

**DISTRIBUSI DOSIS RADIASI PADA SISTEM PENYINARAN
PANORAMIK CS-137 MENGGUNAKAN DOSIMETER OSL
(*OPTICALLY STIMULATED LUMINESCENCE*) DAN
SURVEYMETER**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
di Jurusan Fisika pada Fakultas MIPA**

Oleh :

OMAR NABIL MUBARAK

08021281924030



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

**DISTRIBUSI DOSIS RADIASI PADA SISTEM PENYINARAN PANORAMIK
CS-137 MENGGUNAKAN DOSIMETER OSL (*OPTICALLY STIMULATED
LUMINESCENCE*) DAN SURVEYMETER**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

Di Jurusan Fisika pada Fakultas MIPA

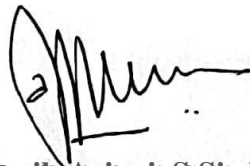
Oleh :

OMAR NABIL MUBARAK

NIM. 08021281924030

Indralaya, 31 Mei 2023

**Menyetujui
Dosen Pembimbing I**



Dr. Menik Ariani, S.Si., M.Si.
NIP. 197211252000122001

**Mengetahui
Pembimbing II**



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

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika



Dr. Friandyan Virgo, S.Si., M.T
NIP. 197009101994121001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Omar Nabil Mubarak
NIM : 08021281924030
Fakultas/Jurusan : MIPA/Fisika

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 12 April 2023

Penulis,



Omar Nabil Mubarak

08021281924030

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Omar Nabil Mubarak
NIM : 08021281924030
Fakultas/Jurusan : MIPA/Fisika
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“ Distribusi Dosis Radiasi pada Sistem Penyinaran Panoramik Cs-137 Menggunakan Dosimeter OSL (*Optically Stimulated Luminescence*) dan Surveymeter” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/memformatkan, mengola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 12 April 2023

Yang menyatakan,



Omar Nabil Mubarak

08021281924030

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

- ♥ Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, rahmat, hidayah, rezeki dan semua yang saya butuhkan.
- ♥ Untuk (Alm) Bapak Samsul Bahri selaku orang tua saya yang sudah meninggal ketika saya masih berumur 1 tahun. Semoga Bapak bangga dengan perjuangan anaknya. Semoga Bapak bahagia disana.
- ♥ Untuk Ibu saya, Ibu Mamah yang selama ini selalu memberi dukungan do'a secara lahir & batin. Ibu mampu menjadi orang tua tunggal selama ini. Terima kasih atas motivasi, semangat, cinta, kasih, sayang dan pengorbanan yang telah diberikan selama ini.
- ♥ Untuk keluarga besar saya yang selalu memberi dukungan dan motivasi
- ♥ Untuk teman-teman saya semua yang mengenal saya, kalian sudah jadi teman yang terbaik untuk saya. Khusus untuk teman-teman seperjuanganku di Universitas Sriwijaya Fakultas MIPA Jurusan Fisika angkatan 2019.
- ♥ Untuk Alivia Syafina, terima kasih juga atas support dan pengertiannya.

Motto

“Hasil bisa saja mengkhianati usaha. Tapi yang enggak berusaha enggak akan berhasil. Semangat berusaha biarpun tidak tahu kapan berhasilnya”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, atas karunia dan rahmat Allah SWT, shalawat salam penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat dan umatnya. Berkat karunia dan izin-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Ucapan terimakasih dan penghargaan yang tulus penulis sampaikan kepada Ibu Dr. Menik Ariani, S.Si., M.Si. selaku pembimbing pertama dan Bapak Ir. B. Y. Eko Budi Jumpeno, M.Si. selaku pembimbing kedua. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada :

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
2. Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M. T. Selaku Ketua Jurusan Fisika.
3. Ibu Dra. Jorena, M.Si. selaku pembimbing akademik.
4. Seluruh staff dosen jurusan Fisika FMIPA UNSRI.
5. Seluruh pegawai PR TKMMN-BRIN.
6. Semua pihak yang telah membantu penulis selama penelitian dan penulisan skripsi ini.

Wassalamualaikum wr.wb.

Indralaya, 12 April 2023

Penulis

Omar Nabil Mubarak

NIM. 08021281924030

**Distribution of Radiation Dose in the Cs-137 Panoramic Irradiation System
Using an OSL (Optically Stimulated Luminescence) Dosimeter and a
Surveymeter**

Omar Nabil Mubarak

NIM: 08021281924030

RESUME

Radiation dose distribution has been carried out on the Cs-137 panoramic irradiation system using an OSL dosimeter and a survey meter. This study was conducted to determine the response of the OSL dosimeter and determine the dose rate on the Cs-137 panoramic irradiation system. The method was carried out by preparing 5 groups of OSL dosimeters, each of which was 6 dosimeters installed at positions 1 to 6 and irradiated with Cs-137 gamma radiation of 0.25 mSv, 0.50 mSv, 1 mSv, 2.5 mSv, 5 mSv and control. To measure the radiation dose rate it was prepared a set of Xi surveymeter with XI view raysafe software. Personnel dose response or $H_p(10)$ to irradiation time shows a linear curve at positions 1 to 6 with a strong correlation of 0.9985 – 0.9997. The ratio of reading dose to irradiation dose is relatively small for lower irradiation doses. For higher irradiation doses, the ratio of reading dose to irradiation dose is relatively large. The value of the dose rate on the Cs-137 panoramic irradiation system using a surveymeter shows that the highest dose rate is at position 6 with a value of 0.985 mSv/hour and the lowest dose rate is at position 3 with a value of 0.933 mSv/hour. The uncertainty value on the surveymeter tool from positions 1 to 6 it ranges from 2.0% to 3.4%.

Keywords: panoramic, Cs-137, OSL dosimeter, dose, surveymeter, dose rate

**Distribusi Dosis Radiasi pada Sistem Penyinaran Panoramik Cs-137
Menggunakan Dosimeter OSL (*Optically Stimulated Luminescence*)
dan Surveymeter**

Omar Nabil Mubarak

NIM: 08021281924030

RINGKASAN

Telah dilakukan distribusi dosis radiasi pada sistem penyinaran panoramik Cs-137 menggunakan dosimeter OSL dan surveymeter. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui respons dosimeter OSL dan mengetahui laju dosis pada sistem penyinaran panoramik Cs-137. Metode dilakukan dengan menyiapkan 5 kelompok dosimeter OSL masing-masing sebanyak 6 buah dosimeter yang di pasang pada posisi 1 sampai 6 dan disinari dengan radiasi gamma Cs-137 sebesar 0,25 mSv, 0,50 mSv, 1 mSv, 2,5 mSv, 5 mSv dan kontrol. Untuk pengukuran laju dosis radiasi menyiapkan seperangkat unfors Xi beserta software raysafe XI view. Respons dosis personal atau $H_p(10)$ terhadap waktu penyinaran menunjukkan kurva linier pada posisi 1 sampai 6 dengan korelasi yang kuat sebesar 0,9985 – 0,9997. Rasio dosis bacaan terhadap dosis penyinaran relatif kecil untuk dosis penyinaran yang lebih rendah. Untuk dosis penyinaran yang lebih tinggi, rasio dosis bacaan terhadap dosis penyinaran relatif besar. Nilai laju dosis pada sistem penyinaran panoramik Cs-137 menggunakan surveymeter menunjukkan bahwa laju dosis tertinggi berada pada posisi 6 dengan nilai 0,985 mSv/jam dan untuk laju dosis terendah berada pada posisi 3 dengan nilai 0,933 mSv/jam. Nilai ketidakpastian pada alat surveymeter dari posisi 1 sampai 6 berkisar antara 2,0% hingga 3,4%.

Kata kunci : panoramik, Cs-137, dosimeter OSL, dosis, surveymeter, laju dosis

DAFTAR ISI

DISTRIBUSI DOSIS RADIASI PADA SISTEM PENYINARAN PANORAMIK CS-137 MENGGUNAKAN DOSIMETER OSL (<i>OPTICALLY STIMULATED LUMINESCENCE</i>) DAN SURVEYMETER.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
RESUME.....	vii
RINGKASAN	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
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
2.1.1 Radiasi Non Pengion.....	5
2.1.2 Radiasi Pengion.....	6
2.2 Sumber Radiasi Cesium-137.....	12
2.3 Besaran dan Satuan Dosis Radiasi	14
2.3.1 Aktivitas atau Radioaktivitas	14
2.3.2 Paparan radiasi	15
2.3.3 Dosis Serap	17
2.3.4 Dosis Ekuivalen	18
2.4 Pemantauan Dosis Perorangan	20
2.4.1 Dosimeter Perorangan Pasif.....	21
2.4.2 Dosimeter Perorangan Aktif	23
2.5 Surveymeter	24
2.6 Kalibrasi	24
2.6.1 Kalibrasi Alat Ukur Radiasi	25
2.6.2 Calibration and Measurement Capability (CMC).....	26
2.7 Sistem Penyinaran Terkolimasi dan Panoramik.....	27

2.7.1 Sistem Penyinaran Terkolimasi.....	27
2.7.2 Sistem Penyinaran Panoramik.....	28
2.8 Kajian Penelitian Terdahulu.....	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan Penelitian	33
3.2 Alat dan Bahan	33
3.3 Spesifikasi Sistem Panoramik Cs-137	34
3.3.1 Rangkaian Elektronika Sistem Panoramik.....	34
3.3.2 Rancangan Sistem Alat	36
3.3.3 Pengujian Penyinaran Panoramik Cs-137.....	38
3.4 Diagram Alir Penelitian	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Hasil dan Analisis Data	41
4.1.1 Hasil dan Analisa Data Pengukuran Dosis Personil atau $H_p(10)$	41
4.1.2 Hasil dan Analisa Data Pengukuran Laju Dosis	42
4.1.3 Hasil Pengukuran Dosis Personil atau $H_p(10)$	43
4.1.4 Hasil Pengukuran Laju Dosis.....	45
4.2 Pembahasan.....	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	56
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Faktor bobot (WT) untuk berbagai jenis radiasi (Salami, 2015)	19
Tabel 2. 2 Faktor bobot jaringan (wT) untuk beberapa jaringan tubuh (Salami, 2015)	19
Tabel 4. 1 Tabel rata-rata dosis bacaan dan nilai ketidakpastian menggunakan dosimeter OSL tipe XA.....	42
Tabel 4. 2 Tabel rata-rata dosis bacaan dan rasio terhadap dosis penyinaran menggunakan dosimeter OSL tipe XA	42
Tabel 4. 3 Tabel rata-rata laju dosis dan nilai ketidakpastian menggunakan surveymeter Xi	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Paparan gamma sumber garis (Salam dkk., 2016).....	11
Gambar 2. 2 Skema peluruhan Cs-137 (Nurdin, 2014)	13
Gambar 2. 3 Grafik fungsi perubahan aktivitas terhadap waktu (Salami, 2015).....	14
Gambar 3. 1 Rangkaian elektronika sistem panoramik Cs-137	34
Gambar 3. 2 Skema pengujian sistem penyinaran panoramik Cs-137	37
Gambar 3. 3 Diagram alir penelitian.....	40
Gambar 4. 1 Kurva waktu penyinaran terhadap dosis penyinaran.....	44
Gambar 4. 2 Kurva distribusi dosis penyinaran pada posisi penyinaran	44
Gambar 4. 3 Kurva distribusi laju dosis pada berbagai posisi penyinaran	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Alat dan Bahan	56
Lampiran 2. Skema Pengukuran Dosis Personil	58
Lampiran 3. Rumus Ketidakpastian	59
Lampiran 4. Data Hasil Pengukuran Laju Dosis dan Dosis Personil.....	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan energi menggunakan energi nuklir sebagai sumber energi hijau telah merambah ke sejumlah industri, antara lain bidang kesehatan untuk kedokteran nuklir, brakiterapi, diagnosis, dan pengobatan, serta bidang penelitian pertanian dan peternakan. Dengan semakin berkembangnya penggunaan energi nuklir, maka perlu untuk memenuhi kebutuhan akan peralatan pendukung keselamatan dan melalui pengujian penjaminan mutu.

Alat pengukur radiasi adalah peralatan menampilkan nilai paparan bidang radiasi, laju paparan, aktivitas, dosis, atau laju dosis. Alat ukur radiasi merupakan peralatan proteksi radiasi bagi para pekerja radiasi. Alat ukur radiasi meliputi alat ukur Radiasi tetap atau portabel. Alat pengukur radiasi merupakan salah satu prasyarat perlindungan yang harus dipenuhi mendapatkan izin BAPETEN dalam penggunaan sumber radiasi (BAPETEN, 2006).

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan teknologi nuklir di bidang kesehatan, bisnis, pertanian, dan bidang lainnya, peralatan untuk mengukur dosis radiasi penganon telah berkembang pesat. Setiap pegawai yang bekerja di bidang medis dan bersentuhan dengan sumber radiasi wajib memiliki dosimeter. Ini digunakan di sektor teknologi nuklir untuk menemukan kebocoran pipa tanpa merobek pipa atau menghentikan operasi. Menemukan dosis yang diterima oleh alat pengukur radiasi adalah tujuan penggunaannya. Dengan melakukan ini, pekerja mungkin terhindar dari paparan radiasi yang terlalu banyak.

Keselamatan radiasi mengacu pada tindakan yang dilakukan untuk meminimalkan risiko radiasi terhadap pasien, personel, masyarakat umum, dan lingkungan, sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 33 Tahun 2007. Proteksi radiasi

harus digunakan untuk mengurangi efek berbahaya dari paparan radiasi untuk mencapai keselamatan radiasi.

Publikasi IAEA Safety Reports Series No.16 dikutip saat membahas pembangunan fasilitas kalibrasi alat ukur radiasi tingkat proteksi dengan sumber radiasi gamma. Sumber radiasi yang memancarkan radiasi ke segala arah, juga dikenal sebagai sumber panoramik, dan sumber radiasi yang secara eksklusif memancar ke satu arah tertentu, juga dikenal sebagai sumber terkolimasi, adalah dua jenis sumber yang biasanya digunakan untuk mengkalibrasi alat pengukur radiasi. Untuk tujuan pengukuran kerma udara, sumber terkolimasi saat ini sering digunakan untuk menyinari beberapa jenis alat pengukur radiasi konvensional. Sebaliknya, teknik kalibrasi jarang menggunakan sumber radiasi untuk iradiasi panoramik. Kalibrasi diperlukan untuk memastikan temuan pengukuran alat pengukur sudah benar, dan ketertelusuran dipertahankan (Purwajati dkk., 2018).

Prosedur penyinaran personal dosimeter di Indonesia saat ini masih menggunakan sumber radiasi terkolimasi. Dalam proses penyinaran, dosimeter personal harus dilakukan beberapa kali, karena keterbatasan kolimasi dan jumlah dosimeter yang banyak, sehingga bisa terjadi kesalahan misalnya, tata letak dosimeter yang tidak konsisten, kecepatan shutter terbuka tidak konsisten, dan kolimasinya tidak konsisten. Sistem penyinaran panoramik ini bisa mengantisipasi kesalahan seperti yang ada di sistem penyinaran terkolimasi dan juga diharapkan memberikan akurasi yang lebih baik sehingga lebih menjamin hasil analisis dosis yang diterima pekerja radiasi yang pada akhirnya akan meningkatkan keselamatan pekerja radiasi.

Jarang sumber panoramik digunakan untuk kalibrasi, kecuali pengamatan in situ. Telah dicoba untuk digunakan dalam keadaan di mana instrumen pengukuran radiasi medan bergerak sulit (Wurdiyanto dkk., 2004). Kolimator dipasang sebagai upaya untuk menggunakan sumber panoramik untuk kalibrasi TLD dan surveymeter (Arwui dkk., 2011). Sementara itu, (Muhajirah dkk., 2016) melakukan penelitian dalam upaya menyelidiki dosis keluaran metode kalibrasi pen dosimeter sumber panoramik Cs-137. Penelitian yang dilakukan (Yo-Seob Seo dan Sun-Kyoung Yu,

2021) mencoba untuk mengkalibrasi thermoluminescence dosimeter (TLD) menggunakan alat diagnostik radiasi dan mengevaluasi dosis radiografi panoramik. Dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan, maka sangat menarik untuk dilakukan penelitian tentang distribusi dosis radiasi pada sistem penyinaran panoramik Cs-137 menggunakan dosimeter OSL dan surveymeter.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana nilai dosis personal hasil pengujian menggunakan dosimeter OSL tipe XA dan distribusinya pada sistem penyinaran panoramik Cs-137?
2. Bagaimana korelasi dosis personal atau $H_p(10)$ terhadap waktu penyinaran?
3. Bagaimana nilai laju dosis dan distribusinya dalam pengukuran menggunakan Unfors Xi pada penyinaran sumber Cs-137 panoramik?

1.3 Batasan Masalah

1. Sumber radiasi gamma dihasilkan dari Cs-137 pada sistem penyinaran panoramik Cs-137
2. Alat ukur dosis $H_p(10)$ yang digunakan adalah dosimeter OSL tipe XA dan alat ukur laju dosis yang digunakan adalah Unfors Xi

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan nilai dosis personal menggunakan dosimeter OSL tipe XA dan mengetahui distribusinya pada sistem penyinaran panoramik Cs-137
2. Menganalisis korelasi dosis personal $H_p(10)$ terhadap waktu penyinaran
3. Mendapatkan nilai laju dosis menggunakan Unfors Xi dan mengetahui distribusinya pada penyinaran sumber Cs-137 panoramik.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki keuntungan agar prototipe sistem penyinaran panoramik Cs-137 yang sudah dibuat terverifikasi respons dosisnya sehingga dapat digunakan untuk kalibrasi dosimeter personal. Selain itu, penelitian ini dapat dikonsultasikan, terutama yang berkaitan dengan kemajuan teknologi industri yang menggunakan radiasi nuklir. Penelitian ini juga dapat memberikan sumbangan pengetahuan bagaimana sistem penyinaran panoramik Cs-137 ini bekerja sehingga dapat digunakan sebagai masukan pihak instansi untuk pengembangan mutu pelayanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anies., 2006. *Seri Lingukan Dan Penyakit: Radiasi Sutet*. Elex Media Komputindo.
- Annkah, J. K dkk., 2011. *Preliminary Investigations of the Contribution of Scatter Radiation During Calibration of TLD-100 Using a Cs-137 Panoramic Source*. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 3 (9).
- Arwui, C. C dkk., 2011. *Assessment Of The Effectiveness Of Colimation Of Cs-137 Panoramic Beam On TLD Calibration Using A Constructed Lead Block Collimator And An ICRU Slab Phantom At SSDL In Ghana*. *Internasional Journal Of Science And Technology*, 4(1).
- Cember, H dan Johnson, T. E., 2009. *Introduction To Health Physics*. McGraw Hill.
- BAPETEN, 2006. *Peraturan Kepala Bapeten Nomor 1 Tahun 2006 Tentang Laboratorium Dosimetri, Kalibrasi Alat Ukur Radiasi dan Keluaran Sumber Radiasi Terapi, dan Standardisasi Radionuklida*. Jakarta
- Ernando, R, A. dkk., 2022. *Analisis Dosis Efektif Organ Paru Pasien Thoraks Menggunakan Optically Stimulated Luminescence Dosimeter (OSLD)*. *Journal Online Physics*, 2(7).
- Harsanti, L., dan Yulidar., 2016. *Pengaruh Radiasi Sinar Gamma Yang Berasal Dari Sumber Co-60 Terhadap Pembentukan Tanaman Kedelai Tahan Naungan Pada Generasi M1*. *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah – Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir*, Surakarta. Hal 103-109.
- Indonesia. 2007. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif*. Jakarta.
- Indriyana, L, I. Hidayanto, dan E. Arifin, Z., 2014. *Analisis Dosis Serap Relatif Berkas Elektron Dengan Variasi Ketebalan Blok Cerrobend Pada Pesawat Linear Accelerator*. *Youngster Physics Journal*, 3 (3).
- INTERNASIONAL ATOMIC ENERGI AGENCY, 2000, *Calibration of Radiation*

- Protection Monitoring Instruments, Safety Reports Series No. 16, IAEA, Vienna.
- James, T., 2000. *Radiation Monitoring Notebook*. Los Alamos.
- Jumpeño, B. Y. E. B., 2011. *Karakteristik Bacaan Dosimeter OSL (Optically Stimulated Luminescence)*. Widyanuklida, 1 (2).
- Jumpeño, B. Y. E. B., 2013. *Studi Karakteristik Pembacaan Ulang dan Linieritas Tanggapan Hp(10) Dosimeter OSL Komersial Tipe XA*. Seminar Keselamatan Nuklir.
- Komariyah, L., 2018. *Cara Cepat Pahami Konsep Fisika Inti*. KAAFFAH LEARNING CENTER : Sulawesi Selatan.
- Laksiamarti, T., 2022. *Alat Pemantau Perorangan Pada Tenaga Kerja Radiasi Di Bidang Kesehatan*. Media Litbang Kesehatan, 2 (12).
- Mahawati, E dkk., 2021. *Keselamatan Kerja dan Kesehatan Lingkungan Industri*. Yayasan Kita Menulis
- Martem, D. R. dkk., 2015. *Pengukuran Dosis Radiasi Ruangan Radiologi II Rumah Sakit Gigi dan Mulut (RSGM) Baiturrahmah Padang Menggunakan Surveymeter Unfors-XI*. Jurnal Fisika Unand, 4 (4).
- Muhijrah., Nurdin, W. B., dan Samad, B. A., 2016. *Analisis Dosis Keluaran Radiasi Dengan Sumber Cs-137 Pada Proses Kalibrasi Pendosimeter*. Makasar : Universitas Hasanuddin.
- Mukanthi, D. dkk., 2021. *Kajian Kualitas Air Laut dan Cesium 137 Pada Biota di Pantai Gosong, Kalimantan Barat Sebagai Calon Tapak PLTN*. Jurnal Pengembangan Energi Nuklir, 2 (23).
- Nazaroh., dan Sunaryati, S. I., 2016. *Kalibrasi Alat Ukur Radiasi (AUR) dan Kajian Terhadap Hasil Kalibrasi Monitor Area Medi Smart (MSI91-MS94) Periode 2009-2015*. Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah – Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir, Surakarta : 9 Agustus 2016. Hal 128-134.
- Nazaroh., 2010. *Pedoman Pengukuran Laju Kerma Udara Dan Kalibrasi Alat Ukur*

- Radiasi Tingkat Proteksi Serta Penilaian Ketidakpastiannya Berdasarkan The Measurement Good Particle Guide No. 49/2003*. Jurnal Standardisasi, 2 (12).
- Nazaroh., 2011. *Kalibrasi Dosimeter Saku Gamma (DSG) dan TLD/Film Badge (FB) Di Laboratorium PTKMR-BATAN*. Jurnal Standardisasi, 2 (13).
- Nugroho, A., Boybul., dan Ginting, A., 2014. *Pemungutan Isotop Hasil Fisi Cesium-137 Dan Unsur Bermassa Berat Dari Bahan Bakar U₃Si₂ - Al Pasca Iradiasi Untuk Burn Up*. Jurnal Teknologi Bahan Bakar Nuklir, Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, Serpong.
- Nurdin, W. B., 2014. *Fisika Nuklir Untuk Kesehatan*. PT Penerbit IPB Press : Bogor.
- Nuryaman, I. B., Mulyantoro, D. K., dan Darmini., 2022. *Modul Edukasi Radioterapi Berbasis Mobile Android Pada Pasien Yang Menjalani Terapi Radiasi Eksternal*. Pustaka Rumah Cinta.
- Purwajati, S dkk., 2018. *Analisis Hasil Kalibrasi Surveymeter Menggunakan Sumber Cs-137 Terkolimasi dan Panoramik*. Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir, Yogyakarta : 24 Juli 2018. Hal 441-446.
- Purwanto, E. H., dan Suprpto., 2019. *Pemetaan Potensi Laboratorium Kalibrasi Massa Sebagai Penguatan Ketertelusuran Pengukuran Di Indonesia*. Jurnal Standardisasi, 2 (21).
- Salam, M., Supriyatni, E., dan Panuntun, F., 2016. *Kajian Laju Paparan Radiasi Pada Titik Pengukuran Di Reaktor Kartini Sebagai Dasar Penentuan Kondisi Batas Operasi (KBO)*. Prosiding Seminar Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir, Surakarta : 9 Agustus 2016. Hal 1-5.
- Salami, I. R. S., 2015. *Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja*. Gajah Mada University Press : Yogyakarta.
- Septina, F dkk., 2022. *Penggunaan Pesawat Sinar-X di Bidang Kedokteran Gigi*. Universitas Brawijaya Press
- Septiyanti, I., Khalif, M. A., dan Anwar, E. D., 2020. *Analisis Dosis Paparan Radiasi*

- Pada General X-Ray II Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Muhammadiyah Semarang.* Jurnal Imejing Diagnostik. Hal 96 -102.
- Sofyan, H., 2013. *Peluang Dosimeter Personal Elektronik Untuk Menggantikan Dosimeter Personal Pasif.* Informasi IPTEK.
- Sofyan, H., 2014, *Pemantauan Dosis Perorangan Dari Paparan Radiasi Eksternal Pada Masyarakat Umum.* Buletin Alara, 2(16).
- Sukandarrumidi., Kotta, H. Z., dan Wintolo, D., 2018. *Energi Terbarukan : Konsep Dasar Menuju Kemandirian Energi.* UGM Digital Press : Yogyakarta.
- Sumanto, J., Jalil, A., Sukandar, dan Romadhon., 2013. *Desain Perangkat Pengukur Aktivitas Dosis Pada Renograf.* Prosiding Pertemuan Ilmiah Perencanaan Perangkat Nuklir, Tangerang Selatan : 14 November 2013. Hal 232-245.
- Umar, E., 2008. *Buku Pintar Fisika.* Jakarta Media Pusindo : Probolinggo.
- Widyaningsih, D., dan Sutanto, Heri., 2013. *Penentuan Dosis Radiasi Eksternal Pada Pekerja Radiasi di Ruang Penyinaran Unit Radioterapi Rumah Sakit Dr.Kariadi Semarang.* Berkala Fisika, 2(16).
- Wurdiyanto, G., Budiantari, C. T., dan Nugroho, A., 2004. *Kalibrasi Monitor Radiasi Secara In Situ Menggunakan Sumber Cs-137.* Prosiding Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan X. Hal 300-306
- Salami, I. R., 2015. *Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja.* Gadjah Mada University Press : Yogyakarta.
- Seo, Y.S., dan Yu, S. K., 2021. *Thermoluminescent Dosimetry of Panoramic Radiography.* Oral Biology Research, 45 (1).