

**ANALISIS KANDUNGAN RADIONUKLIDA Cs-137 PADA SEDIMEN
DI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) MUSI MENGGUNAKAN
SPEKTROMETER GAMMA**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Bidang Studi Kimia**



TATA ABDIAN JAYA

08031381722074

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

2021

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS KANDUNGAN RADIONUKLIDA Cs-137 PADA SEDIMEN
DI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) MUSI MENGGUNAKAN
SPEKTROMETER GAMMA**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh :

TATA ABDIAN JAYA

08031381722074

Indralaya, 15 Maret 2021

Pembimbing I



Dr. Ady Mara, M.Si

NIP. 196404301990031003

Pembimbing II



Ghulam Fathul Amri, S.ST., M.E., M.T

NIP.198507142009121006



HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Analisis Kandungan Radionuklida Cs-137 pada Sedimen di Daerah Aliran Sungai (DAS) Musi menggunakan Spektrometer Gamma” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 15 Maret 2021 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 15 Maret 2021

Ketua :

1. **Dr. Ady Mara, M.Si**

NIP. 196404301990031003



Anggota :

2. **Ghulam Fathul Amri, S.ST., M.E., M.T**

NIP. 197307261990320001

3. **Dr. Addy Rachmat, M.Si**

NIP. 197409282000121001

4. **Dr. Bambang Yudono, M.Sc**

NIP. 196102071989031004

5. **Dra. Julinar, M.Si**

NIP. 196507251993032002



Mengetahui,



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Tata Abdian Jaya

NIM : 08031381722074

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (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, 15 maret 2021

Penulis



Tata Abdian Jaya
NIM. 08031381722074

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

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

Nama Mahasiswa : Tata Abdian Jaya
NIM : 08031381722074
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
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: “Analisis Kandungan Radionuklida Cs-137 pada Sedimen di Daerah Aliran Sungai (DAS) Musi menggunakan Spektrometer Gamma”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola 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, 15 Maret 2021

Yang menyatakan,

Tata abdian Jaya

NIM. 08031381722074

LEMBAR PERSEMBAHAN

“janganlah kamu bersikap lemah, dan janganlah pula kamu bersedih hati, padahal kamulah orang-orang yang paling tinggi derajatnya, jika kamu orang-orang yang beriman (Q.S. Al-Imran :139)

“Bersabarlah kamu dan kuatkanlah kesabaranmu dan tetaplah bersiap siaga dan bertaqwalah kepda Allah supaya kamu menang (Q.S. Al-Imran :139)

“Tidak ada kesuksesan tanpa Do’a, tidak ada keberhasilan tanpa Do’a, tidak ada kemudahan tanpa Do’a (Tata Abdia Jaya)

Skripsi ini sebagai tanda syukur ku kepada:

- Allah سُبْحَانَهُ وَتَعَالَى
- Nabi Muhammad صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ

Dan kupersembahkan kepada :

- 1. Umak Nggak Bak yang senantiasa mendoakan, menyayangi dengan setulus hati dan memberiku motivasi.**
- 2. Saudara-saudaraku yang selalu aku sayangi dan cintai.**
- 3. Pembimbing (Dr. Ady Mara, M.Si dan Ghulam Fathul Amri, S.ST., M.E., M.T)**
- 4. Sahabat - sahabatku**
- 5. Almamaterku (Universitas Sriwijaya)**

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Allah Subhanahu Wa Ta'ala semata, kita memujinya, memohon pertolongan dan ampunan hanya kepada-Nya dan pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul: “Analisis Kandungan Radionuklida Cs-137 pada Sedimen di Daerah Aliran Sungai (DAS) Musi menggunakan Spektrometer Gamma”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Dr. Ady Mara, M. Si** dan **Ghulam Fathul Amri, S.ST., M.E., M.T** yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya yang begitu besar.
2. Bapak Hermansyah, Ph.D selaku Dekan MIPA Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Hasanudin, M,Si, selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku Sekretaris Jurusan Kimia.
5. Bapak Dr. Nirwan Syarif, M.Si selaku dosen pembimbing akademik.
6. Seluruh Dosen FMIPA KIMIA yang telah mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
7. Seluruh staf BATAN (Badan Tenaga Nuklir Nasional) yg telah banyak membantu selama penelitian.
8. Bapak Harry Nugroho ES, M.Sc yang telah merekomendasikan saya untuk penelitian di BATAN-PTKMR.
9. Mbak Novi dan kak iin selaku admin jurusan kimia yang telah banyak membantu kelancaran administrasi.

10. Kedua orang tuaku (Bujang Ishar dan Niluanah) Untuk segala usaha, doa, kesabaran, pembelajaran juga mencurahkan kasih sayang yang tak terhingga serta motivasi yang tiada henti selama menempuh pendidikan sampai saat sekarang ini. Hanya Allah Allâh Subhanahu Wa Ta'ala yang bisa membalas semua kebaikan kalian.
11. Adekku (Ferdi bahir pribu dan Ishar januarda) sukses selalu dan jadilah kebanggan kedua orang tua.
12. Tim bimbingan penelitian Ghulam Fathul Amri, S.ST., M.E., M.T di BATAN (seluruh anak UIN Jakarta) semoga cepat nyusul sarjana.
13. Seluruh lanang kimia angkatan 2017 semangat terus dan semoga cepat nyusul sarjana.
14. Terima kasih kepada kance kosan Rumahku Surgaku Group yang banyak membantu terutama saat ternak lele dan berkebun.
15. Rekan penelitian M. Deni Andriano jangan lupa tulis namaku juga.
16. M. Ramdan Abdul Manan dan Putra yang sudah banyak sekali membantu sampling di Sungai Musi.
17. Seluruh keluarga kimia 17 tetap semangat dan semoga cepat nyusul sarjana bagi yang belum sarjana.
18. Adik tingkat di Departemen Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya angkatan 2018, 2019 dan 2020 semoga cepat nyusul sarjana.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan untuk itu penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun dari para pembaca. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Inderalaya, 15 Maret 2021



Penulis

SUMMARY

ANALYSIS OF RADIONUCLIDE Cs-137 CONTENT ON SEDIMENT IN MUSI WATERSHED USING GAMMA SPECTROMETER

Tata Abdian Jaya: Supervised by Dr. Ady Mara, M.Si dan Ghulam Fathul

Amri, S.ST., M.E., M.T

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Sriwijaya University

xvii + 98 pages, 27 pictures, 14 tabels, 13 attachments

Analysis of the Cs-137 radionuclide content on sediments in the Musi river basin using a gamma spectrometer has been carried out. This study aims to determine the effect of sampling locations and the influence of water quality characteristics such as water pH, sediment pH, conductivity, turbidity, type of sediment on the concentration of Cs-137 and this study also aims to determine the distribution pattern of Cs-137 radionuclide concentrations in sediments in the Musi River. Sampling starts from the western end of the Musi River to the eastern part which is in direct contact with the Palembang City boundary. Sampling was carried out at 7 stations with a radius of ± 5 km. The results showed that the concentration value of Cs-137 in the sediment below MDC (Minimum Detectable Concentration) was up to 1.51 Bq / kg, far below the quality standard set by the IAEA, which was 1.108×10^3 Bq / kg. The results of the measurement of the pH value of the water ranged from 6.0 to 7.0 and the pH of the sediment ranged from 6.0 to 6.9, the conductivity value ranged from 39.7 $\mu\text{S} / \text{cm}$ to 94.0 $\mu\text{S} / \text{cm}$, the turbidity value ranged from 4.1 NTU to 7.1 NTU and the type of sediment is dominated by silt. The various Cs-137 concentration values and the very low concentrations were thought to have originated from a global fallout. The sampling location has an effect on the concentration of radionuclide Cs-137. The water quality characteristics did not significantly influence the radionuclide concentration of Cs-137. The distribution pattern of Cs-137 radionuclide concentrations in sediments in the Musi river basin is influenced by tidal currents and river morphology.

Keywords : Radionuclide Cs-137, Gamma Spectrometer, Sediment, Musi River
Waters of Palembang City.

Citation : 111 (1990-2021)

RINGKASAN

ANALISIS KANDUNGAN RADIONUKLIDA Cs-137 PADA SEDIMEN DI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) MUSI MENGGUNAKAN SPEKTROMETER GAMMA

Tata Abdian Jaya: Dibimbing Oleh Dr. Ady Mara, M.Si dan Ghulam Fathul

Amri, S.ST., M.E., M.T

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas
Sriwijaya.

xvii + 98 halaman, 27 gambar, 14 tabel, 13 lampiran

Telah dilakukan analisis kandungan radionuklida Cs-137 pada sedimen di daerah aliran sungai Musi menggunakan spektrometer gamma. Penelitian ini bertujuan menentukan pengaruh lokasi pengambilan sampel dan pengaruh karakteristik kualitas perairan seperti pH air, pH sedimen, konduktivitas, turbiditas, jenis sedimen terhadap konsentrasi Cs-137 dan penelitian ini juga bertujuan menentukan pola penyebaran konsentrasi radionuklida Cs-137 pada sedimen di daerah aliran Sungai Musi. Sampling dimulai dari ujung Sungai Musi bagian barat menuju bagian timur yang bersinggungan langsung dengan batas wilayah Kota Palembang. Pengambilan sampel dilakukan pada 7 stasiun dengan radius ± 5 km. Hasil penelitian menunjukkan nilai konsentrasi Cs-137 pada sedimen di bawah MDC (*Minimum Detectable Concentration*) hingga 1,51 Bq/kg jauh di bawah baku mutu yang ditetapkan oleh IAEA yaitu sebesar $1,108 \times 10^3$ Bq/kg. Hasil pengukuran nilai pH air berkisar 6,0 hingga 7,0 dan pH sedimen berkisar 6,0 hingga 6,9, nilai konduktivitas berkisar 39,7 $\mu\text{S/cm}$ hingga 94,0 $\mu\text{S/cm}$, nilai turbiditas berkisar 4,1 NTU hingga 7,1 NTU dan jenis sedimen di dominasi oleh jenis lanau. Nilai konsentrasi Cs-137 yang beragam dan konsentrasinya sangat rendah diduga bersumber dari *global fallout*. Titik lokasi pengambilan sampel berpengaruh terhadap konsentrasi radionuklida Cs-137. Karakteristik kualitas perairan tidak berpengaruh signifikan terhadap konsentrasi radionuklida Cs-137. Pola penyebaran konsentrasi radionuklida Cs-137 pada sedimen di daerah aliran sungai musu dipengaruhi oleh arus pasang surut dan morfologi sungai.

Kata Kunci : Radionuklida Cs-137, Spektrometer Gamma, Sedimen, Perairan
Sungai Musi Kota Palembang.

Kepustakaan : 111 (1990-2021)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SUMMARY	ix
RINGKASAN	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Inti Atom	4
2.2 Reaksi Inti	5
2.2.1 Peluruhan Radioaktif.....	6
2.2.2 Reaksi Fisi.....	9
2.2.3 Reaksi Fusi.....	9
2.2.4 Transmutasi Inti	10
2.3 Radioaktivitas.....	10
2.4 Interaksi Radiasi Gamma Dengan Materi	11
2.4.1 Efek Fotolistrik	11

2.4.2 Hamburan Compton	12
2.4.3 Efek Produksi Pasangan.....	12
2.5 Sumber Radiasi	13
2.5.1 Sumber Radiasi Kosmik.....	13
2.5.2 Sumber Radiasi Terestrial (Primordial)	14
2.5.3 Sumber Radiasi Buatan	14
2.6 Radionuklida Cs-137	14
2.7 Spektrometer Gamma	15
2.8 Turbidimeter.....	15
2.9 Konduktometer	15
2.10 pH Meter	1
2.11 Sungai Musi	17
2.12 Sedimen.....	18
2.13 Macam Macam Pengangkutan Sedimen	18
2.14 Karakteristik Sumber Pencemaran Air.....	19
2.15 Peraturan Terkait Batasan Konsentrasi Cs-137	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2 Alat dan Bahan.....	23
3.2.1 Alat.....	23
3.2.2 Bahan	23
3.3 Prosedur Penelitian.....	23
3.3.1 Penentuan Lokasi	23
3.3.2 Pengambilan Sampel	24
3.3.3 Preparasi Sampel.....	25
3.4 Pengukuran karakteristik kualitas perairan	26
3.3.4 Pengukuran pH.....	26
3.3.4 Penentuan Jenis Sedimen	26
3.3.4 Penentuan Konduktivitas	27
3.3.4 Penentuan Turbiditas.....	27
3.5 Penentuan Konsentrasi Cs-137 dengan Menggunakan	

Spektrometer Gamma	27
3.5.1 Kalibrasi Spektrometer Gamma.....	27
3.5.2 Pengukuran Cacah Latar	28
3.5.3 Pengukuran sampel	28
3.6 Analisis Data	28
3.6.1 Analisis Kualitatif	28
3.6.2 Analisis Kuantitatif	29
3.6.2.1 Perhitungan Konsentrasi Radionuklida dalam Sampel	29
3.6.2.2 Ketidakpastian Pengukuran.....	30
3.6.2.3 Konsentrasi Minimum Terdeteksi.....	30
3.7 Pola Penyebaran Radionuklida Cs-137	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Karakteristik Kualitas Perairan Sungai Musi Kota Palembang	32
4.2 Penentuan Konsentrasi Radionuklida Cs-137 pada Sampel Sedimen dengan menggunakan Spektrometer Gamma	35
4.2.1 Kalibrasi Energi.....	35
4.2.2 Kalibrasi Efisiensi	36
4.2.3 Data Spektrum dan Konsentrasi Radionuklida Cs-137.....	38
4.3 Hubungan Karakteristik Perairan terhadap Konsentrasi Radionuklida Cs-137	40
4.4 Pola Penyebaran Konsentrasi Radionuklida Cs-137 pada Sungai Musi Kota Palembang	44
4.5 Analisis Radionuklida lain menggunakan Alat Spektrometer Gamma	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Kesimpulan	50
5.1 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Daftar beberapa Karakteristik Radionuklida	15
Tabel 2. Klasifikasi Umum Bahan Pencemar Air	20
Tabel 3. Parameter Lingkungan Perairan	20
Tabel 4. Klasifikasi Ukuran Butir Sedimen.....	34
Tabel 5. Kalibrasi Energi.....	35
Tabel 6. Konsentrasi Sumber Standar pada saat Pencacahan.....	36
Tabel 7. Kalibrasi Efisiensi	37
Tabel 8. Konsentrasi Radionuklida Cs-137 pada masing-masing Stasiun	38
Tabel 9. Perhitungan Data Kalibrasi Energi	76
Tabel 10. Data Konsentrasi Radionuklida Cs-137 Masing-Masing Stasiun ...	85
Tabel 11. Konsentrasi Radionuklida Lain (Co-60, I-129).....	85
Tabel 12. Berat Fraksi Sedimen.....	86
Tabel 13. Data Pengambilan Sampel pada Sungai Musi	88
Tabel 14. Daftar Radionuklida berdasarkan Jenisnya.....	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Model atom Bohr	5
Gambar 2.	Ilustrasi Reaksi Inti	5
Gambar 3.	Peluruhan Alfa	7
Gambar 4.	Peluruhan Beta	8
Gambar 5.	Peluruhan Gamma	8
Gambar 6.	Efek Fotolistrik	11
Gambar 7.	Efek Compton	12
Gambar 8.	Efek Produksi Pasangan	13
Gambar 9.	Spektrum Gamma Radionuklida Cs-137	15
Gambar 10.	Rangkaian Alat Spektrometer Gamma	16
Gambar 11.	Turbidimeter	16
Gambar 12.	Peta Sungai Musi yang Melewati Kota Palembang	17
Gambar 13.	Macam-Macam Pengangkutan Sedimen	22
Gambar 14.	Peta Lokasi Pengambilan Sampel	24
Gambar 15.	Ekman Grab	25
Gambar 16.	Grafik Kalibrasi Energi	36
Gambar 17.	Grafik Efisiensi	37
Gambar 18.	Grafik Konsentrasi Cs-137 pada Masing-Masing Stasiun	40
Gambar 19.	Grafik Hubungan pH Air dan Lokasi Pengambilan Sampel terhadap Konsentrasi Cs-137	41
Gambar 20.	Grafik Hubungan pH Sedimen dan Lokasi Pengambilan Sampel terhadap Konsentrasi Cs-137	42
Gambar 21.	Grafik Hubungan Konduktivitas dan Lokasi Pengambilan Sampel terhadap Konsentrasi Cs-137	42
Gambar 22.	Grafik Hubungan Persen Jenis Sedimen dan Lokasi Pengambilan Sampel terhadap Cs-137 Konsentrasi	43
Gambar 23.	Grafik Hubungan Turbiditas dan Lokasi Pengambilan Sampel terhadap Konsentrasi Cs-137	44
Gambar 24.	Peta Pola Penyebaran Radionuklida Cs-137	45

Gambar 25. Peta Arah Arus Sungai Musi Kota Palembang.....	46
Gambar 26. Grafik Konsentrasi Co-60 pada masing-masing Stasiun.....	48
Gambar 27. Grafik Konsentrasi I-129 pada masing-masing Stasiun.....	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Spektrum Radionuklida yang di Analisa.....	63
Lampiran 2.	Data Cacahan Detektor Sampel Sedimen Sungai Musi	67
Lampiran 3.	Perhitungan Data Kalibrasi Energi.....	76
Lampiran 4.	Perhitungan Konsentrasi Radionuklida Standar pada Saat Pencacahan	77
Lampiran 5.	Perhitungan Nilai Efisiensi.....	78
Lampiran 6.	Perhitungan konsentrasi Radionuklida pada Sampel	79
Lampiran 7.	Tabel konsentrasi Radionuklida Masing-Masing Sampel.....	85
Lampiran 8.	Perhitungan Persentase Berat Sedimen	86
Lampiran 9.	Data Pengambilan Sampel pada Sungai Musi.....	88
Lampiran 10.	Sertifikat Standardisasi Radionuklida	89
Lampiran 11.	Prosedur Pengoperasian Spektrometer Gamma	90
Lampiran 12.	Daftar Radionuklida berdasarkan Jenisnya	93
Lampiran 13.	Dokumentasi Penelitian	95

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan IPTEK nuklir berkembang demikian pesat, begitu juga di bidang aplikasi radioisotop di berbagai negara di dunia termasuk Indonesia (Jumpeno, 2005). Zat radioaktif dapat terjadi secara alamiah atau sengaja dibuat oleh manusia di dalam reaktor nuklir. Radionuklida buatan banyak digunakan untuk meningkatkan kesejahteraan manusia melalui pengendalian teknologi nuklir yang banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti industri, pertanian, hidrologi dan di bidang medis (Aziz dkk, 2015).

Salah satu unsur radionuklida buatan yang merupakan radionuklida hasil fisi reaktor nuklir yaitu Cs-137 yang mempunyai umur paruh yang sedang selama 30,17 tahun (Telfeyan *et al*, 2020). Radionuklida Cs-137 banyak di gunakan untuk kalibrasi peralatan, pendeteksi radiasi dan dimanfaatkan dalam bidang kedokteran untuk proses sterilisasi dan sebagai terapi radiasi untuk mengobati tumor dan kanker. Radionuklida Cs-137 digunakan juga pada kegiatan industri minyak bumi, konstruksi, kertas dan plastik (Tusiro dkk, 2012).

Radionuklida buatan Cs-137 mempunyai efek negatif apabila terlepas ke lingkungan perairan sungai yang bisa diakibatkan dari limbah indutri maupun medis yang menggunakan radionuklida Cs-137 dan dari jatuhnya zat radioaktif karena percobaan nuklir di udara atau *fallout* (Marwoto dkk, 2019). Emilia dkk (2013) menyatakan bahwa kegiatan industri, pertanian dan aktivitas manusia menjadi penyebab meningkatnya jumlah buangan atau polutan di perairan sungai. Polutan tersebut akan mengendap ke dalam dasar perairan sungai yang akan mempengaruhi organisme-organisme seperti *makrozoobenthos* merupakan kelompok hewan yang memiliki peranan penting dalam ekosistem sebagai organisme kunci dalam jaring makanan karena menjadi bahan makanan bagi hewan lain. Sementara, pada Sungai Musi memiliki peran strategis dalam pembangunan perekonomian dan digunakan untuk mendukung keperluan masyarakat Kota

Palembang seperti untuk mencuci, mandi, sumber air minum dan juga pengairan sawah serta keperluan industri.

Air sungai yang membawa partikel sedimen dari daratan yang terjadi secara terus menerus, dapat menyebabkan terjadinya sedimentasi. Sebaran sedimentasi membawa dampak dalam transpor radionuklida Cs-137 yang dipengaruhi oleh arus dan morfologi sungai. Adanya peningkatan sedimentasi dapat melibatkan radionuklida Cs-137 yang berdampak terhadap keberadaan hewan yang hidup di dasar sungai yang bisa berpengaruh pada kesehatan manusia baik secara langsung atau secara tidak langsung melalui rantai makanan. Jika dosis yang masuk ke dalam tubuh berlebihan maka dapat menyebabkan efek yang serius seperti kanker bahkan kematian karena akan mempengaruhi fungsi organ setelah terakumulasi di dalam tubuh manusia (Rahardjo dkk, 2008).

Berdasarkan penelitian sebelumnya tentang penentuan kandungan Cs-137 di dalam tanah pada beberapa daerah di Provinsi Sumatera Selatan oleh Emlinarti dan Buchari (2003) bahwa konsentrasi Cs-137 pada tanah di provinsi Sumatera Selatan untuk kedalaman 5-20 cm yaitu dari 0,17 Bq/kg sampai 1,50 Bq/kg sedangkan untuk kedalaman 0–5 cm di bawah batas konsentrasi terendah yang dapat dideteksi (MDC) sampai 1,99 Bq/kg. Berdasarkan uraian di atas akan dilakukan penelitian kandungan radionuklida Cs-137 pada sedimen di DAS Musi yang melewati Kota Palembang karena pada sedimen terdapat endapan dari sebagian besar unsur kimia yang ada di suatu perairan dalam bentuk partikel terendapkan (Kurniawan 2014).

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan menganalisis pengaruh lokasi pengambilan sampel dan pengaruh karakteristik kualitas perairan terhadap konsentrasi radionuklida Cs-137 pada sedimen di DAS Musi yang melewati Kota Palembang, Sumatera Selatan. Menentukan pola penyebaran radionuklida Cs-137 pada sedimen di daerah aliran Sungai Musi yang melewati Kota Palembang yang nantinya akan dibandingkan dengan nilai batas kadar tertinggi yang diizinkan oleh IAEA tentang penentuan baku mutu radionuklida Cs-137 pada sedimen yaitu sebesar $1,108 \times 10^3$ Bq/kg.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh lokasi pengambilan sampel dan pengaruh karakteristek kualitas perairan terhadap konsentrasi radionuklida Cs-137 pada sedimen di DAS Musi yang melewati Kota Palembang, Sumatera Selatan.
2. Bagaimana pola penyebaran konsentrasi radionuklida Cs-137 pada sedimen di DAS Musi yang melewati Kota Palembang, Sumatera Selatan?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menentukan pengaruh lokasi pengambilan sampel dan pengaruh karakteristek kualitas perairan terhadap konsentrasi radionuklida Cs-137 pada sedimen di DAS Musi yang melewati Kota Palembang, Sumatera Selatan.
2. Menentukan pola penyebaran konsentrasi radionuklida Cs-137 pada sedimen di DAS Musi yang melewati Kota Palembang, Sumatera selatan.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Bagi Universitas
Penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk menambah referensi sebagai bahan penelitian lanjutan yang lebih lanjut.
2. Bagi masyarakat
Masyarakat diharapkan dapat mengetahui tingkat konsentrasi radionuklida Cs-137 pada sedimen di daerah aliran sungai (DAS) Musi yang melewati Kota Palembang Sumatera.
3. Bagi Pemerintah
Untuk menjadi bahan masukan dan acuan bagi instansi terkait dalam rangka menentukan kualitas sedimen di daerah aliran sungai (DAS) Musi Kota Palembang terhadap konsentrasi radionuklida Cs-137.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwardoyo., Ruslan., dan Parmanto, E. M. 2010. *Fakta Seputar Radiasi*. Jakarta: Badan Tenaga Nuklir Nasional.
- Adrovic, F. 2012. *Gamma Radiation*. Croatia: Intech.
- Afridjal Ottohyat. 2016. Peta Kota Palembang. <https://viewer.pdfrock.com/View.php?Hash=C71dadd7ac7417b271845601395fc50f&Title=%5bpdf%5d+Peta+Kota+Palembang&Source=Dl>. Diakses pada 19 April 2020.
- Akhadi, M. 2011. Pengetahuan Dasar Untuk Membaca dan Memanfaatkan Peta Nuklida. *Buletin Alara*, 13(2): 87–95.
- Alatas, Z., Bestari, M., Irawan, D., Erni, T., Andraeni, R., Muslich, A., dan Fidiarini, N. 2019. *Buku Pintar Nuklir*. Ed. Ruslan. Jakarta: Batan.
- Aliyanta, B. 2015. Kajian Komparatif Parameter Kualitas Tanah Di Beberapa Tataguna Lahan Sub DAS Cisadane Hulu Dengan Pb-210 Excess dan Cs-137 Comparative Study of Soil Quality Parameters on Several Excess and Cs-137. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 137: 113–24.
- Aritonang, A. P., Riad, S., dan Walfred, T. 2014. Kualitas Air Sungai Siak Menggunakan Metode Jembatan Wheatstone. *Jurnal Ilmiah*, 1(2): 1–9.
- Aryanti, C. A., Muslim., dan Murdahayu, M. 2016. Analisis Jenis Ukuran Butir Sedimen di Perairan Sluke Rembang. *Jurnal Oseanografi*, 5(2): 211–17.
- Atafar, Z., Mesdhaghinia, A., Nouri, J., Homae, M., dan Yunesian, M. 2010. Effect of Fertilizer Application on Soil Heavy Metal Concentration. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160(1–4): 83–89.
- Aziz, M., Eko, H., dan Lestari, D. 2015. Penentuan Aktivitas ^{60}Co dan ^{137}Cs Pada Sampel Unknown dengan Menggunakan Detektor HPGe. *Youngster Physics Journal*, 4(2): 189–96.
- Balai Penelitian Tanah. 2019. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian .

- Balai Riset Perikanan Perairan Umum. 2010. Perikanan: Perairan Sungai Musi Sumatera Selatan: 1–9.
- Barus, T. A. 2004. Faktor-Faktor Lingkungan Abiotik dan Keanekaragaman Plankton sebagai Indikator Kualitas Perairan Danau Toba. *Manusia dan Lingkungan*, 9(2): 64–72.
- Bashori, A., Nurhasanah, I., dan Arifin, Z. 2016. Sensitivitas Larutan Nanopartikel CeO_2 Terhadap Radiasi Sinar Gamma Teleterapi Cobalt-60. *Youngster Physics Journal*, 5(4): 141–48.
- Batan. 2020. Model Atom Niels Bohr. *Www.Batan.Go.Id*. [Http:// Www.Batan.Go.Id/Index.Php/Id/Infonuklir/Atom/Model-Atom/813-Model-Atom-Niels-Bohr](http://Www.Batan.Go.Id/Index.Php/Id/Infonuklir/Atom/Model-Atom/813-Model-Atom-Niels-Bohr). Diakses Pada Tanggal 25 Mei 2020.
- Batan. 2013. Analisis Sampel Radioaktivitas Lingkungan Bagian 2 : *Analisis Radionuklida Pemancar Gamma Batan*. [Https://Www.Batan.Go.Id/ Images/Psmn/Pdf/Sb-14-Batan-2013-Analisi-Sampel-Radioaktif-Lingkungan Bagian -Ii.Pdf](https://Www.Batan.Go.Id/Images/Psmn/Pdf/Sb-14-Batan-2013-Analisi-Sampel-Radioaktif-Lingkungan-Bagian-Ii.Pdf). Diakases Pada Tanggal 19 Mei 2020.
- Batan. 2017. Standar Operasional Prosedur Analisis Radionuklida ^{137}Cs , ^{134}Cs dan ^{60}Co Pada Sampel Biota Rumput, Tanaman, Tanah dan Sedimen: 1–12.
- Beiser, A. 1995. *Schaum's Oulines: Applied Physics*. Third Edit. New York: The Mcgraw-Hill Companies, Inc.
- Benstead, J., Tostevin, J. A., Escher, J. E., Burke, J. T., Hughes, R. O., Ota, S., Casperson, R. J., dan Thompson, I. J. 2016. Calculations of Compound Nucleus Spin-Parity Distributions Populated Via The (P,T) Reaction in Support of Surrogate Neutron Capture Measurements. *Epj Web of Conferences*, 122(1): 1–13.
- Bere, M. E., Pasangka, B., dan Sutaji, H. I. 2020. Akibat Kontaminasi dari Sumber Radioisotop. *Fakultas Sains dan Teknik*, 1(1): 1–7.
- Bojko, O. V, Darmohray, L. M., Luchyn, I. S., Honchar, O. F., and Gutyj, B. V.

2020. Specific Activity of Sr-90 and Cs-137 in Rabbits of Various Genotypes. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(2): 165–69.
- Buesseler, K. O. 2014. Fukushima and Ocean Radioactivity. *Journal Oceanography*, 27(1): 92–105.
- Burkhardt, C. E., dan Jacob, J. L. 2006. Topics in Atomic Physics. *Topics In Atomic Physics*. Usa: Springer Science & Business Media.
- Choppin, G., Liljenzin, J. O., Rydberg, J., dan Ekberg, C. 2013. Radiochemistry and Nuclear Chemistry. *Cosmic Radiation And Radioelements in Nature*. Usa: Elsevier Inc.
- Deni, A., 2021. Analisis radionuklida Cs-137 pada sampel Air di (DAS) Musi Kota Palembang menggunakan spektrometer gamma. SKRIPSI. FMIPA Kimia. Universitas Sriwijaya. Indralaya (*Unpublished*).
- Despriani, Y., Dian, M., Kusdiana., dan Radhia, P. 2020. Pemetaan Tingkat Radioaktivitas Lingkungan Pada Tanah Di Kota Padang. *Jurnal Fisika Unand (Jfu)*, 9(2): 190–95.
- Desviana, A. T., dan Gede, S. W. 2018. Penilaian Radiologis Efluen Pusat Sains dan Teknologi Akselerator (Psta) ke Sistem Biota dengan Erica Tool Radiological Assessment of Effluent of Center for Acelerator Science and Technology to the Biotic System Using Erica Tool, (7): 1–9.
- Duraisamy, R. 2018. Atomic Structure and Basic Concepts of Chemistry. *E – Material for Chemistry Graduates*, Ethiopia: Arba Minch University, 1–64.
- Emilia, I., Suheryanto, S., dan Hanafiah, Z. 2013. Distribusi Logam Kadmium dalam Air dan Sedimen di Sungai Musi Kota Palembang. *Jurnal Penelitian Sains*, 16(2): 59–64.
- Emlinarti dan Buchari. 2003. Penentuan Kandungan ^{137}Cs Dalam Tanah di Propinsi Sumatera Selatan. *Puslitbang Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir - Batan*, 1(1): 135–39.

- Erfiansyah, D., Rahayu, Y., Hamdani, E., Binawidya, K., Soebrantas, J. H. R., dan Panam, S. B. 2019. Konsep Desain Reaktor Termonuklir Fusi Tokamak Sizeable sebagai Sumber Daya Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir dengan Pengamanan Cryogenic Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro S1,2 Dosen Teknik Elektro, Dosen Teknik Elektro Program Studi Teknik E. *Jom F Teknik*, 6(1): 1–7.
- Fayanto, S., Pati, S., Suwardi, E., Afiudin, A., Uleo, H. H., dan Nigsih, S. A. 2016. Peluruhan Zat Radioaktif. *Jurnal Praktikum Fisika Modern*, 1(1): 1–18.
- Firihu, M. Z., Variani, V. I., dan Justina, J. 2016. Simulasi Numerik Reaksi Fusi Nuklir dengan Menggunakan Metode Wong. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 6(1): 50–56.
- Gahrouei, D. S., Mehrdad, G., dan Samaneh, S. 2013. a Review on Natural Background Radiation. *Advanced Biomedical Research*, 2(1): 65.
- Geofisika dan Meteorologi. 2012. Atmosfer (Institut Pertanian Bogor): 1–24.
- Ginting, A. B., et al. 2015. Pembuatan Sumber Radiasi Gamma ^{137}Cs Dengan Aktivitas 20 Mci dari Peb U3si2-Al Pasca Iradiasi Dalam Container Stainless Steel. *Urania*, 21(3): 127–40.
- Gumilar, R., Nur Fitriani, A., Ummutafiqoh, T., Subkhi, M. N., dan Perkasa, Y. S. 2016. Studi Pengukuran Koefisien Atenuasi Material Zincalume sebagai Perisai Radiasi Gamma. *Wahana Fisika*, 1(1): 21.
- Herman, D. A. 2020. 1c Thesis Butterfly Puddling: an Alternative Cs-137 Pathway to the Pale Grass Blue Butterfly Following the Fukushima Nuclear Accident. Oregon State University. *Urania*, 21(3): 187–220.
- Hertel, P. 2017. *Quantum Theory And Statistical Thermodynamics Graduate Texts in Physics*. German: Springer International.
- Hiswara, E. 2015. *Buku Pintar Proteksi dan Keselamatan Radiasi di Rumah Sakit*. Jakarta: Batan Press.

- Hossain, I., Sharip, N., dan Viswanathan, K. 2012. Efficiency and Resolution of HPGe and Nai(Tl) Detectors Using Gamma-Ray Spectroscopy. *Scientific Research and Essays*, 7(1): 86–89.
- IAEA. 2000. Analytical Quality Control Services (Aqcs) of International Atomic Energy Agency in Reference Materials for the Determination of Radionuclides.
- Irianto, K. 2015. *Buku Bahan Ajar Pencemaran Lingkungan*. Universitas Warmadewa
- Ismail, R. 2018. PH Meter dan Konduktometer. [http://rohmatchemistry.staff.ipb.ac.id/2018/04/29/alat-konduktometer-alat-pengukur-daya-hantar-dan-listrik-pada-larutan-dalam-kegiatan-penelitian-dan-praktikum laboratorium/](http://rohmatchemistry.staff.ipb.ac.id/2018/04/29/alat-konduktometer-alat-pengukur-daya-hantar-dan-listrik-pada-larutan-dalam-kegiatan-penelitian-dan-praktikum-laboratorium/). Diakses Pada Tanggal 13 Oktober 2020.
- Ito, E., Miura, Satoru, A., Michio, A and Koji, S. 2020. Global ^{137}Cs Fallout Inventories of Forest Soil Across Japan and Their Consequences Half a Century Later. *Journal of Environmental Radioactivity*, 22(5): 10-64.
- Jumini, S. 2018. *Fisika Inti*. Jawa Tengah: Mangku Bumi Media.
- Jumpeno, B. Y. E. B. 2005. Upaya Pencegahan Terjadinya ‘Illicit Trafficking’ pada Sumber Radioaktif. *Buletin Alara*, 6(3): 157–62.
- Kembleton, R. 2020. Nuclear Fusion. *Future Energy: Improved, Sustainable and Clean Options for Our Planet*, United States: Elsevier, 543–560.
- Kemkes.Go.Id. Peluruhan Radiasi Gamma. Wwww.Kemkes.Go.Id. [https:// Kemkes.Go.Id/Portal/Konten/~Rilis-Berita/031717-Radiasi-Dan- Kesehatan](https://Kemkes.Go.Id/Portal/Konten/~Rilis-Berita/031717-Radiasi-Dan-Kesehatan). Diakses Pada Tanggal 26 Juli 2020.
- Kesuma, D. D dan Widyastuti, M. 2018. Pengaruh Limbah Industri Tahu Terhadap Kualitas Air Sungai di Kabupaten Klaten. *Sereal Untuk*, 51(1): 51.
- Kurniawan, N., Anto, S., dan Puspitasari, R. 2020. Perhitungan Nilai Efisiensi Pencacahan Hampiran untuk Detektor HPGe pada Spektrometer Gamma

- Menggunakan Metode Kuadrat Terkecil Calculation. *Jurnal Batan*, 1(1): 1–13.
- Kurniawan, S., Muslim., dan Suseno, H. 2014. Studi Kandungan Radionuklida Cesium-137 (^{137}Cs) dalam Sedimen di Perairan Semenanjung Muria Kabupaten Jepara. *Journal Of Oceanography*, 3(1): 67–73.
- L’annunziata, M. F. 2020. Handbook of Radioactivity Analysis the Atomic Nucleus. *Nuclear Radiation, and The Interaction of Radiation with Matter*. United States: Academic Press.
- Lely, N. D., Yulianti, N., dan Hindarto. 2012. Pengukuran Radioaktivitas Lingkungan di Sekitar Instalasi Radiodiagnostik Rumah Sakit di Semarang. *Unnes Physics Journal*, 1(1): 1–7.
- Liana, H dan Wahyu, S. B. 2017. Penentuan Karakteristik Cacahan pada Counter. *Youngster Physics Journal*, 6(2): 151–56.
- Liu, Yanqing Et Al. 2020. Electrical Power and Energy Systems Study on Conductive Ions Distribution in Icicles of Ice-Covered Insulators. *Electrical Power and Energy Systems*, 11(6): 105-167.
- Luhur., Kadarusmanto., dan Subiharto. 2013. Uji Banding Sistem Spektrofotometer Gamma dengan Metoda Analisis Sumber Eu-152. *Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir*, 10(1): 22–30.
- Machleidt, R. 1989. The Meson Theory of Nuclear Forces and Nuclear Structure. in *Physical Review*, New York: Plenum Press, 161–163.
- Maemunah, I. R., Yuningsih, N., dan Irwanto, D. 2019. Studi Komparasi Reaksi Fisi dan Fusi pada Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir Masa Depan. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, Bandung, 473–81.
- Malaka, M. 2016. Dampak Radiasi Radioaktif terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan*, 11 (2): 199–211.
- Mardiana, I., Trapsilo, P., dan Yushardi. 2019. Kajian Kestabilan Inti Unsur-Unsur

- pada Proses Peluruhan Zat Radioaktif dengan Pendekatan Energi Ikatan Model Tetapan Cairan. *Jurnal atom indonesia*, 8(2): 101–6.
- Marwoto, J., Muslim., Zanet, D. A., Purwanto., dan Murdahayu, M. 2019. Sebaran Aktivitas Radionuklida Alam dalam Sedimen di Perairan Sluke Rembang, Jawa Tengah. *Jurnal Kelautan Tropis*, 22(2): 141–46.
- Mooduto, M S. 2016. Perkuatan Tower Pln Akibat Gerusan Air. *Laporan Akhir*. Politeknik Negeri Manado.
- Mulyati, R. M., Agus, Y., dan Astuti, B. 2018. Miskonsepsi Mahasiswa Pendidikan Fisika pada Materi Efek Fotolistrik. *Phenomenon : Jurnal Pendidikan MIPA* 8(1): 36.
- Muoio, R., Cecilia, C., Leonardo, R., Daniela, S., and Claudio, L. 2019. International Journal of Hygiene And Water Safety Plans and Risk Assessment: Novel Procedure Applied to Treated Water Turbidity and Gastrointestinal Diseases. *International Journal of Hygiene And Environmental Health*, 1(1): 1–8.
- Murray, R. L., dan Holbert, K. E. 2020. Atoms and Nuclei. *Nuclear Energy*. German: Elsevier Inc, 15–32.
- Noor, S. Y. 2018. Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Sedimen di Daerah Sekitar Perairan Pelabuhan Kapal Barang Talumolo Kota Gorontalo, *Gorontalo Fisheries Journal*, 1(1): 26–32.
- Noviarty, Aslina, B. G., Dian, A., dan Rosika, K. 2013. Analisis Aktivitas Radionuklida Cs-137 dalam Cs-Zeolit Menggunakan Spektrometer Gamma. *Prosiding Seminar Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir*, Yogyakarta: Pusat Teknologi Bahan Nuklir - Batan.
- Nugroho, S dan Basit, A. 2014. Sediment Distribution Based on Grain Size Analyses in Weda Bay, Northern Maluku. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 6(1): 229–40.

- Nugroho, T. H. 2015. Analisa Karakteristik Pasang Surut Alur Pelayaran Sungai Musi Menggunakan Metode Least Square. *SKRIPSI*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nurmanjaya, A., Sugili, P., dan Kartini, M. 2018. Degradasi Zat Warna Lithol dalam Medium Air dengan Radiasi Gamma. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 3(1): 14–24.
- Obodovski, I. 2015. Basics of Nuclear Physics. *Fundamentals Of Radiation and Chemical Safety*, United States: Elsevier Inc, 1–34.
- Peraturan Daerah Kota Palembang Nomor 02 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Sungai dan Baku Mutu Limbah Cair.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2016 Tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri.
- Peraturan Pemerintah No 20 Tahun 1990 Tentang Pengendalian Pencemaran Air. *Lembaran Negara Republik Indonesia*. Jakarta.
- Permatasari, I. R., Beta, S. B., dan Gusti, D. 2019. Analisis Nitrat dan Fosfat pada Sedimen di Muara Sungai Banyuasin, Kabupaten Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains*, 21(3): 163–67.
- Prihatiningsih, W. R. 2011. Radioekologi Kelautan di Semenanjung Muria : Studi Distribusi dan Prilaku Radionuklida di Perairan Pesisir. *TESIS*. Universitas Indonesia.
- Putri, M. K., Septinar, H., dan Daulay, W. 2019. Analisis Pengaruh Pengelolaan Lingkungan Terhadap Kondisi Masyarakat Hilir Sungai Musi. *Jurnal Geografi Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, 16(2): 80–89.
- Rachma, A. J., Putri, D. A., Ulfah, M., and Saraswati, D. L. 2019. Determining the Half Time and Analogy Constants of Radioactive Decay on the Illustration Board of Radioactive Decay With the Capacitor Filling and Discharging

- Method Menentukan Waktu Paruh. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(3): 306–16.
- Rahardjo, T., Muhammad, S., Hermawan, C., dan Devita, T. 2008. Efektivitas Prussian Blue dalam Mengeliminasi Cs-137 dari Tubuh Kera Ekor Panjang Pasca Kontaminasi Cs-137 Secara Oral. *Prosiding Seminar Nasional Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan Iv dan International Seminar on Occupational Health and Safety*, Depok, 27 Agustus 2008, 10–23.
- Rahmat, E dan Koderi. 2018. di Laut Cina Selatan dengan Menggunakan Ponar Grab. 16(1): 27–31.
- Ridwan, P. J., Supriadi, B., dan Dina, H. R. 2015. Simulasi Numerik Massa Peluruhan Inti Zat Radioaktif. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 4(2): 176–80.
- Ritchie, J. C., Nearing, M. A., and Rhoton, F. E. 2009. Sediment Budgets and Source Determinations Using Fallout Cesium-137 in a Semiarid Rangeland Watershed, Arizona, Usa. *Journal Of Environmental Radioactivity*, 100(8): 637–43.
- Sabarni. 2014. Atom dan Molekul Berdasarkan Ilmu Kimia dan Perspektif Al-Quran. *Lantanida Journal*, 2(2): 123–36.
- Sabdul, B. 2020. Pengertian Sedimentologi. <https://Abdulbarikgeologist04.blogspot.com/2017/01/Pengertian-Sedimentologi.html>. Diakses Pada Tanggal 10 August 2020.
- Safitrianaz, D., Latifah, N., Saragih, P. Y., dan Luhur, D. 2019. Analogi Waktu Paruh dan Konstanta Peluruhan Pendahuluan Pembelajaran Abad yang diterapkan Pembelajaran Peserta Didik Menuntut kepada Mengatakan Hakekatnya Bahwa Fisika pada Melibatkan Dimensi Produk Berupa Kumpulan Teori yang Telah Teruji Kebenarannya. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2): 180–89.
- Sandle, T. 2013. Woodhead Publishing Limited. *Gamma Radiation*. Usa: Woodhead Publishing Limited.

- Semanticscholar. 2020. Ekman Grab Drawing - Lake Ecosystems - Climate Policy Watcher. Www.Semanticscholar.org. <https://Www.Climate-Policy-Watcher.Org/Lake-Ecosystems/Io2.Html>. Diakses Pada Tanggal 20 August 2020.
- Setyahandani, N. E., Sri, Y. W., dan Murdahayu, M. 2016. Studi Plutonium 239/240 (239/240pu) dalam Sedimen di Perairan Sluke, Rembang. *Journal of Oceanography*, 5(1): 40–44.
- Soenarjo, S. 2013. Pusat Pengembangan Informatika Nuklir- Batan. *Radioisotop dan Radiofarmaka dari Teori Atom sampai Teknik Produksi dan Pemeriksaan Kualitas*. Serpong.
- Srinivasan, M., George, M., and Edmund, S. 2011. Low-Energy Nuclear Reactions: Transmutations. *Nuclear Energy Encyclopedia: Science, Technology, and Applications*, United States: John Wiley & Sons, 281–87.
- Sudarto. 1993. Pembuatan Alat Pengukur Arus Secara Sederhana. *Jurnal Oseana*, 8(1): 35–44.
- Supriyanto, A. 2005. Pengukuran Radioaktivitas dan Radiasi-Gamma Lingkungan di Provinsi Lampung. *Jurnal Lingkungan*, 11(3): 194–200.
- Supriyono, P., Candrawila S, W. ., Rahim, A. H., dan Murni, T. W. 2018. Keamanan Peralatan Radiasi Pengion dikaitkan dengan Perlindungan Hukum Bagi Tenaga Kesehatan di Bidang Radiologi Diagnostik. *Soepra*, 3(1): 102–16.
- Surbakti, H. 2012. Karakteristik Pasang Surut dan Pola Arus Di Muara Sungai Musi, Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains (Jps)*, 15(1): 35–39.
- Sutisna. 2020. Nuclear Health Center Batan. 29 January 2015: 11–15. <https://Www.Batan.Go.Id/Nhc/Nanny1.Php>. Diakses Pada Tanggal 13 November 2020.
- Suzie D., Cerdas T., Sri S., dan Heru U. 1996. Faktor Perpindahan Co-60 dan Cs-137 dari Tanah Pertanian ke Hasil Pertanian Padi dan Kacang-Kacangan.

Pusat Teknologi Pengolahan Limbah Radioaktif - Bat An: 20–21.

Svaeren, I. 2010. Caesium-137 in Sediments From Two Norwegian Fjords - Including Dating Sediment Cores. University of Bergen Norway.

Syahr, A. H., Muslim., dan Makmur, M. 2015. Analisa Kandungan Radionuklida ^{40}K Pada Sedimen di Perairan Pulau Tikus, Bengkulu. 4(2): 579–84.

Syahria, Setiawati, E., dan Firdausi, K. S. 2012. Pembuatan Kurva Isodosis Paparan Radiasi di Ruang Pemeriksaan Instalasi Radiologi RSUD Kabupaten Kolaka - Sulawesi Tenggara. *Berkala Fisika*, 15(4): 123–32.

Syarip. 2019. Eksperimen Pembuatan Sistem Penganalisis Unsur dengan Metode Gamma Serentak Menggunakan Sumber Neutron Pu-Be. *Ganendra*, 5(1): 89–99.

Szabó, K. Z., Udvardi, B., Horváth, Á., Bakacsi, Z., Pásztor, L., Szabó, J., Laczkó, L., and Szabó, C. 2012. Cesium-137 Concentration of Soils in Pest County, Hungary. *Journal Of Environmental Radioactivity*, 110(1): 38–45.

Telfeyan, K., Paul, W. R., Hakim, B., and Ware, S. D. 2020. Journal of Colloid and Interface Science Aging Effects on Cesium-137 (^{137}Cs) Sorption and Transport in Association with Clay Colloids. *Journal of Colloid and Interface Science*, 566: 316–26.

Tusiro Z., Koenawan C.J., dan Willian. N. 2012. Analisa Kandungan Radionuklida ^{137}Cs Pada Sedimen di Perairan Batam. *Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan*, 1(1): 1–7.

Viswanathan, B. 2017. Chapter 5 – Nuclear Fission. *Energy Sources*, United States, 113–26.

Wahyudi., Iskandar, D., dan Marjanto, D. 2007. Pengaruh Matriks Terhadap Pencacahan Sampel Menggunakan Spektrometer Gamma. *Jfn*, 1(2): 65–78.

Wijono dan Rosdiani. 2008. Kalibrasi Energi dan Efisiensi Detektor HPGe Model Gc1018 pada Rentang Energi 121 Sampai 1408 keV. Prosiding *Pertemuan*

Dan Presentasi Ilmiah Fungsional Teknis Non Peneliti, Jakarta: 19 Desember 2008. 237–48.

Windusari, Y., dan Netta, P. S. 2015. Kualitas Perairan Sungai Musi di Kota Palembang Sumatera Selatan Water. *Bioeskperimen*, 1(1): 1–5.

Xie, B. S., Li, Z. L., dan Tang, S. 2017. Electron-Positron Pair Production in Ultrastrong Laser Fields. *Matter and Radiation at Extremes*, 2(5): 225–42.

Zhang *et al.*, 2019. Early Growth Response 1 Reduction in Peripheral Blood Involving Condylar Subchondral Bone Loss. *National Natural Science Foundation of China Oral Diseases*, 25: 1759–1768. Diakses Pada Tanggal 22 Agustus 2020.

Zhidkin, Andrey P Et Al. 2020. Detailed Study Of Post-Chernobyl Cs-137 Redistribution in the Soils of a Small Agricultural Catchment (Tula Region , Russia). *Journal Of Environmental Radioactivity*, 223–224(10): 63-86.