

**STUDI KOMPARASI HOMOGENITAS *BACKSCATTERING*
FACTOR SEBARAN RADIASI Cs-137 MENGGUNAKAN
FANTOM STANDAR DAN FANTOM REPLIKA**

SKRIPSI



NURIL JANNAH ZAIN

**PROGRAM STUDI S1 FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

2022

**STUDI KOMPARASI HOMOGENITAS *BACKSCATTERING FACTOR*
SEBARAN RADIASI Cs-137 MENGGUNAKAN FANTOM STANDAR
DAN FANTOM REPLIKA**

SKRIPSI



NURIL JANNAH ZAIN

**PROGRAM STUDI S1 FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
2022**

**STUDI KOMPARASI HOMOGENITAS *BACKSCATTERING FACTOR*
SEBARAN RADIASI Cs-137 MENGGUNAKAN FANTOM STANDAR
DAN FANTOM REPLIKA**

SKRIPSI

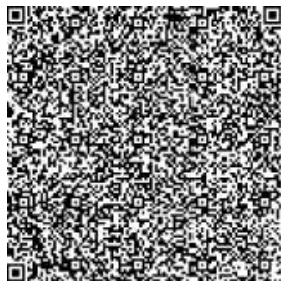
Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Fisika
Pada Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Airlangga

NURIL JANNAH ZAIN

081811333004

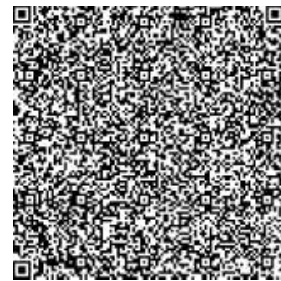
Disetujui oleh:

Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. Suhariningsih
NIP. 195206271979012001

Pembimbing II



Betty Rahayuningsih S.Si., M.Si.
NIP.197103061999032001

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Studi Komparasi Homogenitas *Backscattering Factor* Sebaran Radiasi Cs-137 Menggunakan Fantom Standar dan Fantom Replika

Penyusun : Nuril Jannah Zain

NIM : 081811333004

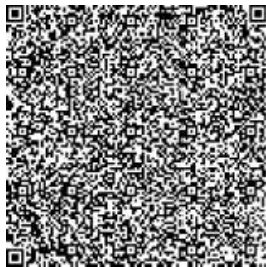
Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. Suhariningsih.

Pembimbing II : Betty Rahayuningsih S.Si., M.Si.

Tanggal Seminar : 12 Agustus 2022

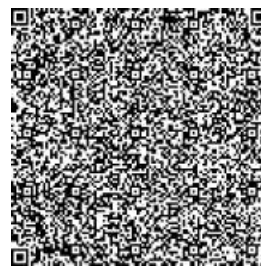
Disetujui oleh:

Pembimbing I



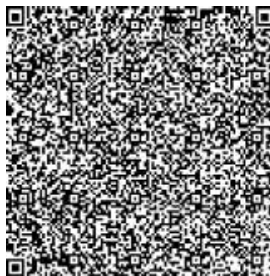
Prof. Dr. Ir. Suhariningsih
NIP. 195206271979012001

Pembimbing II



Betty Rahayuningsih S.Si., M.Si.
NIP.197103061999032001

Mengetahui,
Ketua Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga



Herri Trilaksana, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP.197712282003121003

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penyusun dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah.

Dokumen skripsi ini merupakan hak miliki Universitas Airlangga.

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nuril Jannah Zain
NIM : 081811333004
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul :

STUDI KOMPARASI HOMOGENITAS *BACKSCATTERING FACTOR*
SEBARAN RADIASI CS-137 MENGGUNAKAN FANTOM STANDAR DAN
FANTOM REPLIKA

Apabila suatu saat nanti terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya siap menerima sanksi yang telah ditentukan. Demikian surat pernyataan ini saya buat sebenar-benarnya.

Surabaya, 15 Agustus 2022



Nuril Jannah Zain

081811333004

Nuril Jannah Zain, 2022, Studi Komparasi Homogenitas *Backscattering Factor* Sebaran Radiasi Cs-137 Menggunakan Fantom Standar dan Fantom Replika. Skripsi ini dibawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Suhariningsih dan Betty Rahayuningsih S.Si., M.Si., Program Studi S-1 Fisika, Departemen Fisika, fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

ABSTRAK

Penggunaan radiasi banyak dikembangkan di berbagai bidang, khususnya dalam bidang kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk uji homogenitas melalui pola sebaran radiasi Cs-137 di daerah fantom, serta menghitung nilai *backscatter factor* (BSF) pada fantom PMMA standar dan fantom replika berbahan resin dan hardener. Proses pengambilan data dilakukan melalui penyinaran sumber Cs-137 pada 9 titik di daerah kedua fantom tersebut dan di udara menggunakan DPE Polimaster seri PM1610. Variasi dosis penyinaran yang digunakan sebesar $28\mu Sv$, $34\mu Sv$, dan $42\mu Sv$ dengan absorber 1/10. Nilai sebaran dosis di permukaan fantom diolah menggunakan *software* surfer untuk mendapatkan visualisasi pola sebaran radiasi. Hasil analisis membuktikan bahwa titik A3 dengan koordinat (7,5, -7,5) memiliki dosis dengan nilai efektivitas lebih besar daripada titik pusat sumber radiasi (0,0) yaitu titik B2. Namun persebaran dosis Cs-137 pada daerah fantom termasuk homogen, karena nilai simpangan di setiap titik masih pada rentang aman dalam proteksi radiasi yaitu $1\pm 20\%$. Kemudian menghitung nilai BSF dengan membagi nilai dosis di permukaan fantom dengan nilai dosis di udara pada titik koordinat masing-masing. Dihasilkan bahwa pada fantom standar dan fantom replika memiliki rata-rata nilai BSF yang relatif sama yaitu 1,04. Sehingga dapat disimpulkan bahwa fantom replika dapat digunakan dalam proses kalibrasi melalui uji respon terhadap radiasi yaitu nilai BSF.

Kata Kunci : *Backscatter Factor* (BSF), DPE Polimaster, Fantom, Homogenitas.

Nuril Jannah Zain, 2022, Comparative Study of Backscattering Factor Homogeneity of Cs-137 Radiation Distribution Using Standard Phantom and Replica Phantom. This thesis is under the guidance of Prof. Dr. Ir. Suhariningsih and Betty Rahayuningsih S.Si., M.Sc., Undergraduate Physics Study Program, Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Airlangga University, Surabaya.

ABSTRACT

The use of radiation has been widely developed in various fields, especially in the health sector. This study aims to test the homogeneity through the distribution pattern of Cs-137 radiation in the phantom area, as well as to calculate the backscatter factor (BSF) value in standard PMMA phantoms and replica phantoms made of resin and hardener. The data collection process was carried out by irradiating a Cs-137 source at 9 points in the area of the two phantoms and in the air using DPE Polimaster PM1610 series. Variations in the irradiation dose used were 28 μ Sv, 34 μ Sv, and 42 μ Sv with 1/10 absorber. The dose distribution value on the phantom surface is processed using surfer software to obtain a visualization of the radiation distribution pattern. The results of the analysis prove that point A3 with coordinates (7.5, -7.5) has a more optimal dose than the central point of the radiation source (0.0), namely point B2. However, the dose of Cs-137 in the phantom area is homogeneous, because the deviation value at each point is still within the safe range in radiation protection, which is $1 \pm 20\%$. Then calculate the BSF value by dividing the dose value on the phantom surface by the dose value in the air at each coordinate point. The result is that the standard phantom and replica phantom have an average BSF value that is relatively the same, namely 1.04. So it can be said that the phantom replica can be used in the calibration process through the response to radiation test, namely the BSF value.

Keywords: *Backscatter Factor* (BSF), DPE Polimaster, Phantom, Homogeneity.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Studi Komparasi Homogenitas *Backscattering Factor* Sebaran Radiasi Cs-137 Menggunakan Fantom Standar dan Fantom Replika” ini dapat terselesaikan dengan baik. Sholawat serta salam tetap terlimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai teladan yang baik bagi umat manusia.

Skripsi ini disusun sebagai syarat kelulusan mata kuliah skripsi, serta sebagai salah satu persyaratan akademik dalam menyelesaikan program studi sarjana Fisika di Departemen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga Surabaya. Skripsi ini disusun untuk uji homogenitas yang ditentukan dari pola sebaran sumber radiasi Cs-137 di BPFK Surabaya. Serta menguji *backscatter factor* (BSF) atau hamburan balik fantom standar dan fantom replika yang penulis buat. Penulis berhadap dengan penelitian ini juga dapat membantu lembaga pengujian kalibrasi khususnya BPFK Surabaya untuk terus meningkatkan kualitas kalibrasi alat radiasi.

Penulis menyadari bahwa pada penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan perlu adanya pengembangan melalui variasi-variasi yang berbeda. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi menghasilkan literatur yang berkualitas untuk akademisi selanjutnya. Semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagi semua pihak pembaca.

Surabaya, 26 Juli 2022

Penyusun

Nuril Jannah Zain

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji Syukur kehadiran Allah SWT berkat rahmatnya penulis dapat menyelesaikan naskah skripsi ini. Adapun dalam terselesaikannya skripsi ini tentu tidak terlepas dari kontribusi berbagai pihak. Dengan itu penulis menyampaikan ucapan terimakasih sebanyak-banyaknya kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini, khususnya kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Sainul Hasan dan Ibu Nurul Kamariyah yang selalu mengusahakan yang terbaik dan menjadi sosok yang selalu penulis banggakan. Serta senantiasa memberikan dukungan moril dan materiil;
2. Prof. Dr. Moh. Yasin, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga Surabaya;
3. Bapak Herri Trilaksana, S.Si, M.Si, Ph.D selaku Ketua Departemen Fisika yang selalu membimbing dan membantu dalam proses akademik serta lancarnya penyusunan skripsi;
4. Bapak Samian, S.Si., selaku dosen wali penulis yang senantiasa memberikan arahan, nasehat, dan dukungan kepada penulis selama menempuh pendidikan sarjana fisika di departemen fisika Universitas Airlangga;
5. Prof. Dr. Ir. Suhariningsih selaku dosen pembimbing I atas segala bantuan, bimbingan, berbagai konsultasi yang telah dilakukan, semangat dan waktu yang telah diberikan demi tersusunnya naskah skripsi ini;
6. Ibu Betty Rahayuningsih, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing II atas segala bantuan, bimbingan, berbagai konsultasi yang telah dilakukan dan dukungannya dalam penyusunan naskah skripsi ini;
7. Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti S.Si, M.Si, selaku pembimbing laboratorium Biofisika Medis, atas segala bantuan, dukungan dan semangatnya untuk penulis;
8. Bapak Ir. Kardiyanto selaku kepala Lab Kalibrasi dan Alat Ukur Radiasi (KAUR) BPFK Surabaya, serta para anggota Lab, Ibu Cintya, Ibu Kandi, dan Ibu Wiwik, atas pendampingan, arahan, saran dan kritik yang diberikan secara tulus kepada penulis;

9. Bapak dan Ibu Dosen Universitas Airlangga khususnya di bidang Biofisika dan Fisika Medis yang telah memberikan ilmu pengetahuan, wawasan yang luas serta keikhlasan mendidiknya kepada penulis hingga menyelesaikan pendidikan tinggi ini;
10. Adiburrohman, sudah menjadi *human diary* dan menyediakan ruang untuk berekspresi dan berkeluh kesah;
11. Reza destiani selaku *partner* dalam mengerjakan penelitian skripsi, atas kerjasama dan doanya;
12. Teman-teman prodi fisika Universitas Airlangga angkatan 2018, khususnya peminatan Biofisika dan Fisika Medis yang telah saling membantu dan berjuang sama-sama khususnya Fifi dan Arszyllah;
13. Semua Pihak yang terlibat dan membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu;

Akhir kata penulis mengharapkan semoga Allah SWT memberikan imbalan yang lebih baik dari yang telah diusahakan untuk pihak-pihak yang telah berkontribusi, dan semoga dapat menjadi amal ibadah. Amin Yaa Robbal ‘Alamin.

Surabaya, 26 Juli 2022

Penyusun

Nuril Jannah Zain

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iv
SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	viii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.5.1 Manfaat Teoritis	5
1.5.2 Manfaat Praktis.....	5
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Radiasi Gamma.....	6
2.1.1 Proses Terjadinya Sinar Gamma	7
2.1.2 Interaksi Foton dengan Materi.....	8
2.1.3 Radioaktif Cs-137.....	11
2.2 Iradiator Cs-137	13
2.3 Satuan Dosis Radiasi	14

2.3.1 Paparan (X).....	14
2.3.2 Dosis Serap (D)	15
2.3.3 Dosis Ekvivalen (H)	15
2.3.4 Dosis Efektif (Et).....	16
2.3.5 Dosis Kolektif (S).....	17
2.4 Detektor Radiasi	17
2.4.1 Detektor Isian Gas	17
2.4.2 Detektor sintilasi.....	21
2.4.3 Detektor Semikonduktor.....	23
2.5 Pen Dosimeter Digital	25
2.6 Fantom	27
2.6.1 Fantom PMMA Standar.....	29
2.6.2 Fantom Replika.....	30
2.7 Kalibrasi Alat Ukur Radiasi	31
2.8 Faktor Hamburan Balik (<i>Backscatter Factor</i>).....	33
BAB III.....	35
METODE PENELITIAN.....	35
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	35
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	35
3.2.1 Alat dan bahan untuk pembuatan fantom replika.....	35
3.2.2 Alat dan bahan untuk penyinaran kalibrasi	35
3.3 Variabel Penelitian	37
3.4 Rancangan Penelitian	37
3.4.1 Pembuatan Fantom replika	40
3.4.2 Pengambilan data.....	43
3.5 Metode Analisis Data	46
3.5.1 Analisis Dosis Terbaca	46
3.5.2 Analisis Homogenitas di Daerah Fantom.....	47
3.5.3 Analisis Faktor Hamburan Balik (<i>Backscatter</i>).....	48
BAB IV	49
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	49

4.1	Hasil.....	49
4.1.1	Hasil Pembuatan Fantom Replika	49
4.1.2	Hasil Pola Sebaran Radiasi Cs-137 Pada Fantom Standar dan Fantom Replika.....	49
4.1.3	Hasil Backscattering factor (BSF) pada Fantom Standar dan Fantom Replika.....	57
4.2	Pembahasan	61
BAB V.....		66
KESIMPULAN DAN SARAN.....		66
5.1	Kesimpulan.....	66
5.2	Saran	66
5.2.1	Untuk Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan (BPFK) Surabaya	67
5.2.2	Untuk akademisi dan peneliti selanjutnya	67
DAFTAR PUSTAKA		68
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Spektrum Gelombang Elektromagnetik	6
2.2	Peluruhan Sinar Gamma	7
2.3	Probabilitas interaksi atom dengan materi	9
2.4	Efek Fotolistrik	10
2.5	Hamburan Compton	11
2.6	Produksi Pasangan	11
2.7	Spektrum Cs-137	12
2.8	Skema Peluruhan Cs-137	12
2.9	Detektor isian gas	18
2.10	Pembagian wilayah operasi pada detektor isian gas	19
2.11	Prinsip kerja detektor sintilasi	23
2.12	Contoh Sambungan dioda semikonduktor tipe p dan n	24
2.13	Pen Dosimeter Digital PM1610	26
2.14	Titik respon maksimal detektor	26
2.15	Fantom untuk kalibrasi dosimeter pribadi (a) ISO water slab phantom, (b) ISO water pillar phantom, (c) ISO PMMA rod phantom	28
2.16	Hubungan antara <i>backscatter factor</i> dengan ukuran fantom untuk energi foton yang berbeda	34
3.1	Iradiator Cs-137 (a) tampak samping, (b) tampak depan	35
3.2	DPE <i>Polimaster</i> (a) tampak depan (b) tampak belakang	36
3.3	fantom (a) fantom standar (b) fantom replika	36
3.4	Latar <i>styrofoam</i> untuk penyinaran di udara	37
3.5	<i>Flowchart</i> Penelitian	39
3.6	<i>Flowchart</i> pembuatan fantom	40
3.7	Ukuran fantom	42
3.8	Skema peletakan DPE <i>Polimaster</i> pada latar penyinaran	44
3.9	<i>Setup</i> kalibrasi di udara	45
3.10	<i>Setup</i> kalibrasi di permukaan fantom	45

4.1	Hasil pembuatan fantom replika (a) tampak depan, (b) tampak belakang	49
4.2	Visualisasi pola sebaran dosis Cs-137 pada fantom standar dosis 28 μ Sv	51
4.3	Visualisasi pola sebaran dosis Cs-137 pada fantom standar dosis 34 μ Sv	52
4.4	Visualisasi pola sebaran dosis Cs-137 pada fantom standar dosis 42 μ Sv	53
4.5	Visualisasi pola sebaran dosis Cs-137 pada fantom replika dosis 28 μ Sv	54
4.6	Visualisasi pola sebaran dosis Cs-137 pada fantom replika dosis 34 μ Sv	55
4.7	Visualisasi pola sebaran dosis Cs-137 pada fantom replika dosis 42 μ Sv	56
4.8	Grafik perbandingan nilai BSF antar titik koordinat pada dosis 28 μ Sv	58
4.9	Grafik perbandingan nilai BSF antar titik koordinat pada dosis 34 μ Sv	59
4.10	Grafik perbandingan nilai BSF antar titik koordinat pada dosis 34 μ Sv	60

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Acuan komposisi material pembuatan fantom replika	31
2.2	Nilai densitas jaringan (a) hasil penelitian (b) jaringan ICRU-44	31
3.1	Hasil perbandingan fraksi volume terhadap perubahan densitas	41
3.2	<i>Worksheet</i> data kontur	48
4.1	Waktu Penyinaran	50
4.2	Data Hasil penyinaran fantom standar pada dosis 28 μSv	50
4.3	Data Hasil penyinaran fantom standar pada dosis 34 μSv	51
4.4	Data Hasil penyinaran fantom standar pada dosis 42 μSv	52
4.5	Data Hasil penyinaran fantom replika pada dosis 28 μSv	53
4.6	Data Hasil penyinaran fantom replika pada dosis 34 μSv	54
4.7	Data Hasil penyinaran fantom replika pada dosis 42 μSv	55
4.8	Nilai deviasi pada fantom standar	57
4.9	Nilai deviasi pada fantom replika	57
4.10	Hasil BSF fantom standar dan fantom replika pada dosis 28 μSv	58
4.11	Hasil BSF fantom standar dan fantom replika pada dosis 34 μSv	59
4.12	Hasil BSF fantom standar dan fantom replika pada dosis 42 μSv	60
4.13	Perbandingan hasil dosis di titik B2 dan A3	63