

**ANALISIS TINGKAT ABSORBSI BERKAS SINAR-X PADA
SINTESIS KOMPOSIT KAKTUS (OPUNTIA SPP.) DAN TIMBAL
(II) ASETAT ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) SEBAGAI MATERIAL APRON**

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains Program Studi Fisika**



Oleh:

Intan Rahmawati

08021281924091

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2023

LEMBARAN PENGESAHAN

**ANALISIS TINGKAT ABSORPSI BERKAS SINAR-X PADA SINTESIS
KOMPOSIT KAKTUS (OPUNTIA SPP.) DAN TIMBAL (II) ASETAT
($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) SEBAGAI MATERIAL APRON**

SKRIPSI

**Dibuat sebagai syarat untuk memenuhi kurikulum sarjana di jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya**

Oleh:

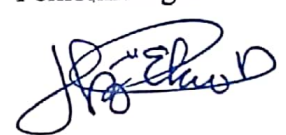
INTAN RAHMAWATI

NIM. 08021281924091

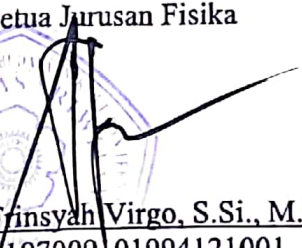
Pembimbing I

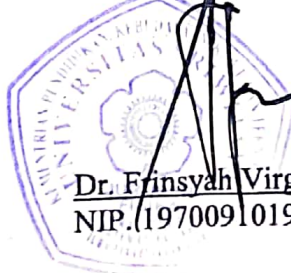

Dr. Ramlan, M.Si
NIP. 196604101993031003

**Indralaya, 11 April 2023
Pembimbing II**


Ir. B.Y. Eko Budi Jumpeno, M.Si
NIP. 196703301992031001

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika**


Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M.T
NIP. (197009101994121001



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, Mahasiswa Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya:

Nama : Intan Rahmawati

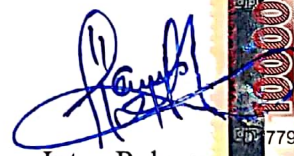
NIM : 08021281924091

Judul TA: Analisis Tingkat Absorpsi Berkas Sinar-X Pada Sintesis Komposit Kaktus (*Opuntia Spp.*) Dan Timbal (II) Asetat ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) Sebagai Material Apron

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya susun dengan judul tersebut adalah asli atau orisinalitas dan mengikuti etika penulisan karya tulis ilmiah sampai pada waktu skripsi ini diselesaikan, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains di program studi fisika Universitas Sriwijaya.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun. Apabila dikemudian hari terdapat kesalahan ataupun keterangan palsu dalam surat pernyataan ini, maka saya siap bertanggung jawab secara akademik dan bersedia menjalani proses hukum yang telah ditetapkan.

Indralaya, 11 April 2023
Yang menyatakan



Intan Rahmawati

NIM. 08021281924091



KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Proposal Tugas Akhir ini dibuat untuk memenuhi persyaratan Tugas Akhir, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya. Tugas Akhir ini dilakukan di Pusat Riset Teknologi Keselamatan, Metrologi Dan Mutu Nuklir BRIN Lebak Bulus, Jakarta Selatan, pada Mei 2022 hingga Agustus 2022. Proposal Tugas Akhir ini berjudul “Analisis Tingkat Absorpsi Berkas Sinar-X Pada Sintesis Komposit Kaktus (*Opuntia Spp.*) dan Timbal (II) Asetat ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) Sebagai Material Apron”.

Tugas Akhir ini tidak dapat terlaksana dengan baik tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terimakasih banyak terutama kepada Bapak Dr. Ramlan, M.Si. selaku Pembimbing I dan Bapak Ir. B. Y. Eko Budi Jumpeno, M.Si., selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, bantuan, motivasi dan waktu selama Tugas Akhir ini. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Keluarga: Orangtua, harapan dan do'a Alm. Bapak Ali Nurdin dan Ibu Susilawati yang membuat penulis semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir. Ayuk, kakak yang selalu mendo'akan, memberikan dukungan, semangat, inspirasi dan motivasi bagi penulis.
2. Prof. Dr. June Mellawati yang telah membantu dalam proses pembuatan sampel serta memberikan arahan, saran, dan motivasi selama proses Tugas akhir.
3. Pak Muhajir Gusyafitri selaku Senior QC Supervisor dan seluruh karyawan PT. Sumatera Prima Fiberboard yang telah membantu selama proses pengambilan data Tugas Akhir ini.
4. Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M.T. selaku kepala jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya yang telah memberikan fasilitas dan banyak bantuan pada penulis.

5. Seluruh dosen Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, selaku dosen yang selalu memberikan arahan, saran dan masukan yang sangat bermanfaat selama proses Tugas Akhir ini.
6. Seluruh karyawan Program Studi Fisika yang memberikan bantuan selama proses Tugas Akhir.
7. Seluruh teman penulis khususnya Ammarrasyid Fadilah, Rizka Putri Angela, Julia Ratih, Nurjihan Rihadatul 'Aisy, Nurmasitoh dan teman Fisika Material 2019 yang selalu memberikan bantuan serta semangat selama proses Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan proposal Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna yang disebabkan keterbatasan pengetahuan penulis. Oleh karena itu, sangat diharapkan bantuan berupa kritik dan saran yang sifatnya membangun dan dapat membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan maksimal. Kritik dan saran yang membangun dari pembaca dapat disampaikan melalui alamat surat elektronik penulis intan2521@gmail.com. Penulis sangat berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Indralaya, 11 April 2023

Penulis



Intan Rahmawati

NIM. 08021281924091

**ANALISIS TINGKAT ABSORPSI BERKAS SINAR-X PADA SINTESIS
KOMPOSIT KAKTUS (OPUNTIA SPP.) DAN TIMBAL (II) ASETAT
(Pb(CH₃COO)₂) SEBAGAI MATERIAL APRON**

Intan Rahmawati
08021281924091

*Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas
Sriwijaya, Sumatera selatan, Indonesia*

ABSTRAK

Apron proteksi radiasi efektif dalam mengurangi paparan laju dosis radiasi sinar-X tetapi memiliki kekurangan sangat berat yang dapat berdampak buruk pada sistem *musculoskeletal* tubuh terutama pada posisi tulang belakang. Tujuan penelitian ini untuk mendapat sampel komposit bahan apron proteksi radiasi berbahan timbal (II) asetat dan serat kaktus *Opuntia Ficus Indica* yang dapat menyerap radiasi sinar-X dengan optimal dan nyaman untuk digunakan. Serat kaktus *Opuntia Ficus Indica mesh* 80 dan timbal (II) asetat disintesis dengan variasi 20%, 33%, 50%, 67%, dan 80% menghasilkan tebal rata-rata sekitar 0,74 cm - 0,36 cm diuji menggunakan rontgen radiografi umum dan alat ukur radiasi Unfors RaySafe XI dengan energi 80 kVp, arus 50 mA, dan jarak antara tabung sinar-X dengan detektor sejauh 100 cm. Hasil penelitian didapatkan bahwa komposisi sampel paling optimal terdapat pada sampel konsentrasi timbal (II) asetat 80% dengan HVL 0,18 cm, koefisien atenuasi 3,85 cm⁻¹, dan RAR 84%, serta densitas 1,43 g/cm³, IB 0,72 MPa dan juga gaya maksimum beban 1.180N dan kesetaraan tebal 0,198 cm yang paling mendekati untuk mencapai densitas apron timbal dengan tebal 0,25 mm apron proteksi radiasi radiologi diagnostik, agar sesuai standar apron proteksi radiasi sinar-X sesuai ketentuan Perka BAPETEN No 8 Tahun 2011 dengan ketahanan beban cukup baik sesuai syarat uji tarik bentuk pakaian dalam SNI 1294-2009.

Kata kunci: Apron proteksi radiasi sinar-X, kaktus *Opuntia Spp.*, timbal (II) asetat, komposit, koefisien atenuasi, HVL, densitas dan uji tarik

**ANALYSIS OF X-RAY ABSORPTION LEVEL IN THE SYNTHESIS OF
COMPOSITE OF CACTUS (OPUNTIA SPP.) AND LEAD (II) ACETATE
($Pb(CH_3COO)_2$) AS APRON MATERIALS**

Intan Rahmawati
08021281924091

*Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Science, University
of Sriwijaya, South Sumatera, Indonesia*

ABSTRACT

Radiation protection aprons work well to cut down on X-ray radiation dose rates, but they have a lot of problems that can hurt the body's musculoskeletal system, especially the way the spine is positioned. The purpose of this study is to obtain a composite sample of radiation protection apron material made from lead (II) acetate and Opuntia Ficus Indica cactus fiber that can absorb X-ray radiation optimally and is comfortable to use. Opuntia Ficus Indica cactus fiber mesh 80 and lead (II) acetate were synthesized with variations of 20%, 33%, 50%, 67%, and 80% resulting in an average thickness of about 0.74 cm - 0.36 cm tested using a general radiographic x-ray and Unfors RaySafe XI radiation measuring instrument with 80 kVp energy, 50 mA current, and the distance between the X-ray tube and the detector as far as 100 cm. The results showed that the most optimal sample composition was found in the 80% lead (II) acetate concentration sample with HVL 0.18 cm, attenuation coefficient 3.85 cm^{-1} , and RAR 84%, as well as a density of 1.43 g/cm^3 , IB 0.72 MPa and also a maximum force load of 1.180N and 0.198 cm thick equivalence that is closest to achieving the density of lead apron with 0.25 mm thick diagnostic radiological radiation protection apron, in order to comply with X-ray radiation protection apron standards in accordance with the provisions of BAPETEN Regulation No. 8 of 2011 with good enough load resistance according to the requirements of the tensile test of the form of clothing in SNI 1294-2009.

Keywords: X-ray radiation protection apron, Opuntia Spp. cactus, lead(II) acetate, composite, attenuation coefficient, HVL, density and tensile test.

DAFTAR ISI

LEMBARAN PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Radiasi	5
2.2 Radiasi Pengion dan Radiasi Non Pengion	6
2.3 Radiasi Alam dan Radiasi Buatan	6
2.4 Radiasi Korpuskuler dan Non-Korpuskuler	7
2.5 Sinar-X	7
2.6 Sinar-X Karakteristik (Diskrit) dan Sinar-X Bremsstrahlung (Kontinyu)	9
2.7 Radiologi Diagnostik	11
2.8 Apron Proteksi Radiasi	11
2.9 Komposit	12
2.10 Bahan Apron Komposit Proteksi Radiasi Sinar-X	14
2.10.1 Kaktus <i>Opuntia</i>	14
2.10.2 Timbal (II) Asetat	16
2.10.3 Resin Yukalac C-108B	16
2.10.4 Katalis MEKPO	17
2.11 Metode Blending	17
2.12 Karakterisasi Apron Komposit Proteksi Radiasi	18

2.12.1 Uji Densitas	18
2.12.2 Uji Absorpsi Radiasi Sinar-X	19
2.12.3 Uji <i>Internal Boarding</i>	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	23
3.2.1 Alat Penelitian	23
3.2.2 Bahan Penelitian	24
3.3 Prosedur Penelitian	24
3.3.1 Sintesis Sampel Komposit Apron Proteksi Radiasi Sinar-X	24
3.3.2 Pengukuran Densitas Sampel Komposit Apron Radiasi Sinar-X	25
3.3.3 Uji Sampel Apron Terhadap Radiasi Sinar-X	25
3.3.4 Uji <i>Internal Boarding</i>	27
3.4 Diagram Alir Penelitian	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Karakteristik Material Komposit Apron Proteksi Radiasi Sinar-X	29
4.2 Analisa Pengaruh Komposisi Material Apron Hasil Sintesis Serat Kaktus dan Timbal Asetat Terhadap Kemampuan Absorpsi Radiasi Sinar-X	31
4.2.1 Analisa Persentase Rasio Serat Kaktus Dan Timbal (II) Asetat Terhadap HVL	32
4.2.2 Analisa Persentase Rasio Serat Kaktus Dan Timbal (II) Asetat Terhadap Koefisien Atenuasi	35
4.2.3 Analisis Perhitungan <i>Radiation Attenuation Ratios</i> (RAR)	36
4.3 Potensi sintesis serat kaktus dan timbal (II) asetat sebagai bahan pembuatan apron radiasi sinar-X	39
4.3.1 Kesetaraan Tebal	39
4.3.2 Uji <i>Internal Boarding</i>	40
BAB V PENUTUP	42
5.1. Kesimpulan	42
5.2. Saran	42

DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	50
Lampiran 1. Daftar Output Publikasi	50
Lampiran 2. Alat Sintesis	50
Lampiran 3. Alat Karakterisasi	55
Lampiran 4. Bahan penelitian	57
Lampiran 5. Hasil Pengukuran HVL	58
Lampiran 6. Data Mentah pengujian absorpsi radiasi sinar-X	61
Lampiran 7. Data mentah pengujian <i>Internal Boarding</i>	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Karakteristik radiasi alam dan radiasi buatan	7
Tabel 2. 2. Karakteristik radiasi korpuskuler dan radiasi non korpuskuler	8
Tabel 2. 3. Kandungan kaktus <i>Opuntia</i> Spp. Berdasarkan bahan <i>fresh</i> berbentuk kaktus maupun bahan kering	15
Tabel 3. 1. Komposisi serat kaktus <i>Opuntia</i> dan timbal (II) asetat	24
Tabel 4. 2. Data pengukuran dan perhitungan densitas sampel komposit bahan apron proteksi radiasi sinar-X.	30
Tabel 4. 3. Data nilai HVL hasil perhitungan menggunakan grafik hubungan rasio laju dosis radiasi dengan sampel dan tanpa sampel terhadap tebal sampel	33
Tabel 4. 4. Data perhitungan koefisien atenuasi sampel komposit bahan apron proteksi radiasi	35
Tabel 4. 5. <i>Radiation Attenuation Ratios</i> (RAR) pada sampel apron proteksi radiasi	37
Tabel 4. 6. Tebal sampel yang diperlukan untuk setara dengan densitas apron timbal proteksi radiasi	39
Tabel 4. 7. Data hasil uji <i>internal boanding</i>	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Klasifikasi komposit berdasarkan matriks penyusunnya	13
Gambar 2. 2. Klasifikasi komposit berdasarkan penguatnya	13
Gambar 2. 3. Ilustrasi komposit berdasarkan kategori penguatnya	14
Gambar 2. 4. Ilustrasi pelemahan intensitas radiasi pada bahan	20
Gambar 3. 1. Uji absorpsi radiasi sinar-X pada sampel komposit apron	26
Gambar 3. 2. Bagan alir penelitian	28
Gambar 4. 1. Hasil sintesis sampel (a) 0% timbal (II) asetat (b) 20% timbal (II) asetat (c) 33% timbal (II) asetat (d) 50% timbal (II) asetat (e) 67% timbal (II) asetat, dan (f) 80% timbal (II) asetat.	29
Gambar 4. 2. Grafik hubungan persentase <i>filler</i> Pb (Asetat) ₂ pada serat kaktus terhadap densitas	31
Gambar 4. 3. Grafik hubungan tebal sampel terhadap rasio laju dosis radiasi dengan sampel dan tanpa sampel	32
Gambar 4. 4. Grafik hubungan pada persentase timbal (II) asetat terhadap HVL	34
Gambar 4. 5. Grafik hubungan persentase rasio <i>filler</i> timbal (II) asetat pada serat kaktus terhadap koefisien atenuasi dan koefisien atenuasi massa	36
Gambar 4. 6. Grafik hubungan persentase rasio <i>filler</i> timbal (II) asetat dan serat kaktus terhadap RAR	38
Gambar 4. 7. Grafik hubungan kesetaraan tebal terhadap densitas sampel komposit bahan apron proteksi radiasi	40

DAFTAR SINGKATAN

$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	: Timbal (II) asetat
Pb	: Plumbum; Timbal
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	: Timbal Nitrat
PbO	: Timbal Oksida
Opuntia Spp.	: Semua Kaktus yang berjenis Opuntia
UV	: <i>Ultraviolet</i>
CO_2	: Carbon dioksida
CAM	: <i>Crassulacean Acid Metabolism</i>
CMC	: <i>Ceramic Matrix Composite</i>
MMC	: <i>Metal Matrix Composite</i>
PMC	: <i>Polymer Matrix Composite</i>
DNA	: <i>Deoxyribonucleic acid</i>
MEKPO	: Metil Etil Keton Peroksida
ALARA	: <i>As Low As Reasonably Achievable</i>
PRTKMMN	: Pusat Riset Teknologi Keselamatan, Metrologi, dan Mutu Nuklir
BRIN	: Badan Riset dan Inovasi Nuklir
PT	: Perseroan Terbatas
SPF	: Sumatera Prima Fiberboard
No.	: Nomor
Perka BAPETEN	: Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir
SNI	: Standar Nasional Indonesia
m	: Meter
cm	: <i>Centimeter</i>
nm	: Nanometer
pm	: Pikometer
mm	: Milimeter
mA	: MiliAmper
A	: Amper
Å	: Angstrom
g	: Gram
kg	: Kilogram
μg	: Mikrogram
ρ	: Densitas
μ	: Koefisien atenuasi
μ_m	: Koefisien atenuasi massa
eV	: Elektron Volt
KeV	: Kilo elektron Volt
HVL	: <i>Half Value Layer</i>
Co	: <i>Cobalt</i>
Ca	: Kalsium
Pu	: Plutonium
U	: Uranium
Ir	: Iridium

RAR	: <i>Radiation Attenuation Ratio</i>
%	: Persen
C	: <i>Celcius</i>
kV	: Kapasitas Vitas
I	: Intensitas radiasi
I_0	: Intensitas radiasi awal
s	: Sekon
IB	: <i>Internal boanding</i>
N	: Newton
MPa	: Mega Pascal
$P_{\max}$	: Tekanan maksimum
$F_{\max}$	: <i>Maximum force</i>
x	: Tebal sampel
mSv	: <i>MilliSievert</i>
ρa	: Densitas material a
ρb	: Densitas material b
xa	: Tebal material a
xb	: Tebal material b
t_x	: Kesetaraan tebal

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi 4.0 mendorong banyak pemanfaatan radiasi yang diterapkan untuk memenuhi kebutuhan fundamental makhluk hidup, contohnya radiasi matahari, dampak barang elektronik, dan pada bidang medis radiologi diagnostik (Ekafitri *et al.* 2018; Ferusge dan Berutu 2018; Ginting dan Supriana 2018; Yunus dan Bandu 2019; Lubis dan Rahman 2020; Pudir dan Mardiyanto 2020; Sari *et al.* 2020; Widayanti *et al.* 2021). Namun dari banyaknya manfaat tersebut, banyak pula dampak negatif yang ditimbulkan dari penggunaan radiasi (Bandunggawa *et al.* 2009; Tarigan *et al.* 2014; Syaifudin 2017). Ketika mengenai tubuh, radiasi tersebut dapat menyebabkan sel-sel tubuh mengalami perubahan struktur yang tidak hanya dapat menimbulkan bahaya kerusakan DNA pada individu yang terpapar, namun juga dapat menimbulkan efek genetik pada keturunan individu yang terpapar tersebut (Maslebu *et al.* 2017; Yunus dan Bandu 2019; Indahdewi dan Rizki 2020). Bahaya tersebut dapat dihindari dengan meminimalisir waktu paparan, menjaga jarak sejauh mungkin dari tabung radiasi, dan menggunakan alat proteksi diri yang salah satunya termasuk apron proteksi radiasi (Aryawijayanti *et al.* 2015; Ayu 2018; Yunus dan Bandu 2019).

Apron proteksi radiasi termasuk perisai radiasi primer yang melindungi pekerja radiasi dari paparan radiasi (Nazaroh *et al.* 2016; Ramadhani *et al.* 2020). Fungsi apron proteksi radiasi yang sangat penting bagi pekerja radiasi maupun pasien, sehingga karakteristik apron proteksi radiasi harus efektif menyerap paparan radiasi, kuat, aman dan nyaman saat digunakan, karena itu apron proteksi radiasi biasanya dari bahan utama Pb (timbal) yang memiliki densitas sangat besar sehingga terbukti efektif menyerap radiasi dengan baik (Atin Nikmawati dan Siti Masrochah 2018).

Namun, terdapat kekurangan dari apron proteksi radiasi berbahan utama timbal yaitu memiliki berat rata-rata 5kg – 7kg. Hal tersebut membuat cepatnya timbul lelah yang dirasakan oleh pekerja radiasi (Kartikasari *et al.* 2012; Monaco

et al. 2020). Sebanyak 67% staff medis yang terlibat dalam prosedur intervensi dalam jangka waktu yang lama, mengalami nyeri pada system *musculoskeletal* akibat beratnya apron perisai radiasi. Apron proteksi radiasi juga dapat mengalami kerusakan jika disimpan dengan cara yang kurang tepat (Kartikasari *et al.* 2018; Monaco *et al.* 2020). Dampak negatif apron proteksi radiasi membuat para peneliti di dunia melakukan penelitian lebih lanjut mengenai apron proteksi radiasi. Salah satu cara yang sedang dikembangkan yaitu dengan sintesis apron proteksi radiasi berbahan utama timbal dengan bahan lain termasuk bahan alam (serat alam).

Penelitian sebelumnya yang telah mengembangkan apron dari sintesis serat rami dan resin epoxy oleh Himawan *et al.* 2020, dan penelitian Afrianti *et al.* 2021 tentang pembuatan apron polimer dengan pati singkong dan timbal nitrat. Selain bahan alam tersebut, terdapat tanaman kaktus yang diperoleh dari penelitian Zourgui *et al.* 2008, dapat menyerap radiasi UV dikarenakan sifat antioksidan yang tinggi, antioksidan tersebut diperoleh dari adanya senyawa flavonoid yang tinggi pada tanaman kaktus (Afrina 2022). Dalam penelitian Erensayin *et al.* 2019 dapat menyerap medan magnet disekitar barang elektronik walaupun hasilnya tergolong sangat kecil. Penelitian Leon 2014 membuktikan lendir kaktus khususnya kaktus *Opuntia Ficus Indica* dapat mengurangi kadar yodium radioaktif dan polutan cesium dalam larutan. Kemampuan tanaman kaktus sebagai absorben radiasi UV, medan magnet pada sekitar barang elektronik, serta yodium radioaktif dan polutan *cesium*, penulis memiliki hipotesis bahwa tanaman kaktus khususnya *Opuntia Ficus Indica* memiliki kemungkinan menjadi campuran sebagai apron proteksi radiasi untuk dapat menyerap radiasi sinar-X pada saat penyinaran radiologi diagnostik. Hal ini menjadi alasan penulis untuk meneliti material komposit dari sintesis serat kaktus dan timbal asetat dengan judul “*Analisis Tingkat Absorpsi Berkas Sinar-X Pada Sintesis Komposit Kaktus (Opuntia Spp.) dan Timbal (II) Asetat (Pb(CH₃COO)₂) Sebagai Material Apron*”. Dalam penelitian ini diharapkan dapat diperoleh sampel komposit bahan apron proteksi radiasi yang optimal dalam absorpsi radiasi sinar-X, namun tetap ekonomis, ramah lingkungan dan lebih ringan saat digunakan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh komposisi serat kaktus pada material apron hasil sintesis serat kaktus dan timbal (II) asetat terhadap kemampuan absorpsi radiasi sinar-X?
2. Bagaimana potensi sintesis serat kaktus dan timbal (II) asetat sebagai bahan apron proteksi radiasi sinar-X?

1.3 Batasan Masalah

1. Sintesis dengan bahan baku serat kaktus (*Opuntia Spp.*) dan Timbal (II) Asetat ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) dalam penelitian ini menggunakan metode *blending* dengan pelarut Resin polyester Yukalac C-108B dan katalis (MEKPO) Metil, Etil, Keton, Peroksida (MEKPO) sebagai pengeras.
2. Proses pengeringan dilakukan pada suhu ruangan.
3. Alat ukur radiasi yang digunakan yaitu pesawat Rontgen Radiologi Umum dan alat ukur dosis *Unfors RaySafe XI Survey*.
4. Parameter yang akan diteliti adalah densitas (ρ), *Half Value Layer* (HVL), koefisien atenuasi (μ), *Radiation Attenuation Ratio* (RAR), kesetaraan tebal (t_x) serta hasil uji *internal bonding*.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh komposisi serat kaktus pada material apron hasil sintesis serat kaktus dan timbal (II) asetat terhadap kemampuan absorpsi radiasi sinar-X.
2. Untuk mengetahui dan menganalisis potensi sintesis serat kaktus dan timbal asetat sebagai apron radiasi sinar-X ditinjau dari tebal apron yang dibutuhkan untuk setara dengan apron timbal dan hasil uji *internal bonding*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini agar dapat memberikan sumbangsih dibidang medis Indonesia khususnya radiologi diagnostik untuk menghasilkan apron proteksi radiasi sinar-X yang lebih nyaman digunakan dan tetap optimal terkait kemampuan absorpsi radiasi sinar-X dengan komposisi dari sampel komposit bahan apron proteksi radiasi sintesis serat kaktus (*Opuntia Spp.*) dan timbal (II) asetat meskipun masih diperlukan lagi pengembangan teknologi dalam pembuatan sampel komposit bahan apron proteksi radiasi sinar-X yang dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin Z, Alkrytania D, Indrajati IN. 2017. Analisis Bahan Apron Sintetis Dengan Filler Timbal (Pb) Oksida Sesuai Sni Untuk Ppoteksi Radiasi Sinar-X. *J. Forum Nukl.* 9(1):38.doi:10.17146/jfn.2015.9.1.3562.
- Afrianti E, Tahir D, Jumpeno BYEB, Firmansyah OA, Mellawati J. 2021. Addition of Lead (Pb)-Nitrate Filler on Polymer Composite Aprons for X-Ray Radiation Shielding. *Atom Indones.* 47(2):129–133.doi:10.17146/aij.2021.1033.
- Afrina F. 2022. *Uji Aktivitas Tabir Surya Kombinasi Ekstrak Bunga Telang (Clitoria ternatea) dan Lidah Buaya (Aloe vera) Secara Invitro Menggunakan Spektrometer UV-Vis.* Bandar Lampung.
- Akbar TA, Sulardjaka, Iskandar N. 2022. Pengaruh Fraksi Massa Serat Terhadap Kekuatan Tegangan Geser Komposit Berpenguat Serat Rami dengan Matriks Gondorukem. *J. Tek. Mesin S-I.* 10(3):367–374.
- Akhadi M. 2006. Analisis Unsur Kelumit Melalui Pancaran Sinar-X Karakteristik. *Iptek Ilm. Pop.* 8(1):11–19.
- Akhadi M. 2020. *Sinar-X menjawab masalah kesehatan.* Volume ke-53. Yogyakarta: Deepublish (Grup Penerbitan CV Budi Utama).
- Andayani A, Satiyantari W, Sulistiyantara B, Nasrullah N, Ismaun I, Purnamasari Q, Susanto A, Murdiastuti W, Basuki N, Syaefudin H, *et al.* 2012. *Informasi Teknis Budidaya Tanaman Pot dan Lansekap Seri Tanaman Hias Potensial Penyerap Polutan.* Jakarta: Biro umum dan Humas, Kementerian Pertanian bekerjasama dengan Solidaritas Istri Kabinet Indonesia Bersatu (SIKIB).
- Anies. 2006a. SUTET, Potensi Gangguan Kesehatan Akibat Radiasi Elektromagnetik SUTET. :9–103.
- Anies. 2006b. *Potensi Gangguan Kesehatan Akibat Radiasi Elektromagnetik SUTET.* Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Anies. 2009. *Cepat Tua Akibat Radiasi, Pengaruh Radiasi Elektromagnetik Ponsel dan Berbagai Peralatan Elektronik.* Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Aral N, Nergis FB, Candan C. 2017. The X-ray attenuation and the flexural properties of lead-free coated fabrics. *J. Ind. Text.* 47(2):252–268.doi:10.1177/1528083716644287.
- Artitin C. 2023. *Biologi Radiasi.* Yogyakarta: Deepublish (Grup Penerbitan CV Budi Utama).

- Aryawijayanti, Susilo, Sutikno. 2015. Analisis Dampak Radiasi Sinar-X Pada Mencit Melalui Pemetaan Dosis Radiasi Di Laboratorium Fisika Medik. *J. MIPA*. 38(1):25–30.
- Asriwati. 2017. *Fisika Kesehatan dalam Keperawatan*. Yogyakarta: Deepublish (Grup Penerbitan CV Budi Utama).
- Atin Nikmawati, Siti Masrochah. 2018. Evaluasi Performance Lead Apron. *JRI (Jurnal Radiogr. Indones.* 1(2):104–109.doi:10.55451/jri.v1i2.19.
- Ayu MSK. 2018. Proteksi Radiasi Pada Pasien, Pekerja, dan Lingkungan di Dalam Instalasi Radiologi. *Anat. Klin. Dasar.*:236–39.
- Bandunggawa P, Sandi I, Merta I. 2009. Bahaya Radiasi dan Cara Proteksinya. *Medicina (B. Aires)*. 40:47–51.
- Cember H, Johnson TE. 2009. *Introduction To Health physics*. Fourth. Volume ke-4. New York: McGraw Hill Medical.
- Dabukke H, Aritonang F, Sijabat S. 2021. Analisis Berkas Sinar-X Pada Polyester Timbal Asetat Di Murni Teguh Memorial Hospital Analysis. *J. Pendidik. Fis. Tadulako Online*. 9(1):70–76.
- Diana L, Ghani Safitra A, Nabel Ariansyah M. 2020. Analisis Kekuatan Tarik pada Material Komposit dengan Serat Penguat Polimer. *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater*. 4(2):59–67.
- Ekafitri R, Pranoto Y, Herminiati A, Rahman T. 2018. Tepung Talas Bogor Termomodifikasi Hasil Oksidasi Menggunakan Hidrogen Peroksida dengan dan Tanpa Iradiasi Sinar UV. *J. Ris. Teknol. Ind.* 12(2):86–98.doi:10.26578/jrti.v12i2.3804.
- Erensayin E, Topaglu N, Calp MH, Savas S. 2019. Effect of Cactus Plants on Magnetic Fields Bruited by Computer Screens. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg.* 9(1):70–79.doi:10.17714/gumusfenbil.393173.
- Fakhrurreza M, Astari FM. 2017. Desain Bangun Anti Radiasi: Analisis Jenis Pasir Lokal Untuk Mendapatkan Beton yang Tahan Radiasi Sinar-X. *J. Imejing Diagnostik*. 5(1):25–30.
- Fatimah P, Jumalia R, Novianti ER, Zainul R. 2018. Teknik Blended : Prinsip dan Dasar-Dasar.
- Ferhat A, Mardiyanto, Rivai AK. 2021. *PLTN dan Riset Material Reaktor Maju*. Yogyakarta: Deepublish (Grup Penerbitan CV Budi Utama).
- Ferusge A, Berutu A. 2018. Faktor yang mempengaruhi Tindakan Keselamatan Radiasi Sinar-X Di Unit Radiologi Rumah Sakit Putri Hijau Medan. *J. Borneo Holist. Heal.* 1(2):264–270.

- Fitri LA. 2023. *Klasifikasi Otomatis Batu Kemih*. Yogyakarta: Deepublish (Grup Penerbitan CV Budi Utama).
- Fitriatuzzakiyyah N, Sinuraya RK, Puspitasari IM. 2017. Cancer Therapy with Radiation: The Basic Concept of Radiotherapy and Its Development in Indonesia. *Indones. J. Clin. Pharm.* 6(4):311–320.doi:10.15416/ijcp.2017.6.4.311.
- Ghazali Malueka R. 2006. *Texbook : Radiologi Diagnostik*. *Pustaka Cendekia Press*.:1–4.
- Gideon S, Tarigan ER. 2020. Penentuan Massa Jenis Oli secara Sederhana dengan Hukum Archimedes. *Phys. Educ. Res. J.* 2(1):43.doi:10.21580/perj.2020.2.1.5058.
- Ginting HK, Supriana N. 2018. Angiofibroma Nasofaring Juvenil. *Radioter. Onkol. Indones.* 9(1):29–33.doi:10.32532/jori.v9i1.73.
- Gugun Gundara, Dikri Saepul Robani, Aceng Sambas. 2022. Pengaruh Fraksi Volume Serat Dengan Matriks Epoxy Pada Material Komposit Serat Mendong. *J. Multidisiplin Madani.* 2(7):3007–3020.doi:10.55927/mudima.v2i7.657.
- Harahap V. 2021. *Pembuatan Material Komposit BaFe12O19/ZnO Pada Bidang Radiologi*. m. Malang: Ahlimedia Press.
- Himawan NA, Purwinta TD, Suparno. 2020. Komposisi Optimal Komposit Serat Rami dan Resin Epoxy Sebagai Alternatif Bahan Perisai Anti-Radiasi Sinar-X. *J. Pendidik. Fis. dan Keilmuan.* 6(2):85–92.
- Hiswara E. 2015. *Buku Pintar Proteksi dan Keselamatan Radiasi Di Rumah Sakit*. Jakarta Selatan: BATAN Press.
- Indahdewi L, Rizki D. 2020. Efek Paparan Radiasi Dari Mesin X-Ray Dan Metal Detector Terhadap Kesehatan Petugas Pengamanan Lembaga Pemasyarakatan. *J. Correct. Issues.* 3(1):16–26.
- Isaac AA. 2016. Overview of cactus (opuntia ficus-indica (l): A myriad of alternatives. *Stud. Ethno-Medicine.* 10(2):195–205.doi:10.1080/09735070.2016.11905488.
- Kartikasari Y, Indrati R, Fathoni MAN. 2018. Uji Fungsi Alat Pelindung Radiasi (Lead Apron) di Instalasi Radiologi Rumah Sakit. *Semin. Nas. SDM Teknol. Nukl.*:374–384.
- Kartikasari Y, Masrochah S, Wibowo AS. 2012. Effective Performance Of Lead Apron As One Protective Equipment In Radiation. *J. Ris. Kesehat.* 1(2):140–150.doi:https://doi.org/10.31983/jrk.v1i2.381.
- Kartini R, Darmasetiawan H, Karo AK, Sudirman. 2002. Pembuatan dan

- Karakterisasi Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam. *J. Sains Mater. Indones.* 3(3):30–38.
- Lampiran IIA Peralatan Protektif Radiasi Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 8 Tahun 2011 Tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik Dan Intervensional
- Landi T, Arijanto A. 2017. Perancangan Dan Uji Alat Pengolah Sampah Plastik Jenis Ldpe (Low Density Polyethylene) Menjadi Bahan Bakar Alternatif. *J. Tek. Mesin Undip.* 5(1):1–8.
- Leon JA. 2014. Opuntia ficus-indica Mucilage Potential to Remove Nuclear Active Contaminants From Water Based on a Surrogate Approach. University of South Florida.
- Lubis MNP, Rahman FUA. 2020. Adaptasi era kenormalan baru di bidang radiologi kedokteran gigi: apa yang perlu kita ketahui. *J. Radiol. Dentomaksilofasial Indones.* 4(2):55.doi:10.32793/jrdi.v4i2.556.
- Maslebu G, Muninggar J, Ary Hapsara Jurusan Fisika S, Sains dan Matematika F, Kristen Satya Wacana U. 2017. Estimasi Resiko Radiasi Janin pada Pemeriksaan Radiografi Pelvis. Volume ke-14.
- Monaco MGL, Carta A, Tamhid T, Porru S. 2020. Anti-X apron wearing and musculoskeletal problems among healthcare workers: A systematic scoping review. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 17(16):1–17.doi:10.3390/ijerph17165877.
- Muliana. 2022. *Tentang Kaktus*. Jawa Barat: CV Jejak.
- Najib M. 2010. *Optimasi Kekuatan Tarik Komposit Serat Rami Polyester*.
- Nazaroh, Muhammad S, Wurdianto G. 2016. Penerapan Proteksi Dan Keselamatan Radiasi Di Fasilitas Radioterapi-Linac. *Pros. Semin. Keselam. Nukl.*:1–9.
- Nurhayati S, Astuty SD, Dewang S, Hikmawati, Jumriah. 2022. Uji Nilai Half Value Layer (HVL) Menggunakan Pelat Aluminium Bekas Pada Pesawat Mamografi Di RSUD Syekh Yusuf Gowa. *Berk. Fis.* 25(3):89–94.
- Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia nomor 4 tahun 2020 tentang keselamatan radiasi pada penggunaan pesawat sinar-X dalam radiologi diagnostik dan intervensional BAB 1 ketentuan umum pasal 1(5) dan (6)
- Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia nomor 4 tahun 2020 tentang keselamatan radiasi pada penggunaan pesawat sinar-X dalam radiologi diagnostik dan intervensional BAB 1 ketentuan umum pasal 1(8) dan (9)

- Ponniresan VK, Maqbool I, Thangaiyan R, Govindasamy K, Prasad NR. 2019. Preventive Effect Of Opuntiol, Isolated from *Opuntia Ficus Indica* (L.Mill), Extract Against Ultraviolet A Radiation-Induced Oxidative Damages in NIH/3T3 Cells. *Int. J. Nutr. Pharmacol. Neurol. Dis.* 9(4):157–164.
- Prastiwi UD, Amperiawan G, Manawan M, Aritonang S. 2021. Simulasi Kinerja Baja Armor Dalam Menahan Radiasi Gamma dan Neutron Sebagai Material Kendaraan Tempur. *J. Teknol. Daya Gerak.* 4(1):21–32.
- Prawira NB, Rouf A. 2018. Perancangan Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair Menggunakan Cepat Rambat Gelombang Ultrasonik. *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.* 8(2):143.doi:10.22146/ijeis.24481.
- Pudin A, Mardiyanto IR. 2020. Desain dan Implementasi Data Logger untuk Pengukuran Daya Keluaran Panel Surya dan Iradiasi Matahari. *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.* 8(2):240–251.doi:10.26760/elkomika.v8i2.240.
- Puspita D. 2019. *Ampuhnya Tanaman Hias Bagi Kesehatan dan Kecantikan*. Yogyakarta: Laksana.
- Putri MR, Faryuni ID, Nurhasanah N. 2020. Pabrikasi Papan Komposit Berbahan Dasar Sabut Pinang (*Areca catechu* L.) dan Sabut Kelapa (*Cocos nucifera* L.). *Prism. Fis.* 7(3):223.doi:10.26418/pf.v7i3.36780.
- Rahmawati I, Lafira, Sari FP, Bama AA, Ramlan. 2022. Analisis sifat fisis dan mekanik fiberboard pada HDF, MDF, dan MLDF dengan variasi density profile menggunakan alat density profile analyzer meter DPX200 IMAL. *J. Penelit. Sains.* 24(3):134–139.
- Ramadhani S, Milvita D, Prasetyo H, Mursiyatun. 2020. Estimasi Laju Dosis Radiasi yang Lolos Melalui Dinding Primer dan Sekunder Berdasarkan Beban Kerja Pesawat Teleterapi Co-60 di Instalasi Radioterapi RSUP. Dr. M. Djamil Padang (Studi Kasus Januari - Juni 2019). *J. Fis. Unand.* 9(3):284–291.doi:10.25077/jfu.9.3.284-291.2020.
- Ramlan. 2021. Pengaruh Komposisi Na_2CO_3 Terhadap Sifat Fisis, Magnet pada Magnet Ba-Ferit. *Pist. J. Tech. Eng.* 4(2):87–91.doi:10.32493/pjte.v4i2.9635.
- Saputri LH, Sukmawan R, Rochardjo HSB, Rochmadi. 2018. Isolasi Nano Selulosa dari Ampas Tebu dengan Proses Blending pada Berbagai Variasi Konsentrasi. *Pros. Semin. Keselam. NuklirSeminar Nas. Tek. Kim. “Kejuangan” Pengemb. Teknol. Kim. untuk Pengolah. Sumber Daya Alam Indones.*(April):1–6.
- Sari NMP, Sutapa GN, Gunawan AAN. 2020. Pemanfaatan Radiasi Gamma Co-60 untuk Pemuliaan Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.) dengan Metode Mutagen Fisik. *Bul. Fis.* 21(2):47–52.

- Sasmi T, Wijaya I, Ratnasari D, Marzuki A. 2021. Kajian Bahan Kaca Boro-tellurite untuk Shielding Radiasi Gamma Pada Kedokteran Nuklir Pengganti Bahan Konvensional. *Natl. Conf. PKM Cent. Sebel. Maret Univ.*:124–126.
- Seniari NM, Dharma BW. 2020. Penyuluhan Bahaya Radiasi Gelombang Elektromagnetik Pada Organ Tubuh Mahluk Hidup Di Kelurahan Pagutan Barat Mataram. *Pros. PEPADU 2020*. 2:230–236.
- Septina F. 2022. *Penggunaan Pesawat Sinar-X di Bidang Kedokteran Gigi, Update Terkini Pesawat Sinar-X Handheld Portable*. Malang: UB Press.
- Setiyawan I, Sutanto H, Sofjan Firdausi DK. 2015. Penentuan Nilai Koefisien Serapan Bahan Pada Besi, Tembaga Dan Stainless Steel Sebagai Bahan Perisai Radiasi. *Youngster Phys. J.* 4(2):219–224.
- Shobirin MA, Istri C, Kusuma P, Ketut I, Sugita G. 2019. Karakteristik Fisik Dan Akustik Biokomposit Polyester Yukalac C-108 B Dengan Ampas Tebu Sebagai Material Peredam Bunyi. 8(3):684–688.
- Soedoyo P. 2001. *Azaz-azaz ilmu fisika*. Jilid 4. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Stintzing FC, Carle R. 2005. Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. *Mol. Nutr. Food Res.* 49(2):175–194.doi:10.1002/mnfr.200400071.
- Sukandarrumidi, Kotta HZ, Wintolo D. 2018. *Energi Terbarukan Konsep Dasar Menuju Kemandirian Energi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Syaifudin M. 2017. Mamuju Sebagai Area Prospektif Untuk Studi Epidemiologi Dampak Paparan Radiasi Alam Tinggi. *Bul. Al.* 19(1):17–25.
- Tarigan TRP, Gani UA, Rajagukguk M. 2014. Studi Tingkat Radiasi Gelombang Elektromagnetik yang Ditimbulkan oleh Telepon Seluler. *J. Teknosains.* 1(2):1–7.
- Widayanti ND, Marini R, Indah IN. 2021. Analisis Uji Paparan Radiasi di Ruang Isolasi Covid-19 RSUD Karawang. *J. Pengawas. Tenaga Nukl.* 1(1):31–35.doi:10.53862/jupeten.v1i1.007.
- Wiguna GA, Alshweikh AM, Suparta GB, Louk AC, Kusminarto K. 2019. Penentuan Densitas Akrilik Dan Plastik Berdasarkan Citra Radiografi Digital. *J. Fis. dan Apl.* 15(1):12–16.doi:10.12962/j24604682.v15i1.4291.
- Wiharja U, Al Bahar AK. 2019. Analisa Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiografi. *Jurnal.Umj.Ac.Id/Index.Php/Semnastek.*:1–7.
- Yoshandi TM, Annisa, Saputra Y, Gavilla DR, Almarinni. 2020. Pengenalan Bahaya Radiasi Dalam Kehidupan Sehari - Hari Di SMK Kesehatan Al

- Fath Siak. *Awal Bros J. Community Dev.* 1(1):14–19.
- Yunus B, Bandu K. 2019. The effect of x-ray radiation on children. *Makassar Dent J.* 8(2):97–104.
- Zourgui L, Golli E El, Bouaziz C, Bacha H, Hassen W. 2008. Cactus (*Opuntia ficus-indica*) cladodes prevent oxidative damage induced by the mycotoxin zearalenone in Balb/C mice. *Food Chem. Toxicol.* 46(5):1817–1824.doi:10.1016/j.fct.2008.01.023.