

**ANALISIS RADIONUKLIDA Cs-137 PADA SAMPEL AIR DI DAERAH  
ALIRAN SUNGAI (DAS) MUSI KOTA PALEMBANG DENGAN  
SPEKTROMETER GAMMA**

**SKRIPSI**

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



**MUHAMAD DENI ANDRIANO**

**08031381722094**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2021**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS RADIONUKLIDA Cs-137 PADA SAMPEL AIR DI DAERAH  
ALIRAN SUNGAI (DAS) MUSI KOTA PALEMBANG DENGAN  
SPEKTROMETER GAMMA**

**SKRIPSI**

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

Oleh :

**MUHAMAD DENI ANDRIANO**

**08031381722094**

Indralaya, 21 Maret 2021

**Pembimbing I**



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

**NIP. 196404301990031003**

**Pembimbing II**



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

**NIP.198507142009121006**

Mengetahui,  
**Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Hermansyah, Ph.D**

**NIP.197111191997021001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Analisis Radionuklida Cs-137 Pada Sampel Air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Musi Kota Palembang Dengan Spektrometer Gamma” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 21 Maret 2021 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 21 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. Dedi Rohendi, M.T**

NIP. 196704191993031001

(  )

4. **Prof. Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si**

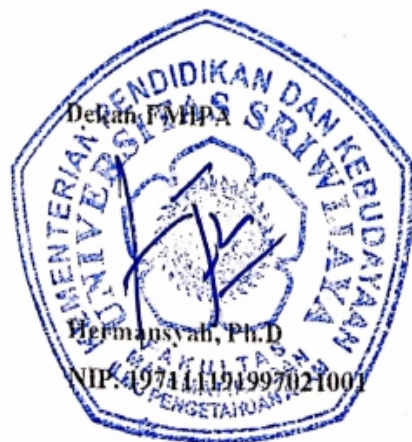
NIP. 196808271994022001

(  )

5. **Dr. Eliza, M.Si**

NIP. 196407291991022001

(  )



## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa :Muhamad Deni Andriano

NIM : 08031381722094

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, 21 Maret 2021

Penulis  
  
Muhamad Deni Andriano  
NIM. 08031381722094

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

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

Nama Mahasiswa : Muhamad Deni Andriano

NIM : 08031381722094

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 Radionuklida Cs-137 Pada Sampel Air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Musi Kota Palembang Dengan 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, 21 Maret 2021

Yang menyatakan,



Muhamad Deni Andriano

NIM. 08031381722094

## 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 kepada Allah supaya kamu menang [Q.S. Al-Imran :139]**

**“Dan kehidupan dunia tidak lain hanyalah kesenangan yang menipu [Q.S. Al-Hadid:20]**

**Skripsi ini sebagai tanda syukur ku kepada:**

- Allah <sup>سُبْحَانَهُ</sup> <sup>وَتَعَالَى</sup>
- Nabi Muhammad صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ

**Dan kupersembahkan kepada :**

- 1. Ibu dan Ayahku yang senantiasa mendoakan, menyayangi setulus hati**
- 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 Radionuklida Cs-137 Pada Sampel Air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Musi Kota Palembang Dengan 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. Ady Mara, 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 kami 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 (Ahmad Rafani dan Desi Nuraida) 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 (M. Ridho Syahputra, M. Prayoga dan Adelia Ramadani) sukses selalu dan jadilah kebanggaan 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 menyusul mendapatkan gelar sarjana.
14. Terima kasih kepada kance kosan Rumahku Surgaku Group yang banyak membantu.
15. Rekan penelitian Tata Abdian Jaya sudah saya tulis namamu.
16. M. Ramdan Abdul Manan dan Putra Setia Aji Candra yang sudah membantu *sampling* di Sungai Musi.
17. Seluruh keluarga kimia 17 tetap semangat dan semoga cepat menyusul sarjana bagi yang belum dan tetap semangat.
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.

Indralaya, 21 Maret 2021



Penulis



## SUMMARY

### **ANALYSIS OF RADIONUCLIDE CS-137 ON WATER SAMPLE IN MUSI PALEMBANG CITY WATERSHED (DAS) USING GAMMA SPECTROMETER**

Muhamad Deni Andriano: Supervised by Dr. Ady Mara, M.Si and Ghulam Fathul  
Amri, S.ST., M.E., M.T

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,

Sriwijaya University

xii+ 100 pages, 22 pictures, 4 tabels, 11 attachments

Radionuclide Cs-137 has been analyzed on water sample in 7 stations Musi watershed of Palembang City by using gamma spectrometer tools. The influence of the watershed characteristics such as pH of water, conductivity and turbidity of each station and determining distribution pattern maps with the supporting of software SMS (Surfacewater Modeling System) and ArcGIS 10.5. The results showed the concentration value of Cs-137 in water ranged from 0,04 to 1.28 Bq/kg, according the result below the quality standard set by the BAPETEN maximum of  $7 \times 10^2$  Bq/kg. The spread of radionuclide Cs-137 is indicated by global fallout and the direction of tidal currents, current speed and river morphology. The watershed characteristics result showed no significant influence with the concentration level of radionuclide Cs-137.

Keywords : Radionuclide Cs-137, Gamma Spectrometer, Water sample.

Citation : 140 (1957-2020)

## RINGKASAN

### **ANALISIS RADIONUKLIDA Cs-137 PADA SAMPEL AIR DI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) MUSI KOTA PALEMBANG DENGAN SPEKTROMETER GAMMA**

Muhammad Deni Andriano: Dibimbing Oleh Dr. Ady Mara, M.Si dan Ghulam

Fathul Amri, M.T

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

xi + 100 halaman, 22 gambar, 4 tabel, 11 lampiran

Telah dilakukan penelitian analisis radionuklida Cs-137 pada sampel air di 7 stasiun DAS Musi Kota Palembang menggunakan spektrometer gamma. Pengaruh karakteristik perairan diantaranya pH air, konduktivitas dan turbiditas masing-masing stasiun terhadap konsentrasi Cs-137 dan menentukan pola penyebaran Cs-137 dengan bantuan *software* SMS (*Surface Water modeling Sistem*) dan ArcGIS 10.5. Hasil penelitian menunjukkan nilai konsentrasi Cs-137 pada air antara 0,04 hingga 1,28 Bq/kg. Berdasarkan data ini kadarnya masih di bawah baku mutu yang ditetapkan oleh BAPETEN. Keberadaan Cs-137 di DAS Musi diperkirakan berasal dari *global fallout* dan pola sebarannya dipengaruhi oleh arah arus, pasang surut, kecepatan arus dan morfologi sungai. Data karakteristik perairan menunjukkan tidak adanya pengaruh yang signifikan terhadap tingkat konsentrasi radionuklida Cs-137.

Kata Kunci : Radionuklida Cs-137, Spektrometer Gamma, Sampel Air.

Kepustakaan : 140 (1957-2020)

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS</b> .....	v
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>SUMMARY</b> .....	ix
<b>RINGKASAN</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Atom dan Inti Atom.....	4
2.1.1 Peluruhan Radioaktif.....	5
2.1.2 Radioaktivitas.....	6
2.1.3 Sumber Radiasi.....	7
2.2 Radionuklida.....	7
2.2.1 Radionuklida Alami.....	8
2.2.2 Radionuklida Buatan.....	8
2.3 Radionuklida Cs-137.....	9
2.4 Instrumen.....	10

2.4.1 Spektrometer Gamma.....	10
2.4.2 Spektrofotometer Shimadzu UV-1800.....	12
2.4.3 Konduktometer.....	12
2.4.4 pH Meter.....	13
2.5 Dampak Radioaktif Terhadap Lingkungan.....	13
2.6 Sungai Musi.....	14
2.7 Kualitas Perairan Sungai Musi.....	15
2.4.1 Konduktivitas.....	15
2.4.2 Derajat Keasaman (pH).....	15
2.4.3 Turbiditas.....	15
2.8 Peraturan Terkait Radionuklida Terhadap Badan Air.....	16

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Waktu dan Tempat.....	18
3.2 Alat dan Bahan.....	18
3.2.1 Alat.....	18
3.2.2 Bahan.....	18
3.3 Prosedur Penelitian.....	18
3.3.1 Penentuan Lokasi Sampling.....	18
3.3.2 Pengambilan Sampel Air.....	19
3.3.3 Uji Karakteristik Air Sungai Musi.....	20
3.3.3.1 Pengukuran pH.....	20
3.3.3.2 Penetapan kadar Chloride dalam sampel air sungai.	20
3.3.3.3 Pengukuran konduktivitas sampel air.....	21
3.3.3.4 Pengukuran turbiditas sampel air.....	21
3.3.4 Preparasi Sampel Air.....	21
3.3.5 Kalibrasi Spektrometer Gamma.....	22
3.3.6 Pengukuran Cacah Latar.....	22
3.3.7 Pengukuran Sampel.....	22
3.4 Analisis Data.....	22
3.4.1 Analisa Kualitatif.....	22
3.4.2 Analisa Kuantitatif.....	23
3.5 Penentuan Konsentrasi Radionuklida Cs-137.....	22

3.5.1 Penentuan Kalibrasi Energi dan Efisiensi.....	23
3.5.2 Penentuan Konsentrasi Radionuklida Cs-137.....	23
3.5.3 Ketidakpastian Pengukuran.....	24
3.5.4 Konsentrasi Minimum Terdeteksi.....	24
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Karakteristik Kualitas Perairan Sungai Musi Kota Palembang.....	25
4.1.1 Nilai pH.....	25
4.1.2 Nilai Turbiditas.....	26
4.1.3 Nilai Konduktivitas Listrik.....	27
4.2 Penentuan Konsentrasi Radionuklida Cs-137 Pada Sampel Air dengan Menggunakan Spektrometer Gamma.....	28
4.2.1 Kalibrasi Detektor.....	28
4.2.2 Data Spektrum dan Konsentrasi Radionuklida Cs-137 .....	29
4.2.3 Pengaruh Konsentrasi Radionuklida Cs-137 Terhadap Lokasi Pengambilan Sampel Berdasarkan Karakteristik Air Sungai Musi.....	30
4.2.4 Analisa Radionuklida Lain Menggunakan Spektrometer Gamma (Co-60, Ir-192, dan I-131).....	32
4.3 Pola Sebaran Cs-137 di perairan Sungai Musi yang melewati Kota Palembang.....	33
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran.....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>40</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sifat Fisik Air Sungai Musi.....	28
Tabel 2. Data kalibrasi energi sumber standar Mix Gamma EW 679 .....	33
Tabel 3. Data kalibrasi energi efisiensi detektor dengan sumber standar Mix EW 679.....	34
Tabel 4. Nilai efisiensi detektor.....	34

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Model atom Bohr.....	4
Gambar 2. Pancaran gelombang elektromagnetik.....	6
Gambar 3. Spektrum Cs-137 pada spektrometer gamma.....	9
Gambar 4. Skema sistem spektrometer gamma.....	10
Gambar 5. Turbidimeter .....	12
Gambar 6. Ysi 3100 <i>Conductivity Instrument</i> .....	13
Gambar 7. PH Meter.....	13
Gambar 8. Peta aliran sungai musi.....	15
Gambar 9. Peta lokasi pengambilan sampel.....	20
Gambar 10. Alat <i>Sampler Water</i> .....	20
Gambar 11. Peta demografi Kota Palembang.....	29
Gambar 12. Kurva kalibrasi energi sumber standar Mix EW 679.....	32
Gambar 13. Kurva kalibrasi efisiensi sumber standar Mix Cs-317+Co-60 dengan no. Kode EW 679.....	34
Gambar 14. Grafik konsentrasi Cs-137 pada tiap stasiun.....	35
Gambar 15. Grafik hubungan nilai turbiditas dan konsentrasi Cs-137.....	36
Gambar 16. Grafik hubungan nilai pH dan konsentrasi Cs-137.....	37
Gambar 17. Grafik hubungan nilai turbiditas dan konsentrasi Cs-137.....	38
Gambar 18. Grafik konsentrasi Co-60 pada tiap stasiun.....	40
Gambar 19. Grafik konsentrasi Ir-192 pada tiap stasiun.....	40
Gambar 20. Grafik konsentrasi I-131 pada tiap stasiun.....	41
Gambar 21. Peta pola persebaran radionuklida Cs-137 pada perairan sungai Musi.....	42
Gambar 22. Peta pergerakan arus Sungai Musi Kota Palembang.....	43

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Cacahan Detektor Sampel Air Sungai Musi.....	63
Lampiran 2. Data Spektrum Radionuklida Pada Tiap Stasiun.....	70
Lampiran 3. Perhitungan Data Kalibrasi Energi.....	74
Lampiran 4. Perhitungan Kalibrasi Efisiensi.....	77
Lampiran 5. Contoh Perhitungan Konsentrasi Cs-137, Co-60, Ir-192, dan I-131 .....	80
Lampiran 6. Data Hasil Analisis Radionuklida Pada Tiap Stasiun.....	88
Lampiran 7. Sertifikat Sumber Standar yang Digunakan.....	90
Lampiran 8. Tabel Isotop Energi Radionuklida.....	91
Lampiran 9. Prosedur Pengoperasian Spektrometer Gamma.....	93
Lampiran 10. Dokumentasi Penelitian.....	95



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kegiatan industri saat ini merupakan sektor yang tidak dapat dipisahkan dari pembangunan ekonomi suatu negara (Suresh et al., 2011) karena memiliki berbagai dampak positif, yaitu membuka lapangan kerja, meningkatkan sarana transportasi dan komunikasi, serta meningkatkan taraf sosial ekonomi negara. masyarakat (Ergul *et al*, 2013). Akan tetapi, kegiatan industri yang menghasilkan polutan antropogenik seperti limbah batu bara bahan bakar PLTU, kegiatan berbagai industri seperti pabrik plastik, pabrik pupuk, industri perakitan kapal, dan industri rumah sakit memiliki dampak negatif dalam lingkungan (Moretro *et al*, 2019).

Salah satu dampak negatif pada lingkungan adalah munculnya efek radiasi. Sumber radiasi di lingkungan berasal dari percobaan nuklir, daur bahan bakar nuklir, kegiatan antropogenik, kegiatan radioterapi dan sumber-sumber lain (Aryawijayanti dkk, 2015). Aktivitas radioaktivitas jatuhnya (*fallout*) akibat percobaan nuklir dan industri adalah faktor utama dalam aktivitas radiasi buatan yang menghasilkan radionuklida (Supriyanto, 2005).

Radionuklida atau yang biasa disebut dengan radioisotop adalah suatu isotop dari zat radioaktif. Radionuklida yang terbentuk pada saat ledakan nuklir berjumlah sekitar 100 spesimen dengan sebagian kecil adalah nuklida dengan umur paro panjang (Sanada *et al*, 2018), dimana nuklida yang dihasilkan diantaranya C-14, Cs-137, Zr-95, Sr-90, Ru-106, Ce-144, H-3 (Suseno, 2014).

Cs-137 menjadi salah satu jenis radionuklida yang banyak digunakan terutama dalam kegiatan eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas bumi (Lilis, 2010). Namun, Cs-137 memiliki dampak negatif jika masuk dalam suatu kehidupan organisme melebihi  $7 \times 10^2$  bq/liter. Salah satu jenis kontaminasi yang memiliki dampak radiologi yang cukup signifikan bagi masyarakat maupun lingkungan adalah kontaminasi permukaan dan kontaminasi udara yang disebabkan karena adanya penyebaran Cs-137 (Muhammad dan Djarwanti, 2016).

Sejumlah besar penyebab eksternal dapat menyebabkan luka bakar, penyakit radiasi akut, dan bahkan kematian sedangkan paparan Cs-137 bisa meningkatkan risiko kanker karena radiasi gamma yang dihasilkan (Muqmiroh *et al*, 2018). Radionuklida Cs-137 memiliki sifat yang mudah larut dalam air dan Cs-137 sehingga penyebarannya dalam air sangat dipengaruhi oleh proses fisika berupa pencampuran dan difusi (Livingston and Povinec, 2000). Cs-137 banyak ditemukan dalam bentuk senyawa sesium klorida yang mudah larut dalam air, hal ini mengindikasikan kemungkinan ditemukannya Cs-137 di daerah aliran sungai (DAS) cukup besar (Putri dkk, 2019).

Sungai Musi memiliki panjang sekitar 720 kilometer dan melintasi kota Palembang (Putri dkk, 2019). Berbagai aktivitas Industri yang berada di bantaran sungai seperti industri batu bara menggunakan Cs-137 sebagai sumber untuk mengetahui secara lebih detail litologi tanah, yang limbahnya masuk langsung ke DAS menjadi penyebab meningkatnya potensi terpapar radionuklida di DAS (Windusari dan Netta, 2015). Hal ini sangat membahayakan masyarakat kota Palembang untuk memenuhi kebutuhan hidup yang memanfaatkan air sungai Musi (Udiyani dkk, 2015). Keberadaan Cs-137 di lingkungan dapat dipengaruhi oleh karakteristik lingkungan, karakteristik lingkungan DAS Musi dapat dilihat dari kualitas perairannya dan juga karakteristik perairan tersebut (Emilia dkk, 2013). Berdasarkan hasil penelitian Windusari dan Netta, (2015) dapat dinyatakan Kualitas air Sungai Musi, terutama kualitas air di titik-titik pengambilan sampel, tidak layak untuk dikonsumsi, hal ini mengindikasikan tercemar oleh pencemar dan feses industri (Windusari dan Netta, 2015). Berdasarkan pernyataan yang dikemukakan dan ketergantungan masyarakat terhadap DAS inilah yang menjadi dasar penelitian ini dengan melihat pengaruh karakteristik masing-masing stasiun terhadap konsentrasi radionuklida Cs-137 di DAS Musi.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh karakteristik perairan masing-masing stasiun pada sampel air di DAS Musi yang melewati Kota Palembang terhadap konsentrasi Cs-137 yang diukur menggunakan spektrometer gamma?

2. Bagaimana pola sebaran Cs-137 di DAS Musi Kota Palembang?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Menganalisis pengaruh karakteristik perairan masing-masing stasiun pada sampel air di DAS Musi yang melewati Kota Palembang terhadap konsentrasi Cs-137 yang diukur menggunakan spektrometer gamma .
2. Menentukan pola sebaran Cs-137 di DAS Musi Kota Palembang dengan bantuan *software* SMS (*Surface Water modeling Sistem*) dan ArcGIS 10.5.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengaruh karakteristik masing-masing stasiun terhadap konsentrasi Cs-137 serta pola penyebaran Cs-137 di DAS Musi yang melewati Kota Palembang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abrahams, M. V., and Kattenfeld, M. G. 1997. The Role of Turbidity As a Constraint On Predator-Prey Interactions In Aquatic Environments. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 40(3): 169-174.
- Ahmed, A. H., Jafir, A. O., and Abdullah, H. M. 2020. Assessment of Natural Radionuclides in Local and Imported. *Jordan Journal of Physics*. 13(1): 73–77.
- Albertini, G., Cardone, F., Cherubini, G., Guerriero, E., and Rosada, A. 2020. Reduction of The Radiation In Radioactive Substances. *International Journal of Modern Physics B*. 34(4): 1–9.
- Aliyanta, B., Suhartini, N., dan Pratikno, B. 2016. Studi Awal Penentuan Sumber Sedimen DAS Cisadane Hulu dengan Radionuklida Alam. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi*. 11(1): 39-43.
- Allmendinger, T. 2016. A Classical Approach to the De Broglie - Wave Based on Bohr ' s H - Atom - Model. *International Journal of Applied Mathematics and Theoretical Physics*. 2(1): 1–15.
- Akpan, A. E., Ebong, E. D., Ekwok, S. E., and Eyo, J. O. 2020. Assessment of Radionuclide Distribution and Associated Radiological Hazards For Soils and Beach Sediments of Akwa Ibom Coastline, Southern Nigeria. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(15), 1-12.
- Amelia, T., Baehaki, A., dan Herpandi, H. 2016. Aktivitas Reduksi Merkuri Pada Bakteri yang Diisolasi Dari Air dan Sedimen di Sungai Musi. *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*. 5(1): 94-106.
- Amirabadi, E. A., Salimi, M., Ghal-Eh, N., Etaati, G. R., and Asadi, H. 2013. Study of Neutron and Gamma Radiation Protective Shield. *Int J Innovation Appl Stud*. 3(4): 1079-1085.

- Anhwange, B. A., Agbaji, E. B., and Gimba, E. C. 2012. Impact Assessment of Human Activities And Seasonal Variation On River Benue, Within Makurdi Metropolis. *International journal of Science and Technology*, 2(5): 248-254.
- Armpilia, C. I., Dale, R. G., Coles, I. P., Jones, B., and Antipas, V. 2003. The Determination of Radiobiologically Optimized Half-Lives For Radionuclides Used In Permanent Brachytherapy Implants. *International Journal of Radiation Oncology*. 55(2): 378-385.
- Aryawijayanti, R., Susilo, S., dan Sutikno, S. 2015. Analisis Dampak Radiasi Sinar-X Pada Mencit Melalui Pemetaan Dosis Radiasi di Laboratorium Fisika Medik. *Jurnal MIPA*. 38(1): 25–30.
- Asrafuzzaman, M., Fakhruddin, A. N. M., and Hossain, M. 2011. Reduction of Turbidity of Water Using Locally Available Natural Coagulants. *ISRN microbiology*. 1(1): 564.
- Atafar, Z., Mesdaghinia, 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.
- Aydin, F., Yilmaz, E., Ölmez, E., & Soylak, M. 2020. Cu<sub>2</sub>O-CuO Ball Like/Multiwalled Carbon Nanotube Hybrid For Fast And Effective Ultrasound-Assisted Solid Phase Extraction of Uranium At Ultra-Trace Level Prior To Icp-MS Detection. *Talanta*: 20(7): 120295.
- Aziz, M., Hidayanto, E., dan Dyah, d. l. 2015. Penentuan Aktivitas <sup>60</sup>Co dan <sup>137</sup>Cs Pada Sampel Unknown Dengan Menggunakan Detektor HPGe. *Youngster Physics Journal*. 4(2), 189–196.
- Bashori, A., Nurhasanah, I., dan Arifin, Z. 2016. Sensitivitas Larutan Nanopartikel CeO<sub>2</sub> Terhadap Radiasi Sinar Gamma Teleterapi Cobalt-60. *Youngster Physics Journal* 5(4): 141–48.

- BAPETEN. 2013. *Peraturan Kepala Bapeten No.7 Tahun 2013 Tentang keselamatan Radiasi Pengion Dankeamanan Sumber Radioaktif*. Jakarta.
- BATAN. 2017. Standar Operasional Prosedur Analisis Radionuklida  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  dan  $^{60}\text{Co}$  Pada Sampel Air dan Air Laut. : 1–12.
- BATAN. 2013. Pedoman Tentang Analisis Sampel Radioaktivitas Lingkungan, <http://www.batan.go.id/images/PSMN/PDF/SB-14-BATAN-2013-Analisis-Sampel-Radioaktif-Lingkungan-BAGIAN-II.pdf>, diakses pada 2 Agustus 2019.
- Basly, J. P., Duroux, J. L., and Bernard, M. 1996. Gamma Radiation Induced Effects On Metronidazole. *Journal of Nuclear Activity*. 132 (1): 219–221.
- BATAN. 2011. *Pedoman Keselamatan dan Proteksi Radasikawasan Nuklir*. Serpong.
- Baumann, T., Amthor, A. M., Bazin, D., Brown, B. A., Folden III, C. M., Gade, A., and Portillo, M. 2007. Discovery of  $^{40}\text{Mg}$  and  $^{42}\text{Al}$  Suggests Neutron Drip-Line Slant Towards Heavier Isotopes. *Nature*. 449(7165): 1022–1024.
- Benstead, J, Tostevin, J. A., Escher, J. E., Burke, J. T., Hughes R. O., Ota, S., Casperson, R. J., and 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.
- Boukhenfouf, W., and Boucenna, A. 2011. The Radioactivity Measurements In Soils and Fertilizers Using Gamma Spectrometry Technique. *Journal of Environmental Radioactivity*. 102(4): 336–339.
- Bu, W., Tang, L., Liu, X., Wang, Z., Fukuda, M., Zheng, J., and Wang, X. 2019. Ultra-Trace Determination of The  $^{135}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$  Isotopic Ratio By Thermal Ionization Mass Spectrometry With Application To Fukushima Marine

Sediment Samples. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 34(2), 301–309.

Chang, R. 2005. *Kimia Dasar Jilid I*. Jakarta: Erlangga.

Chen, B., Wang, X. B., Li, Y. L., Yang, Q., and Li, J. S. 2019. Energy-Induced Mercury Emissions In Global Supply Chain Networks: Structural Characteristics And Policy Implications. *Science of the total environment*, 670, 87-97.

Chiba, G., and Honta, K. 2020. Sensitivity and Uncertainty Analyses of Fission Product Nuclide Inventories For Passive Gamma Spectroscopy. *Journal of Nuclear Science and Technology*. 1(1): 1-11.

Cipiccia, S., Islam, M. R., Ersfeld, B., Shanks, R. P., Brunetti, E., Vieux, G., and Anania, M. P. 2011. Gamma-Rays From Harmonically Resonant Betatron Oscillations In a Plasma Wake. *Nature Physics*. 7(11): 867–871.

Cyrus, D. P., and Blaber, S. J. M. 1987. The Influence of Turbidity On Juvenile Marine Fishes In Estuaries. Part 1. Field Studies At Lake St. Lucia On The Southeastern Coast of Africa. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 109(1): 53-70.

Darkrim, F. L., Malbrunot, P., and Tartaglia, G. P. 2002. Review of Hydrogen Storage By Adsorption In Carbon Nanotubes. *International Journal of Hydrogen Energy*. 27(2): 193-202.

De Jong, M., Breeman, W. A., Bernard, B. F., Bakker, W. H., Schaar, M., van Gameren, A., and Krenning, E. P. 2001. [<sup>177</sup>Lu-DOTA<sup>0</sup>,Tyr<sup>3</sup>]Octreotate For Somatostatin Receptor-Targeted Radionuclide Therapy. *International Journal of Cancer*, 92(5): 628–633.

Deng, F., Lin, F., Yu, W., He, J., Wang, F., and Chen, Z. 2020. The Distributions of <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs And <sup>90</sup>Sr In The Northwest Pacific Seawater In The Winter of 2012. *Marine Pollution Bulletin*, 152, 110900.

- Despriani, Y., Milvita, D., dan Pradana, R. 2020. Pemetaan Tingkat Radioaktivitas Lingkungan pada Tanah di Kota Padang. *Jurnal Fisika Unand*. 9(2): 190–195.
- Dilling, J., Baartman, R., Bricault, P., Brodeur, M., Blomeley, L., Buchinger, F., and Gwinner, G. P. 2006. Mass Measurements On Highly Charged Radioactive Ions, a New Approach To High Precision With TITAN. *International Journal of Mass Spectrometry*. 251(2-3):198-203.
- Dion, M. P., Springer, K. W., Sumner, R. I., Thomas, M. L. P., and Eiden, G. C. 2020. Analytical Determination of Radioactive Strontium and Cesium By Thermal Ionization Mass Spectrometry. *International Journal of Mass Spectrometry*, 449: 116273.
- dos Santos, V. H. M., da Silva Dias, F. J., Júnior, A. R. T., Soares, R. A., Terto, L. C., de Castro, A. C. L., and Cutrim, M. V. J. 2020. Hydrodynamics And Suspended Particulate Matter Retention In Macrotidal Estuaries Located In Amazonia-Semiarid Interface (Northeastern-Brazil). *International Journal of Sediment Research*.1(1);1-2.
- Dunca, A. M. 2018. Water Pollution And Water Quality Assessment of Major Transboundary Rivers From Banat (Romania). *Journal of Chemistry*. 1(1): 18-20.
- 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): 168213.
- Ergül, H. A., Belivermiş, M., Kiliç, Ö., Topcuoğlu, S., and Çotuk, Y. 2013. Natural and Artificial Radionuclide Activity Concentrations In Surface Sediments of Izmit Bay, Turkey. *Journal of Environmental Radioactivity*. 126: 125–132.



- Evaggeliou, N., Lykomitrou, C., and Zafiropoulou, A. 2020. Determination of  $^{137}\text{Cs}$  In Sea Water Samples Using Gamma Spectrometry. *HNPS*. 13(1): 247-257.
- Feinendegen, L. E., and Neumann, R. D. 2004. Dosimetry and Risk From Low-Versus High-Let Radiation of Auger Events And The Role of Nuclide Carriers. *International Journal of Radiation Biology*, 80(11–12): 813–822.
- Gebreslassie, H. G., Melesse, A. M., Bishop, K., & Gebremariam, A. G. 2020. Linear Spectral Unmixing Algorithm For Modelling Suspended Sediment Concentration of Flash Floods, Upper Tekeze River, Ethiopia. *International Journal of Sediment Research*, 35(1), 79-90.
- Geremew, H., Chaubey, A. K., and Turi, B. 2019. Measurements of Natural Radioactivity Levels and Associated Health Hazard Indices in Some Portland Types of cement, Ethiopia. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*. 2(6): 2581-7175.
- Ghobadi, P., Farhood, B., Ghorbani, M., & Mohseni, M. 2020. Design And Characterization of Flattening Filter For High Dose Rate  $^{192}\text{Ir}$  And  $^{60}\text{Co}$  Leipzig Applicators Used In Skin Cancer Brachytherapy: A Monte Carlo Study. *Computers in Biology and Medicine*, 123, 103878.
- Goldberg, Z., and Lehnert, B. E. 2002. Radiation-Induced Effects In Unirradiated Cells: a Review and Implications In Cancer. *International Journal of Oncology*. 21(2): 337–349.
- Gunandjar, G. 2019. Pengajian Bahan Synroc Untuk Imobilisasi Limbah Radioaktif Dari Produksi Radioisotop  $^{99}\text{Mo}$ . *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 8(1): 83-92.
- Gurjar, O. P., Kaushik, S., Mishra, S. P., & Punia, R. 2015. A Study On Room Design And Radiation Safety Around Room For  $^{60}\text{Co}$  After Loading Hdr Brachytherapy Unit Converted From Room For  $^{192}\text{Ir}$  After Loading Hdr

Brachytherapy Unit. *International Journal of Health & Allied Sciences*. 4(2):83.

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.

Hong, G. H., Baskaran, M., and Povinec, P. P. 2004. Artificial Radionuclides In The Western North Pacific: a Review. *Global Environmental Change In The Ocean and On Land*.1(1): 147-172.

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. 2007. *Identification of Radioactive Sources And Devices. Nuclear Security Series No. 5*. IAEA, Vienna

Islam, M. N., and Akhter, H. 2019. Study of FPGA Based Multi-Channel Analyzer for Gamma-Ray and X-Ray Spectrometry. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*. 3(3): 61–65.

Ji, L. L., Pukhov, A., Nerush, E. N., Kostyukov, I. Y., Shen, B. F., and Akli, K. U. 2014. Energy Partition,  $\gamma$ -Ray Emission, And Radiation Reaction In The Near-Quantum Electrodynamical Regime of Laser-Plasma Interaction. *Physics of Plasmas*, 21(2):1-5.

Joshi, S., Bajpai, A., and Johri, B. N.2020. Extremophilic fungi at the interface of climate change. In *Fungi Bio-Prospects in Sustainable Agriculture, Environment and Nano-technology*:Academic Press.

Kadarisman, K., Mutalib, A., Gunawan, A. H., Lubis, H., Lestari, E., Mujinah, M., and Hafid, D. 1998. Optimasi Kondisi Spektrometer Alfa Dengan Detektor Ion-Implated Silikon Di Pusat Produksi Radioisotop. *Jurnal Radioisotop dan Radiofarmaka*. 1(1): 1-3.

- Kadhim, N. F., and Ridha, A. A. 2019. Radiation Hazards of The Moassel Consumed In Baghdad/Iraq Using Nai(Tl) Gamma Spectroscopy. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 16(12), 8209–8216.
- Kale, V.S. 2016. Consequence of Temperature, pH, Turbidity and Dissolved Oxygen Water Quality Parameters. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*. 3(8):3834
- Kebwaro, J. M., Rathore, I. V. S., Hashim, N. O., and Mustapha, A. O. 2011. Radiometric Assessment of Natural Radioactivity Levels Around Mrima Hill, Kenya. *International Journal of Physical Sciences*. 6(13): 3105–3110.
- Khavroshkin, O., and Tsyplakov, V. 2011. Radioactivity of Nuclei In a Centrifugal Force Field. *The Natural Science (NS)*. 3(8): 733.
- Koning, A. J., Rochman, D., Sublet, J. C., Dzysiuk, N., Fleming, M., and Van Der Marck, S. 2019. TENDL: Complete Nuclear Data Library For Innovative Nuclear Science And Technology. *Nuclear Data Sheets*, 155, 1-55.
- Kurnaz, A., Gezelge, M., Hançerlioğulları, A., Çetiner, M. A., and Turhan, Ş. 2016. Radionuclides Content In Grape Molasses Soil Samples From Central Black Sea Region of Turkey. *Human and Ecological Risk Assessment*. 22(6): 1375–1385.
- Kurniawan, S., Muslim, M., dan Suseno, H. 2014. Studi Kandungan Radionuklida Cesium-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) Dalam Sedimen di Perairan Semenanjung Muria Kabupaten Jepara. *Journal of Oceanography*. 3(1): 67-73.
- Kurniawati, M., Muslim, M., dan Suseno, H. 2013. Aktivitas Radionuklida Antropogenik  $^{137}\text{Cs}$  di Perairan Semarang Berdasarkan Sirkulasi Arus Global. *Journal of Oceanography*. 2(1): 73-78.

- Kurniawati, S., Diah, D. L dan Indah, K. 2011. Penentuan Aktivitas  $^{131}\text{I}$  Dan  $^{60}\text{Co}$  Di Laboratorium PTNBR. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Nuklir*: Bandung.
- Lagoutine, F., Legrand, J., and Bac, C. 1975. Half-lives of Some Radionuclides. *The International Journal of Applied Radiation And Isotopes*. 26(3): 131–135.
- Lakshmi, K. S., Selvasekarapandian, S., Khanna, D., and Meenakshisundaram, V. 2005. Primordial Radionuclides Concentrations In The Beach Sands of East Coast Region of Tamilnadu, India. *In International Congress Series* 1276(pp): 323-324.
- Lebacqz, A. L., Saizu, M. A., Takahashi, M., Isaksson, M., Bravo, B., Brose, J., and Meisenberg, O. 2019. European Intercomparison On The Measurement of  $^{131}\text{I}$  In Thyroid of Adults and Children. *Radiation Measurements*. 1(129): 106178.
- Lely, N., Yulianti, D., dan Hindartono, N. 2012. Pengukuran Radioaktivitas Lingkungan Di Sekitar Instalasi Radiodiagnostik Rumah Sakit di Semarang. *Unnes Physics Journal*. 6(1): 50–53.
- Liana, H dan Wahyu, S. B. 2017. Penentuan Karakteristik Cacahan Pada Counter. *Youngster Physics Journal* 6(2): 151–56.
- Liang, J. F., and Signorini, C. 2005. Fusion Induced By Radioactive Ion Beams. *International Journal of Modern Physics E*. 14(08): 1121-1150.
- Lidman, F., Ramebäck, H., Bengtsson, Å., and Laudon, H. 2013. Distribution And Transport of Radionuclides In a Boreal Mire - Assessing Past, Present And Future Accumulation of Uranium, Thorium And Radium. *Journal of Environmental Radioactivity*. 121(1): 87–97.
- Liu, Y., Shu, L., Jiang, X., Hu, Q., Yang, H., Yu, Z., and Zhu, M. 2020. Study On Conductive Ions Distribution In Icicles of Ice-Covered

- Insulators. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*. 116: 105567.
- Livingston, H. D., and Povinec, P. P. 2000. Anthropogenic Marine Radioactivity. *Ocean and Coastal Management*, 43(8–9), 689–712.
- Lubis, H., Muthalib., Gunawan, A. H., Sriyono, S., Sucipto, E., dan Hambali, H. 2005. Uji Produksi Mo-99 Hasil Fisi Dengan Bahan Sasaran Foil Leu Buatan P2TBDU-BATAN. *Jurnal Radioisotop dan Radiofarmaka*, 8(1): 1-5.
- Luhur., Kadarusmanto., dan Subiharto. 2013. Uji Banding Sistem Spektrofotometer Gamma Dengan Metoda Analisis Sumber Eu-152. *Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir*. 10(1): 22–30.
- Mahyudin, Sumarno., dan Prayogo. 2015. Analisis Kualitas Air Dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Metro di Kota Kepanjen Kabupaten Malang. *J-PAL*. 6(2);-105-111.
- Manigandan, P. K., Selvasekarapandian, S., and Manikandan, N. M. 2007. Distribution of radionuclide in the forest soils (Western Ghats-India). *Iran. J. Radiat. Res*.5(1): 17-222.
- Maskur, M., dan Rustendi, C. T. 2006. Sistem Komputasi Tabel Peluruhan Radioaktivitas Menggunakan Turbo Pascal Windows. *Jurnal Radioisotop dan Radiofarmaka*. 9(1):1-3.
- Medici, S., Carbonez, P., Damet, J., Bochud, F., and Pitzschke, A. 2020. Use of Portable Gamma Spectrometers For Triage Monitoring Following The Intake of Conventional and Novel Radionuclides. *Radiation Measurements*, 136(1): 106426.
- Men, W., Wang, F., Yu, W., He, J., Lin, F., and Deng, F. 2020. Impact of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant Accident on the neon flying squids in the Northwest Pacific from 2011 to 2018. *Environmental Pollution*. 1:114647.

- Merritt, W. F., Campion, P. J., and Hawkings, R. C. 1957. Half-life Determination of Some Radionuclides. *Canadian Journal of Physics*. 35(1): 16-20.
- Mlakar, P., Božnar, M. Z., and Grašič, B. 2019. Relative Doses Instead of Relative Concentrations For The Determination of The Consequences of The Radiological Atmospheric Releases. *Journal of Environmental Radioactivity*. 196: 1-8.
- Møretro, T., Fanebust, H., Fagerlund, A., and Langsrud, S. 2019. Whole Room Disinfection With Hydrogen Peroxide Mist To Control *Listeria Monocytogenes* In Food Industry Related Environments. *International Journal of Food Microbiology*. 292:118–125.
- Muhammad, S., dan Djarwanti, RPS. 2016. Kajian Kontaminasi Cesium-137 di Instalasi Produksi Radioisotop Upaya Penanggulangan Dan Pencegahannya. *Prosiding Seminar Keselamatan Nuklir*. Jakarta.
- Muoio, R., Caretti, C., Rossi, L., Santianni, D., And Lubello, C. 2020. Water Safety Plans And Risk Assessment: A Novel Procedure Applied To Treated Water Turbidity And Gastrointestinal Diseases. *International Journal of Hygiene And Environmental Health*. 223(1): 281-288.
- Muqmiroh, L., Soegardo, I, p., Rusmanto., Risalatul, L., dan Anggraini, D, S. 2018. The Radiation Dose Profile In Pediatric Interventional Cardiology To Estimate The Stochastic Effect Risk: Preliminary Study. *Journal of Vocational Health Studies*. 1(1): 107–112.
- Murthy, V. L., Shaw, L. J., and Nallamothu, B. K. 2017. Radioactive Decay: Challenges And Solutions To Looming Radioisotope Shortages For Nuclear Cardiology. *Circulation*. 135(10): 911–913.
- Naderipour, A., Abdul-Malek, Z., Nowdeh, S. A., Kamyab, H., Ramtin, A. R., Shahrokhi, S., and Klemeš, J. J. 2020. Comparative Evaluation of Hybrid Photovoltaic, Wind, Tidal and Fuel Cell Clean System Design for Different

- Regions with Remote Application Considering Cost. *Journal of Cleaner Production*, 1:124207.
- Namrata, S. 2010. Physicochemical Properties of Polluted Water of River Ganga At Varanasi. *International journal of energy and environment*. 1(5): 823-832.
- Nishino, S., Tanimura, Y., Yoshitomi, H., and Takahashi, M. 2020. Prototype Test of a Portable Thyroid Dose Monitoring System Using Gamma-Ray Spectrometers. *Radiation Measurements*, 134(2), 106292.
- Nkurunziza, T., Nduwayezu, J. B., Banadda, E. N., and Nhapi, I. 2009. The Effect of Turbidity Levels And Moringa Oleifera Concentration On The Effectiveness of Coagulation In Water Treatment. *Water Science and Technology*. 59(8): 1551-1558.
- 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.
- Querfeld, R., Pasi, A. E., Shozugawa, K., Vockenhuber, C., Synal, H. A., Steier, P., and Steinhauser, G. 2019. Radionuclides In Surface Waters Around The Damaged Fukushima Daiichi Npp One Month After The Accident: Evidence of Significant Tritium Release Into The Environment. *Science of The Total Environment*. 68 (9):451-456.
- Pohan, D. A. S., Budiyono, B., dan Syafrudin, S. 2017. Analisis Kualitas Air Sungai Guna Menentukan Peruntukan Ditinjau Dari Aspek Lingkungan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 14(2): 63.
- Pomplun, E. 2012. Monte Carlo-Simulated Auger Electron Spectra For Nuclides of Radiobiological and Medical Interest a Validation With Noble Gas Ionization Data. *International Journal of Radiation Biology*. 88(1–2): 108–114.

- Pop, O. M., Simulik, V. M., and Stets, M. V. 2016. Nuclide Spectra of Activities of Thorium, Uranium Series and Application In Gamma-Spectrometry of Point Technogenic Samples. *International Journal of Physics*. 4(2): 37-42.
- Powell, B. A., *et al.* 2007. Elevated Concentrations of Primordial Radionuclides In Sediments From The Reedy River And Surrounding Creeks In Simpsonville, South Carolina. *Journal of Environmental Radioactivity*. 94(3): 121–128.
- Putri, M, K., Helfa, S., dan Ratna, D, W. 2019. Analisis Pengaruh Pengelolaan Lingkungan Terhadap Kondisi Masyarakat Hilir Sungai Musi. *Jurnal Geografi*. 16(2): 80-89.
- Reches, Y. 2019. Quantification and Modeling of the Interactions of Gamma Radiation with Concrete from Bulk-Scale Observations. *International Journal of Concrete Structures and Materials*. 13(1): 59.
- Ridantami, V., Wasito, B., dan Prayitno. 2016. Limbah Radioaktif Uranium dan Torium Dengan Proses Elektrokoagulasi. *Jurnal Forum Nuklir (JFN)*. 10(2). 102–107.
- Saito, R., Kabeya, M., Nemoto, Y., and Oomachi, H. 2019. Monitoring <sup>137</sup>Cs Concentrations In Bird Species Occupying Different Ecological Niches; Game Birds And Raptors In Fukushima Prefecture. *Journal of Environmental Radioactivity*. 197:67-73.
- Sanada, Y., Urabe, Y., Sasaki, M., Ochi, K., and Torii, T. 2019. Evaluation of Ecological Half-Life of Dose Rate Based On Airborne Radiation Monitoring Following The Fukushima Dai-Ichi Nuclear Power Plant Accident. *Journal of Environmental Radioactivity*. 210: 105816.
- Santschi, P. H., and Honeyman, B. D. 1989. Radionuclides In Aquatic Environments. *International Journal of Radiation Applications and Instrumentation*. 34(2); 213-240.



- Sda.pu.go.id. 2020. Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. [www.sda.pu.go.id](http://www.sda.pu.go.id) (August 10, 2020).
- Semanticscholar. Org. 2020. Ekman Grab Drawing - Lake Ecosystems - Climate PolicyWatcher. [www.Semanticscholar.Org.HttPs://Www.Climate-Policy-Wat cher.Org/Lake-Ecosystems/Io2.Html](https://www.semanticscholar.org/https://www.climate-policy-watcher.org/lake-ecosystems/io2.html) (August 10, 2020).
- Shabaka, A. N., Omar, A., El-Mongy, S. A., and Tawfic, A. F. 2020. Analysis of Natural Radionuclides and  $^{137}\text{Cs}$  Using Hpge Spectrometer And Radiological Hazards Assessment For Al-Nigella Site, Egypt. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 00(00): 1–14.
- Shahabinejad, N., Mahmoodabadi, M., Jalalian, A., and Chavoshi, E. 2019. The Fractionation of Soil Aggregates Associated With Primary Particles Influencing Wind Erosion Rates In Arid To Semiarid Environments. *Geoderma*. 356: 113936.
- Shinomiya, Y., Kobayashi, M., Tsurita, T., Tsuboyama, Y., Sawano, S., Itoh, Y., and Shichi, K. 2020. Discharge of Suspended Solids And Radiocesium Into Stream Water In a Forested Watershed Before And After Line Thinning With Spur Road Construction. *Journal of Environmental Radioactivity*, 225, 106418.
- Silalahi, C., Muslim, M., dan Suseno, H. 2014. Aktivitas Cesium-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) di Perairan Bangka Selatan Sebagai Base Line Data Radionuklida di Perairan Indonesia. *Journal of Oceanography*. 3(1): 36-42.
- Singh, P. K. dan Pradeep Shrivastava. 2015. Analysis of Water Quality of River Narmada. *International Journal of Current Research*. 7(12): 24073-24076.
- Stanković, A., Mihailović, J., Mirković, M., Radović, M., Milanović, Z., Ognjanović, M., and Prijović, Ž. 2020. Aminosilanized Flower-Structured Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles Coupled To  $^{131}\text{I}$ -Labeled Cc49 Antibody For Combined Radionuclide And

Hyperthermia Therapy of Cancer. *International Journal of Pharmaceutics*. 587: 119628.

Strezov, A., and Nonova, T. 2009. Influence of Macroalgal Diversity On Accumulation of Radionuclides and Heavy Metals In Bulgarian Black Sea Ecosystems. *Journal of Environmental Radioactivity*. 100(2): 144–150.

Sudarsono. 2002. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Terpadu, Konsep Pembangunan Berkelanjutan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 3(2):1-3

Supriyanto, A. 2005. Pengukuran radioaktivitas dan radiasi-gamma lingkungan di provinsi lampung. *J. Sains Tek*. 11(3):194–200.

Suresh, G., Ramasamy, V., Meenakshisundaram, V., Venkatachalapathy, R., and Ponnusamy, V. 2011. Influence of Mineralogical and Heavy Metal Composition On Natural Radionuclide Concentrations In The River Sediments. *Applied Radiation and Isotopes*. 69(10): 1466–1474.

Suseno, H., dan Prihatiningsih, W. R. 2012. Pemantauan Radioekologi Kelautan di Perairan Bangka Barat dan Bangka Selatan: Pemantauan Lingkungan Laut Pada Radius 10 Km dari Calon Lokasi PLTN. *Hasil Penelitian Dan Kegiatan PTLR Tahun 2012*. 1(1) 351–364.

Syاهر, A. H., Muslim., dan Makmur, M. 2015. Analisa Kandungan Radionuklida 40K Pada Sedimen Di Perairan Pulau Tikus, Bengkulu. *Jurnal MIPA*. 4(2): 579–84.

Syaifudin, M., dan Yanti, L. 2014. Urgensi Studi Efek Sitogenetik Pada Penduduk yang Tinggal di Daerah Dengan Paparan Radiasi Alam Tinggi. *SNKKL IX* . 9: 203-214.

Syarip. 2019. Eksperimen Pembuatan Sistem Penganalisis Unsur Dengan Metode Gama Serentak Menggunakan Sumber Neutron Pu-Be. *Ganendra* 5(1): 1689–99.

- Tabar, E., Kumru, M. N., İçhedef, M., and Saç, M. M. 2013. Radioactivity Level and The Measurement of Soil Gas Radon Concentration In Dikili Geothermal Area, Turkey. *International Journal of Radiation Research*. 11(4):1-5.
- Udiyani, P. M., Kuntjoro, S., dan Pane, J. S. 2015. Aktivitas Dan Konsekuensi Dispersi Radioaktif Untuk Daerah Kota dan Pedesaan. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*. 17(2):79.
- Usikalu, M. R., Maleka, P. P., Malik, M., Oyeyemi, K. D., and Adewoyin, O. O. 2015. Assessment of Geogenic Natural Radionuclide Contents of Soil Samples Collected From Ogun State, South Western, Nigeria. *International Journal of Radiation Research*. 13(4): 355–361.
- Van Hagen, P. M., *et al.* 2000. Evaluation of a Radiolabelled Cyclic DTPA-RGD Analogue For Tumour Imaging and Radionuclide Therapy. *International Journal of Cancer*. 90(4): 186–198.
- Vaninbroux, R., and Grosse, G. 1966. The Use of a Calibrated Gamma Spectrometer For Precision Activity Measurements of Gamma Emitters and E.C.-Nuclides and For Purity and Sorption Tests of Solutions of Radionuclides. *The International Journal of Applied Radiation and Isotopes*. 17(1): 41–46.
- Veeralingam, S., and Badhulika, S. 2020. Surface Functionalized -Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanofibers Based Flexible, Field-Effect Transistor-Biosensor (Biofet) For Rapid, Label-Free Detection of Serotonin In Biological Fluids. *Sensors & Actuators: B. Chemical*. 6(2): 128540.
- Wahyudi., Iskandar, D dan Marjanto, D. 2007. Pengaruh Matriks Terhadap Pencacahan Sampel Menggunakan Spektrometer Gamma. *Jfn* 1(2): 65–78.
- Wang, Z. 2002. Natural Radiation Environment In China. *International Congress Series*, 1225(C): 39–46.

- Wibawa, T. H. A., Misyetti, M., dan Isabela, E. 2009. Evaluasi Penggunaan Pencacah Beta dan Gamma Pada Penentuan Kemurnian Radiokimia 188/186Re-CTMP. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir PTNBR: BATAN Bandung*.
- Wijono dan Rosdiani. 2008. Kalibrasi Energi Dan Efisiensi Detektor HPGe Model GC1018 Pada Rentang Energi 121 Sampai 1408 KeV. *Purtomuan Dan Prosuntasl 11m/AllFunus/Ona/ TuknIs Nun Punullt119 Dosumbur 2008*. 1(1): 237–48.
- Windusari, Y., dan Sari, N. P. 2015. Kualitas Perairan Sungai Musi di Kota Palembang Sumatera Selatan. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*. 1(1): 1–5.
- Wyrtki, K. 1961. *Physical oceanography of the Southeast Asian waters* (Vol. 2). University of California, Scripps Institution of Oceanography.
- Xu, Z., Rong, M., Meng, Q., Yao, H., Ni, S., Wang, L., and Liu, H. 2020. Fabrication of Hypercrosslinked Hydroxyl-Rich Solid Phase Extractants For Cesium Separation From The Salt Lake Brine. *Chemical Engineering Journal*, 400(6): 125991.
- Yamamoto, S., Nakanishi, K., Furukawa, T., and Tomita, H. 2019. Possibility Analysis of Bremsstrahlung x-Ray Imaging of C-14 Radionuclide Using a Lagps Radiation Imaging System. *Biomedical Physics and Engineering Express*. 5(3):035024.
- Yujun, Y. I., Zhaoyin, W., Zhang, K., Guoan, Y. U., and Xuehua, D. 2008. Sediment Pollution And Its Effect On Fish Through Food Chain In The Yangtze River. *International Journal of Sediment Research*, 23(4), 338-347.
- Zhang, H. Y., Liu, Q., Yang, H. X., Shi, L. Q., Wang, P., Xie, M. J., and Jiao, K. 2019. Early Growth Response 1 Reduction In Peripheral Blood Involving Condylar Subchondral Bone Loss. *Oral diseases*. 25(7): 1759-1768.

Zhidkin, A. P., Shamshurina, E. N., Golosov, V. N., Komissarov, M. A., Ivanova, N. N., and Ivanov, M. M. 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: 106386.

Zhu, L., Xu, C., Hou, X., Qiao, J., Zhao, Y., and Liu, G. . 2020. Determination of Ultratrace Level  $^{135}\text{Cs}$  and  $^{135}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$  Ratio in Small Volume Seawater by Chemical Separation and Thermal Ionization Mass Spectrometry. *Analytical Chemistry*, 92(9): 6709–6718.