

SKRIPSI

**PERANCANGAN DAN VALIDASI PHANTOM
LENGAN UNTUK PENGUKURAN DOSIS SERAP
HP(10) SESUAI STANDAR ISO 4037:2019**



Oleh:

WIDYA RACHMA WULAN

NPM: 22037010024

**PROGRAM STUDI S1 FISIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR**

2026

**PERANCANGAN DAN VALIDASI PHANTOM
LENGAN UNTUK PENGUKURAN DOSIS SERAP
HP(10) SESUAI STANDAR ISO 4037:2019**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Program Studi Fisika**

Diajukan Oleh:

WIDYA RACHMA WULAN

NPM: 22037010024

PROGRAM STUDI S1 FISIKA

FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR**

2026

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN DAN VALIDASI PHANTOM LENGAN UNTUK
PENGUKURAN DOSIS SERAP HP(10) SESUAI STANDAR ISO 4037:2019**

Disusun Oleh:


WIDYA RACHMA WULAN


NPM: 22037010024

Telah Dipertahankan di Hadapan dan Diterima oleh Tim Penguji Skripsi
Fakultas Teknik dan Sains, Program Studi Fisika
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Pada Tanggal: 13 Mei 2026

Dosen Pembimbing I


Dosen Penguji I



Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., M.T.
NIP. 199101142025062005


Dr. Nur Aini Fauziah, S.Pd., M.Si.
NIP. 199011262025062001


Dosen Pembimbing II

Dosen Penguji II


Primasari Cahya Wardhani, S.Si., M.Sc.
NIP. 199211282025062001


Fajar Timur, M.Si.
NIP. 199312042024061006

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Fisika


Dr. Dira Ernawati, S.T., M.T.
NIP. 197806022021212003

Mengetahui,
DEKAN FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR


Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.
NIP. 196504031991032001

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Widya Rachma Wulan

NPM : 22037010024

Program : Sarjana (S1)

Program Studi : Fisika

Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir/Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapa pun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya 20 Mei 2026

Yang membuat pernyataan



Widya Rachma Wulan
22037010024

ABSTRAK

Penelitian berjudul “Perancangan dan Validasi Phantom Lengan untuk Pengukuran Dosis Serap Hp(10) Sesuai Standar ISO 4037:2019” ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian rancangan phantom lengan berbahan PMMA dengan variasi media air, nylon, dan polyester berdasarkan standar ISO 4037:2019, menganalisis sifat radiologis serupa dosis serap dan dosis ekuivalen menggunakan TLD Hp(10), serta membandingkan hasil uji radiologis dari ketiga media sebagai alternatif phantom radiologi. Phantom dirancang berbentuk silinder menggunakan teknologi 3D printing metode Fused Deposition Modeling (FDM) dengan bahan PMMA sebagai dinding luar dan variasi media pengisi berupa air, nylon, dan polyester. Pengujian radiologis dilakukan menggunakan sumber radiasi Cs-137 berenergi 662 keV dengan pengukuran dosis menggunakan Thermoluminescence Dosimeter (TLD) Hp(10).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain phantom lengan yang dibuat telah sesuai dengan standar ISO 4037:2019 dari segi dimensi dan volume. Hasil pengukuran rata-rata dimensi phantom sebesar 7,28 cm dengan volume tabung sebesar $1.167,14 \pm 2,64 \text{ cm}^3$ untuk medium air, $1.163,62 \pm 2,39 \text{ cm}^3$ untuk medium nylon, dan $1.165,54 \pm 4,61 \text{ cm}^3$ untuk medium polyester. Karakteristik radiologis phantom menunjukkan bahwa masing-masing media mampu memberikan respons dosis serap dan dosis ekuivalen yang stabil pada rentang 31,26 μGy – 33,45 μGy . Media nylon menghasilkan nilai dosis tertinggi, diikuti air, sedangkan polyester menunjukkan nilai dosis yang lebih rendah. Perbedaan nilai dosis dipengaruhi oleh karakteristik material yang memengaruhi kemampuan penyerapan dan interaksi radiasi. Hasil perbandingan menunjukkan rentang dosis pada media air sebesar 31,94 μGy – 32,20 μGy , nylon sebesar 33,02 μGy – 33,45 μGy , dan polyester sebesar 31,26 μGy – 32,25 μGy . Selisih dosis antar media relatif kecil, yaitu sekitar 1,00 μGy – 1,50 μGy , dan masih berada dalam batas toleransi dosimetri.

Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa phantom lengan berbahan PMMA dengan media pengisi air, nylon, dan polyester memiliki kesesuaian geometris dan karakteristik radiologis yang mendekati phantom standar, sehingga

layak digunakan sebagai alternatif media pengisi phantom untuk pengukuran dosimetri radiasi sesuai standar ISO 4037:2019.

Kata Kunci: Phantom Lengan, ISO 4037:2019, Dosis Serap, Dosis Ekuivalen, TLD Hp(10), Cs-137

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, yang atas rahmat dan karunia-Nya saya dapat menyelesaikan proposal skripsi dengan judul *“Perancangan dan Validasi Phantom Lengan untuk Pengukuran Dosis Serap Hp(10) Sesuai Standar ISO 4037:2019”* dengan baik dan lancar.

Penyusunan proposal skripsi ini merupakan langkah penting untuk melanjutkan kegiatan penelitian guna menyelesaikan Program Studi Fisika di Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Proposal ini disusun untuk memberikan gambaran umum rencana penelitian yang direncanakan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan proposal skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Dr. Dira Ernawati, S.T., M.T., Koordinator Program Studi Fisika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., M.T selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan dalam penyusunan proposal skripsi ini.
4. Ibu Primasari Cahya Wardhani, S.Si., M.Sc selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan dalam penyusunan proposal skripsi ini.
5. Ibu Arie Chintya Martania, S.Si., penulis menyampaikan rasa terima kasih atas bantuan, bimbingan dan kesedian beliau untuk membantu dalam proses pengumpulan dan pengolahan data.
6. Kedua orang tua, kakak dan abang yang telah memberikan dukungan moral, material dan telah memberikan semangat dan doa kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu.

7. Teman-teman serta seluruh pihak yang telah membantu penulis, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas kerja sama, dukungan, pengalaman, serta kenangan yang telah diberikan selama masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa proposal skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga proposal skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Penulis,

Surabaya, 20 Mei 2026

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Hipotesis.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Interaksi Radiasi Dengan Materi.....	6
2.2 Phantom.....	6
2.3 Sifat Phantom Untuk Radiasi	8
2.4 Standar ISO 4037	10
2.5 Karakteristik Phantom.....	12
2.5.1 Karakteristik Phantom Lengan Sesuai Standar ISO 4037:2019	12
2.5.2 Polymethyl Methacrylate (PMMA)	14
2.5.3 Phantom Air	15
2.5.4 Nylon.....	15
2.5.5 Polyester	16
2.5.6 Resin Epoxy	16
2.6 <i>Thermoluminescence Dosimeter (TLD)</i>	16
2.6.1 Thermoluminescence Dosimeter (TLD) Badan	17
2.7 Dosis Serap.....	18
2.8 Cesium-137	20
2.9 3D <i>Printing</i>	20

2.10	Alternatif Pengembangan Phantom.....	21
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		22
3.1	Pendekatan Penelitian	22
3.2	Bahan dan Alat Penelitian	22
3.2.1	Bahan.....	22
3.2.2	Alat Penelitian.....	24
3.2.3	Aplikasi Perangkat Lunak	25
3.3	Variabel Penelitian	25
3.3.1	Variabel Bebas	25
3.3.2	Variabel Terikat	25
3.3.3	Variabel Kontrol.....	26
3.4	Metode Pengumpulan Data	26
3.4.1	Pengumpulan Data Sifat Fisik.....	26
3.4.2	Pengumpulan Data Radiologis.....	27
3.5	Alur Kerja Penelitian.....	29
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		33
4.1	Hasil Perancangan dan Karakteristik Phantom Lengan	33
4.2	Hasil Uji Sifat Fisik <i>Phantom</i> Lengan	35
4.2.1	Hasil Pengukuran Dimensi <i>Phantom</i>	35
4.3	Hasil Uji Radiologis Phantom Lengan.....	41
4.3.1	Hasil Pembacaan Phantom PMMA Berisi Air.....	41
4.3.2	Hasil Pembacaan TLD Phantom PMMA berisi <i>Nylon</i>	45
4.3.3	Hasil Pembacaan TLD Phantom Berisi <i>Polyester</i>	49
4.4	Perbandingan Dosis pada Berbagai Media <i>Phantom</i> Lengan	54
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		59
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA		61
LAMPIRAN.....		67
BIODATA.....		101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Phantom Silinder.....	8
Gambar 2.2 Radiopacity	10
Gambar 2.3 Phantom Sesuai Standar ISO 4037:2019	144
Gambar 3.1 Penempatan Phantom.....	27
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	30
Gambar 3.3 (a) Phantom Tampak Perspektf Depan, (b) Phantom Tampak Perspektf Belakang	31
Gambar 4.1 (a) Phantom Medium Air (b) Phantom Medium Nylon (c) Phantom Medium Polyester	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik ISO	133
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Uji Geometri Pada <i>Phantom</i> Lengan.....	36
Tabel 4.2 Hasil Uji Geometris pada Parameter Volume, Massa, dan Densitas pada Bagian Tutup dan Tabung <i>Phantom</i> Lengan	388
Tabel 4.3 Tabel Hasil Pembacaan TLD Kontrol.....	42
Tabel 4.4 Tabel Hasil Pembacaan TLD Pada <i>Phantom</i> PMMA Berisi Air.....	443
Tabel 4.5 Dosis Serap dan Dosis Ekuivalen Pada <i>Phantom</i> PMMA Berisi Air .	444
Tabel 4.6 Tabel Hasil Pembacaan TLD Kontrol.....	466
Tabel 4.7 Tabel Hasil Pembacaan TLD Pada <i>Phantom</i> PMMA Berisi <i>Nylon</i>	477
Tabel 4.8 Dosis Serap dan Dosis Ekuivalen Pada <i>Phantom</i> PMMA Berisi <i>Nylon</i>	488
Tabel 4.9 Tabel Hasil Pembacaan TLD Kontrol.....	500
Tabel 4.10 Tabel Hasil Pembacaan TLD Pada <i>Phantom</i> PMMA Berisi <i>Polyester</i>	51
Tabel 4.11 Dosis Serap dan Dosis Ekuivalen Pada <i>Phantom</i> PMMA Berisi <i>Polyester</i>	53
Tabel 4.12 Perbandingan Dosis Antar Media	555
Tabel 4.13 Perbandingan %Selisih Media <i>Nylon</i> dan <i>Polyester</i>	577

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Desain Phantom 3D Printing	677
Lampiran B. Literatur ISO 4037-1:2019.....	74
Lampiran C. Lampiran ISO 4037-2:2019	76
Lampiran D. Literatur ISO 4037-3:2019	788
Lampiran E. Literatur IAEA 2000	80
Lampiran F. Hasil data Penelitian Uji Fisik.....	877
Lampiran G. Data Hasil Uji Radiologis	93
Lampiran H. Dokumentasi Foto Pengujian.....	100