7	6,39	4,60	6,6	6,29	4,65
113	6,1	1,71	71,90	6,2	2,88	53,59	6,3	4,30	31,70	6,4	5,51	13,86	6,4	6,08	4,96	6,5	6,18	4,99
114	5,9	1,64	72,23	6	2,74	54,30	6,2	4,18	32,60	6,3	5,38	14,56	6,2	5,87	5,34	6,2	5,87	5,36

Energi 21 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25 cm x 25 cm (HDR)			25 cm x 25 cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
115	5,9	1,62	72,56	5,9	2,65	55,01	6	3,99	33,50	6,2	5,25	15,27	6,1	5,75	5,73	6,2	5,84	5,74
116	5,7	1,55	72,88	5,7	2,53	55,70	5,9	3,87	34,40	6,1	5,12	16,00	6	5,63	6,15	6	5,63	6,14
117	5,7	1,53	73,19	5,7	2,49	56,39	5,9	3,82	35,31	5,9	4,91	16,74	5,9	5,51	6,59	5,9	5,51	6,56
118	5,6	1,48	73,50	5,6	2,40	57,06	5,8	3,70	36,21	5,8	4,78	17,51	5,8	5,39	7,05	5,9	5,49	7,01
119	5,5	1,44	73,81	5,5	2,32	57,73	5,7	3,58	37,12	5,8	4,74	18,28	5,8	5,36	7,53	5,8	5,37	7,47
120	5,5	1,42	74,11	5,4	2,25	58,39	5,6	3,47	38,02	5,8	4,69	19,08	5,8	5,33	8,03	5,7	5,25	7,95
121	5,4	1,38	74,41	5,3	2,17	59,04	5,6	3,42	38,93	5,7	4,57	19,89	5,7	5,21	8,55	5,7	5,22	8,46
122	5,4	1,37	74,70	5,3	2,14	59,68	5,5	3,31	39,83	5,7	4,52	20,71	5,6	5,09	9,09	5,6	5,10	8,98
123	5,3	1,33	74,98	5,3	2,10	60,31	5,5	3,26	40,73	5,6	4,39	21,55	5,7	5,15	9,66	5,6	5,07	9,53
124	5,3	1,31	75,27	5,3	2,07	60,93	5,5	3,21	41,63	5,6	4,35	22,40	5,6	5,03	10,24	5,6	5,03	10,09
125	5,3	1,30	75,54	5,2	2,00	61,54	5,4	3,10	42,52	5,6	4,30	23,26	5,6	4,99	10,84	5,6	5,00	10,68
126	5,3	1,28	75,82	5,3	2,01	62,14	5,4	3,06	43,41	5,5	4,17	24,13	5,5	4,87	11,47	5,5	4,88	11,28
127	5,2	1,24	76,08	5,2	1,94	62,73	5,3	2,95	44,29	5,5	4,12	25,01	5,5	4,83	12,11	5,5	4,84	11,91
128	5,1	1,21	76,35	5,2	1,91	63,31	5,3	2,91	45,17	5,4	4,00	25,90	5,5	4,80	12,78	5,4	4,72	12,55
129	5,1	1,19	76,61	5,1	1,84	63,88	5,3	2,86	46,04	5,5	4,03	26,80	5,4	4,67	13,46	5,4	4,69	13,22
130	5,1	1,18	76,86	5,1	1,81	64,44	5,3	2,81	46,90	5,5	3,98	27,71	5,4	4,64	14,16	5,4	4,65	13,90
131	5,1	1,17	77,11	5,1	1,79	65,00	5,2	2,72	47,76	5,4	3,85	28,63	5,4	4,60	14,88	5,4	4,61	14,61
132	5,1	1,15	77,36	5	1,72	65,54	5,3	2,72	48,61	5,4	3,80	29,55	5,3	4,47	15,62	5,4	4,57	15,33
133	5	1,12	77,60	5	1,70	66,07	5,2	2,63	49,45	5,4	3,75	30,47	5,3	4,43	16,37	5,3	4,45	16,06
134	5	1,11	77,84	5	1,67	66,59	5,2	2,59	50,28	5,4	3,70	31,40	5,3	4,39	17,14	5,2	4,33	16,82
135	4,9	1,07	78,08	5	1,64	67,11	5,1	2,49	51,10	5,3	3,59	32,34	5,3	4,35	17,93	5,3	4,37	17,59
136	4,9	1,06	78,31	4,9	1,59	67,61	5,1	2,45	51,91	5,3	3,54	33,27	5,3	4,31	18,73	5,2	4,24	18,37
137	4,9	1,05	78,53	4,9	1,56	68,11	5	2,36	52,72	5,2	3,42	34,21	5,3	4,26	19,55	5,2	4,20	19,17
138	4,9	1,04	78,76	4,8	1,51	68,59	5,1	2,37	53,51	5,2	3,37	35,15	5,2	4,14	20,38	5,2	4,16	19,99

Energi 21 MeV																		
z (mm)	5 cm x 5 cm			10 cm x 10 cm			15 cm x 15 cm			20 cm x 20 cm			25 cm x 25 cm (HDR)			25 cm x 25 cm (LDR)		
	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)	%D (meas)	%D (calc)	δ (%)
139	4,8	1,01	78,98	4,8	1,48	69,07	5,1	2,33	54,29	5,2	3,32	36,09	5,2	4,10	21,23	5,1	4,04	20,82
140	4,7	0,98	79,19	4,8	1,46	69,53	5	2,25	55,07	5,1	3,21	37,02	5,2	4,05	22,08	5,2	4,07	21,66
141	4,7	0,97	79,41	4,7	1,41	69,99	5	2,21	55,83	5,2	3,23	37,96	5,1	3,93	22,95	5,1	3,95	22,51
142	4,7	0,96	79,62	4,7	1,39	70,44	5	2,17	56,58	5,1	3,12	38,89	5,1	3,88	23,83	5	3,83	23,38
143	4,7	0,95	79,82	4,7	1,37	70,88	4,9	2,09	57,32	5	3,01	39,83	5,1	3,84	24,71	5	3,79	24,25
144	4,7	0,94	80,03	4,7	1,35	71,31	4,8	2,01	58,05	5	2,96	40,75	5	3,72	25,61	5,1	3,82	25,14
145	4,7	0,93	80,22	4,7	1,33	71,74	4,9	2,02	58,76	5	2,92	41,68	5	3,67	26,52	5	3,70	26,03
146	4,6	0,90	80,42	4,6	1,28	72,15	4,9	1,99	59,47	5	2,87	42,59	5	3,63	27,43	5	3,65	26,93
147	4,6	0,89	80,61	4,5	1,23	72,56	4,8	1,91	60,16	4,9	2,77	43,51	5	3,58	28,35	4,9	3,54	27,84
148	4,6	0,88	80,80	4,6	1,24	72,96	4,8	1,88	60,85	4,9	2,72	44,41	4,9	3,47	29,27	4,9	3,49	28,75
149	4,5	0,86	80,99	4,5	1,20	73,35	4,8	1,85	61,52	4,9	2,68	45,31	4,9	3,42	30,20	5	3,52	29,67
150	4,4	0,83	81,18	4,5	1,18	73,73	4,8	1,82	62,18	4,9	2,64	46,21	4,9	3,37	31,13	4,9	3,40	30,59
151	4,5	0,84	81,36	4,4	1,14	74,11	4,8	1,78	62,82	4,8	2,54	47,09	4,9	3,33	32,07	4,9	3,36	31,52
152	4,4	0,81	81,54	4,5	1,15	74,48	4,7	1,72	63,46	4,9	2,55	47,97	4,9	3,28	33,00	4,9	3,31	32,45
153	4,4	0,80	81,71	4,4	1,11	74,84	4,7	1,69	64,08	4,8	2,46	48,84	4,8	3,17	33,94	4,8	3,20	33,38
154	4,5	0,82	81,88	4,5	1,12	75,19	4,7	1,66	64,70	4,9	2,46	49,70	4,8	3,13	34,88	4,8	3,15	34,31
155	4,4	0,79	82,05	4,5	1,10	75,54	4,7	1,63	65,30	4,8	2,37	50,55	4,8	3,08	35,82	4,7	3,04	35,25
156	4,3	0,76	82,22	4,3	1,04	75,88	4,7	1,60	65,89	4,8	2,33	51,39	4,7	2,97	36,76	4,7	3,00	36,18
157	4,3	0,76	82,39	4,3	1,02	76,21	4,6	1,54	66,47	4,7	2,25	52,21	4,8	2,99	37,70	4,7	2,96	37,11
158	4,4	0,77	82,55	4,4	1,03	76,53	4,6	1,52	67,03	4,7	2,21	53,03	4,7	2,88	38,63	4,7	2,91	38,04
159	4,2	0,73	82,71	4,3	1,00	76,85	4,5	1,46	67,59	4,7	2,17	53,84	4,7	2,84	39,56	4,7	2,87	38,97
160	4,3	0,74	82,87	4,2	0,96	77,17	4,5	1,43	68,14	4,6	2,09	54,64	4,7	2,80	40,49	4,7	2,82	39,90

LAMPIRAN H

```

clc
clear all
close all

load Data6MeV

for j=1:5
    for i=1:103

D(i,j)=((erf((2.5*j)/(sqrt(2)*Data6MeV(i,(2*j))))^2)*(Data6MeV(i,((2*j)+1
)))/(erf(2.5*j*(1+(Data6MeV(i,1)/100))/(sqrt(2)*Data6MeV(i,(2*j))))^2));
        end
    end

for i=1:103

D(i,6)=((erf((2.5*5)/(sqrt(2)*Data6MeV(i,(2*6))))^2)*(Data6MeV(i,((2*6)+1
)))/(erf(2.5*5*(1+(Data6MeV(i,1)/100))/(sqrt(2)*Data6MeV(i,(2*6))))^2));
        end

for i=1:6
    m=max(D(:,i));
    S(:,i)=D(:,i)*100/m;
end

```

```

clc
clear all
close all

load Data9MeV

for j=1:5
    for i=1:128

D(i,j)=((erf((2.5*j)/(sqrt(2)*Data9MeV(i,(2*j))))^2)*(Data9MeV(i,((2*j)+1
)))/(erf(2.5*j*(1+(Data9MeV(i,1)/100))/(sqrt(2)*Data9MeV(i,(2*j))))^2));
        end
    end

for i=1:128

D(i,6)=((erf((2.5*5)/(sqrt(2)*Data9MeV(i,(2*6))))^2)*(Data9MeV(i,((2*6)+1
)))/(erf(2.5*5*(1+(Data9MeV(i,1)/100))/(sqrt(2)*Data9MeV(i,(2*6))))^2));
        end

for i=1:6
    m=max(D(:,i));
    S(:,i)=D(:,i)*100/m;
end

```

```

clc
clear all
close all

load Data15MeV

for j=1:5

```

```

    for i=1:162

D(i,j)=((erf((2.5*j)/(sqrt(2)*Data15MeV(i,(2*j))))^2)*(Data15MeV(i,((2*j)
+1)))/(erf(2.5*j*(1+(Data15MeV(i,1)/100))/(sqrt(2)*Data15MeV(i,(2*j))))^2
));
        end
    end

    for i=1:162

D(i,6)=((erf((2.5*5)/(sqrt(2)*Data15MeV(i,(2*6))))^2)*(Data15MeV(i,((2*6)
+1)))/(erf(2.5*5*(1+(Data15MeV(i,1)/100))/(sqrt(2)*Data15MeV(i,(2*6))))^2
));
        end

    for i=1:6
        m=max(D(:,i));
        S(:,i)=D(:,i)*100/m;
    end
end

```

```

clc
clear all
close all

load Data18MeV

for j=1:5
    for i=1:178

D(i,j)=((erf((2.5*j)/(sqrt(2)*Data18MeV(i,(2*j))))^2)*(Data18MeV(i,((2*j)
+1)))/(erf(2.5*j*(1+(Data18MeV(i,1)/100))/(sqrt(2)*Data18MeV(i,(2*j))))^2
));
        end
    end

    for i=1:178

D(i,6)=((erf((2.5*5)/(sqrt(2)*Data18MeV(i,(2*6))))^2)*(Data18MeV(i,((2*6)
+1)))/(erf(2.5*5*(1+(Data18MeV(i,1)/100))/(sqrt(2)*Data18MeV(i,(2*6))))^2
));
        end

    for i=1:6
        m=max(D(:,i));
        S(:,i)=D(:,i)*100/m;
    end
end

```

```

clc
clear all
close all

load Data21MeV

for j=1:5
    for i=1:188

D(i,j)=((erf((2.5*j)/(sqrt(2)*Data21MeV(i,(2*j))))^2)*(Data21MeV(i,((2*j)
+1)))/(erf(2.5*j*(1+(Data21MeV(i,1)/100))/(sqrt(2)*Data21MeV(i,(2*j))))^2
));
        end
    end
end

```

```
for i=1:188

D(i,6)=((erf((2.5*5)/(sqrt(2)*Data21MeV(i,(2*6))))^2)*(Data21MeV(i,((2*6)
+1)))/(erf(2.5*5*(1+(Data21MeV(i,1)/100))/(sqrt(2)*Data21MeV(i,(2*6))))^2
));
end

for i=1:6
m=max(D(:,i));
S(:,i)=D(:,i)*100/m;
end
```



LAMPIRAN I

Perbedaan data (*discrepancy*) diukur dengan persamaan berikut;

$$\delta = \left| \frac{D_{calc} - D_{meas}}{D_{meas}} \right| \times 100\%$$

Dengan D_{calc} adalah data kalkulasi, D_{meas} sebagai data pengukuran, dan δ sebagai perbedaan (*discrepancy*) di antara keduanya. Nilai perbedaan dihitung untuk setiap kedalaman di setiap ukuran lapangan dan setiap energi, kemudian dirata-rata untuk setiap ukuran lapangan.

