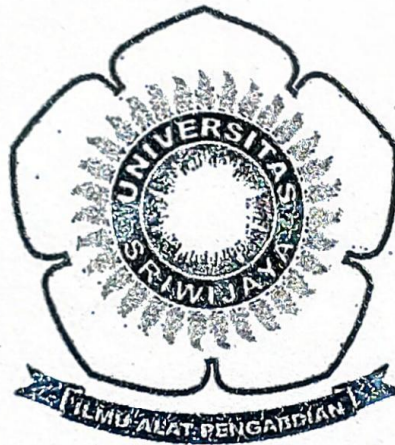


**SPESIASI ION LOGAM KROM (III) DAN KROM (VI) PADA SEDIMEN
DI SUNGAI OGAN MENGGUNAKAN METODE POTENSIOMETRI SEL
KONSENTRASI**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Program
Studi Kimia**



Dina Lorenza

08031182025019

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

2024

HALAMAN PENGESAHAN

**SPEIASI ION LOGAM KROM (III) DAN KROM (VI) PADA SEDIMEN
DI SUNGAI OGAN MENGGUNAKAN METODE POTENSIOMETRI SEL
KONSENTRASI**

SKRIPSI

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

Oleh :

Dina Lorenza

08031182025019

Indralaya, 19 September 2024

Mengetahui,

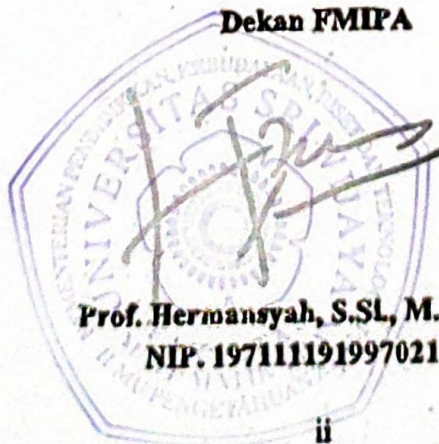
Pembimbing



Dr. Suberyanto, M. Si

NIP. 196006251989031006

Dekan FMIPA



Prof. Hermansyah, S.SI, M.SI., Ph.D

NIP. 197111191997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Dina Lorenza (08031182025019) dengan judul "Spesiasi Ion Logam Krom (III) dan Krom (VI) pada Sedimen di Sungai Ogan Menggunakan Metode Potensiometri Sel Konsentrasi" telah disidangkan dihadapan Tim Penguji Sidang Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 18 September 2024 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 19 September 2024


Ketua:

1. **Prof. Drs. Dedi Rohendi, M.T., Ph.D**
NIP. 196704191993031001

()

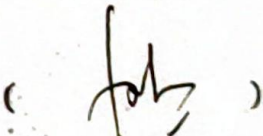
Pembimbing:

1. **Dr. Suheryanto, M.Si**
NIP. 196006251989031006

()

Penguji:

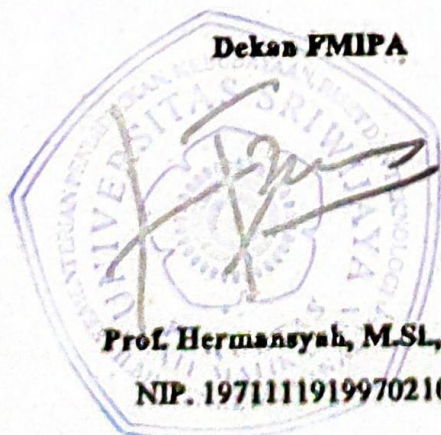
1. **Dra. Fatma, M.S**
NIP. 196207131991022001
2. **Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si**
NIP. 197211092000032001

()

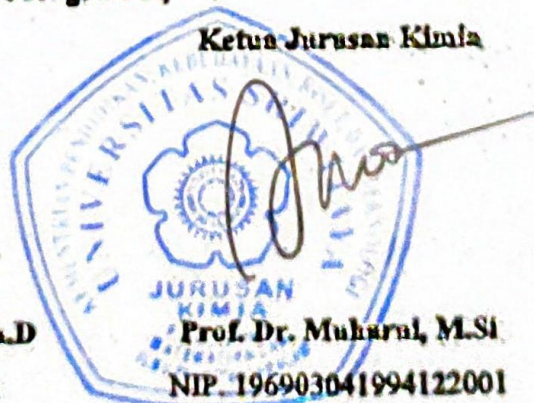
()

Mengetahui,

Dekan FMIPA



Ketua Jurusan Kimia



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Dina Lorenza
NIM : 08031182025019
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 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.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 19 September 2024



Penulis

Dina Lorenza

NIM. 08031182025019

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

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Dina Lorenza

NIM : 08031182025019

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/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: "Spesiasi Ion Logam Krom (III) dan Krom (VI) pada Sedimen di Sungai Ogan Menggunakan Metode Potensiometri Sel Konsentrasi". Dengan hak bebas *royalty* non eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 19 September 2024

Yang Menyatakan



Dina Lorenza

NIM. 08031182025019

HALAMAN PERSEMBAHAN

لَا حَوْلَ وَلَا قُوَّةَ إِلَّا بِاللَّهِ الْعَلِيِّ الْعَظِيمِ

"Tidak ada daya dan upaya kecuali dengan kekuatan dari Allah SWT yang Maha Tinggi lagi Maha Agung"

"Wahai anak-anakku, pergi dan carilah berita tentang Yusuf beserta saudaranya. Janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tidak ada yang berputus asa dari rahmat Allah, kecuali kaum yang kafir." (QS. Yusuf: 87).

"Cukuplah Allah (menjadi penolong) bagi kami dan Dia sebaik-baik pelindung." (QS. Ali Imran: 173).

"Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan" (QS. Ar-Rahman: 13)

"Dua tangan yang menengadah di malam hari kepada Allah, tidak akan Kembali dengan tangan kosong" (Imam Syafi'i)

"Jika kau tak sanggup menahan lelahnya belajar, maka kau harus sanggup menahan perihnya kebodohan" (Imam Syafi'i)

Skripsi ini sebagai salah satu rasa syukur kepada Allah SWT dan Baginda Rasūlullāh Muhammad SAW serta dipersembahkan untuk:

1. Kedua orangtuaku yang telah memberikan yang terbaik, serta saudara-saudariku yang selalu mendukung dan mendoakanku.
2. Keluarga besar Permato Pa'i dan Kolbi yang telah memberikan doa dan dukungan.
3. Dosen pembimbing akademik sekaligus dosen pembimbing tugas akhir yaitu Bapak Dr. Suheryanto, M.Si.
4. Seluruh dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Almamater Universitas Sriwijaya.
6. Sahabat-sahabatku yang selalu mendoakan dan mendukung.
7. Rekan-rekan seperjuangan di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya karena atas izin-Nya lah penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Spesiasi Ion Logam Krom (III) dan Krom (VI) pada Sedimen di Sungai Ogan Menggunakan Metode Potensiometri Sel Konsentrasi”. Penyusunan skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia Universitas Sriwijaya.

Penulis mengucapkan berterima kasih kepada Dr. Suheryanto, M.Si yang dengan sabar dan ikhlas meluangkan waktu, tenaga dan pikiran serta memberikan bimbingan, motivasi, arahan, dan saran-saran yang sangat berharga kepada penulis selama menyusun skripsi ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini, diantaranya yaitu kepada:

1. Allah SWT. yang telah memberikan kasih sayang, nikmat, rahmat, serta ridho-Nya yang tak pernah putus, serta telah mendengarkan segala keluh kesah penulis hingga terselesainya skripsi ini.
2. Nabi Muhammad SAW. sebagai teladan dan kelak pemberi syafaat bagi seluruh umat.
3. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Dr. Suheryanto, M.Si selaku dosen Pembimbing Akademik sekaligus pembimbing tugas akhir yang telah menjadi orang tua kedua di kampus bagi penulis, terima kasih atas segala bantuan, ilmu, motivasi, arahan, serta kebaikan Bapak dari awal perkuliahan hingga terselesainya skripsi ini. Semoga Allah senantiasa memberikan Kesehatan kepada Bapak, lelahnya menjadi

7. lillah, selalu dalam lindungan Allah, serta dilimpahkan keberkahan oleh Allah SWT. Aamiin.
8. Ibu Dra. Fatma, M.S. dan Ibu Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si. selaku pembahas dan penguji sidang sarjana, terima kasih atas ilmu, saran, serta bimbingannya sehingga penyusunan skripsi ini berlangsung dengan baik.
9. Seluruh Dosen FMIPA KIMIA yang telah mendidik dan membimbing selama masa perkuliahan.
10. Kak Iin dan mbak Novi, selaku Admin Jurusan Kimia FMIPA terimakasih banyak karena telah membantu dalam mengurus dan mengatur jadwal dan ikut serta berperan dalam tugas akhir penulis.
11. Staf Analis Laboratorium Kimia FMIPA UNSRI, khususnya mbak Yanti yang telah banyak membantu penulis selama proses penelitian.
12. Kepada orang tua saya (Papa Sanukrik dan Mama Niah) juga (Papi Alm. Ibnu Hajar dan Mami Almh. Saripah) yang telah memberikan ridho, doa, dukungan, mengorbankan tenaga, pikiran, serta memenuhi segala kebutuhan Dina selama ini dan selalu menjadi pendengar segala keluh kesah selama perkuliahan ini yang mungkin menjadi pikiran papa mama, juga buat papi dan mami terima kasih atas kasih sayang yang luar biasa, semoga kelak kita dikumpulkan kembali di tempat abadi di sisi Allah. Gelar dan toga ini Dina persembahkan untuk kalian, papi mami Dina selesaikan Amanah kalian, hanya ini yang mampu Dina kasih untuk papa, mama, papi, dan mami.
13. Kepada my beloved sister and brothers, Ayuk Novita Sari, Kyay Rudi, dan Kyay Yogi Irawan terima kasih atas bantuan, semangat, dukungan, serta doa yang diberikan kepada Dina. Kepada kakak iparku, Kak Wartono dan ayuk iparku Kaka Neli Yanti terima kasih atas doa, dukungan, serta bantuannya kepada Dina selama ini.
14. Keponakan-keponakanku, Nafisa Anggraini, Dini Chalista, Alesha Zahira Anggraini, Naura Dini Rafanda, dan Juna Alvaro Nicholas yang tersayang.
15. Seluruh keluarga besar Permato Pa'i dan Kolbi terima kasih atas dukungan dan doanya.

16. Seluruh jajaran Dewan Guru MI Darul Ulum 3, MTs Darul Ulum, dan SMAS Taruna Terpadu BOASH yang telah memberikan dukungan, doa, serta ilmu yang mampu menghantarkan Dina ke UNSRI hingga di titik ini. Terima kasih Bapak Ibu atas keridhoan serta keberkahan ilmunya semoga Allah senantiasa melimpahkan berkah dan menjadikan amal jariyah untuk Bapak Ibu sekalian.
17. Sahabat-sahabatku, Deva Yuliana Yanti dan Putri Ramadhani, terima kasih sudah kebersamai selama 19 tahun ini, semoga persahabatan ini hingga ke surga-Nya Allah.
18. Partner PA, TA, kuliah, rumpi, dan segala hal perkuliahan, Alya Rahma Putri. Tengss Coy sudah kebersamai, sudah banyak membantu juga, tempat berbagai cerita, tempat curhat. Semoga setelah ini, kita masih diberikan rezeki untuk bertemu kembali di lain waktu. Semoga kelak kita sama-sama sukses biar semua yang kita inginkan bisa kita wujudkan, cita-cita kita kalau beli sesuatu tidak melihat harga Allah kabulkan. Aamiin
19. Team Oganku, Alya Rahma Putri, Salsabilla Syirrin Assyifa, Resti Atika Indriani, terima kasih banyak brodi-brodi telah mewarnai penelitian ini hingga selesai.
20. Siska Rahmadini dan Novta Shulistia, terima kasih banyak kak sudah menjadi tempat berbagi cerita, canda tawa, rumpi, dan banyak hal. Terima kasih sudah banyak membantu juga selama perkuliahan. Hal yang paling dikangenin pasti nginep bareng, cerita sampai larut malam. Sukses selalu buat kita semua.
21. Dear adik-adik aku, Nessa Meisaputri dan Huzaifah, terima kasih sudah menjadi adik-adik yang baik banget. Lancar selalu ya kuliahnya, buat Nessa semangat penelitiannya, Ifa juga semangat kuliahnya. Semoga di lain kesempatan kita bisa bertemu kembali.
22. Ajeng Negiantarisa adek kakak yang paling cantik katanya, semangat penelitiannya Ajeng, lancar selalu, sukses pokoknya, kakak tunggu kabar S.Si-nya. Harus ketemu lagi sih nanti yaaa.
23. Teman-teman Einsteinium'20 terima kasih telah diberi kesempatan menjadi bagian dari kalian, semoga kita bisa bertemu kembali di lain kesempatan.

24. Semua orang yang sedikit banyak telah membantu penulis baik perkuliahan maupun penelitian yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Terima kasih atas bantuan dan dedikasinya untuk penulis. Semoga Allah menghitung sebagai amal jariyah dan berkah untuk semua.

Demikian skripsi ini penulis persembahkan. Penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, karena didalamnya masih terdapat kekurangan-kekurangan. Hal ini dikarenakan keterbatasan yang dimiliki oleh penulis baik dalam segi kemampuan, pengetahuan, serta pengalaman penulis. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun agar dalam penyusunan karya tulis selanjutnya dapat menjadi lebih baik.

Indralaya, 19 September 2024

Penulis

SUMMARY

SPECIATION OF CHROMIUM (III) AND CHROMIUM (VI) METAL IONS IN SEDIMENTS OF THE OGAN RIVER USING THE CONCENTRATION CELL POTENTIOMETRIC METHOD

Dina Lorenza: Supervised by Dr. Suheryanto, M.Si

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

xviii + 79 pages, 9 figures, 26 tables, 7 attachments

Research on the speciation of chromium (III) and chromium (VI) metal ions has been conducted using the concentration cell potentiometric method. The research aims to validate the method and determine the distribution of chromium (III) and chromium (VI) metal ion species in sediments. The potentiometric concentration cell method consists of an apparatus setup with an anode and a cathode connected by a KCl salt bridge and a Cr metal electrode. The anode and cathode contain the same solution but with different concentrations, and the potential is measured using a potentiometer. Validation results show correlation coefficient values of 0.9963 and 0.9972 for standard solutions of $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ and $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. The LoD and LoQ values for Cr^{3+} metal ions are 1,31 mg/L and 7122,92 mg/kg, respectively, and for Cr^{6+} metal ions, they are 0,06 mg/L and 0,15 mg/L. The LoD and LoQ values for the instrument for Cr^{3+} metal ions are 0,09 mg/L and 0,12 mg/L, respectively, and for Cr^{6+} metal ions, they are 0,06 mg/L. The precision values based on % RSD for Cr^{3+} and Cr^{6+} metal ions are 0.85% and 0.44%. The % Recovery values for Cr^{3+} ions range between 95-110%, while for Cr^{6+} ions, the % Recovery falls within 94-98%. The distribution of Cr^{3+} ions from upstream to downstream shows a decrease, with the highest value recorded at 4235.61 mg/kg at Location 1. Meanwhile, Cr^{6+} ions exhibit fluctuations, with an increase in concentrations at Locations 2, 3, and 6. Overall, the concentrations of Cr^{3+} and Cr^{6+} ions in the sediment exceed the quality standard set by the National Oceanic and Atmospheric Administration, which is <52.3 mg/kg.

Keywords : Speciation, Chromium, Sediment, Potentiometry, Concentration Cell

Citation : 64 (2001 – 2023)

RINGKASAN

SPEIASI ION LOGAM KROM (III) DAN KROM (VI) PADA SEDIMEN DI SUNGAI OGAN MENGGUNAKAN METODE POTENSIOMETRI SEL KONSENTRASI

Dina Lorenza: Dibimbing oleh Dr. Suheryanto, M.Si

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

xviii + 79 halaman, 9 gambar, 26 tabel, 7 lampiran

Telah dilakukan penelitian spesiasi ion logam krom (III) dan krom (VI) menggunakan metode potensiometri sel konsentrasi. Tujuan penelitian untuk memvalidasi metode dan menentukan distribusi spesies ion logam krom (III) dan krom (VI) dalam sedimen. Metode potensiometri sel konsentrasi memiliki rangkaian alat berupa anoda dan katoda yang terhubung dengan jembatan garam KCl dan elektroda logam Cr. Anoda dan katoda berisi larutan yang sama dengan konsentrasi berbeda, lalu potensial diukur dengan alat potensiometer. Hasil Validasi menunjukkan nilai koefisien korelasi larutan standar $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ dan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ sebesar 0,9963 dan 0,9972. Nilai LoD dan LoQ metode untuk ion logam Cr^{3+} sebesar 1,31 mg/L dan 7122,92 mg/kg serta untuk ion logam Cr^{6+} sebesar 0,06 mg/L dan 0,15 mg/L. Nilai LoD dan LoQ instrument ion logam Cr^{3+} berupa 0,09 mg/L dan 0,12 mg/L serta untuk ion logam Cr^{6+} sebesar 0,06 mg/L. Nilai % RSD untuk ion logam Cr^{3+} dan Cr^{6+} yaitu 0,85% dan 0,44%. Nilai % *Recovery* untuk ion logam Cr^{3+} berada pada rentang 95-110%, Nilai % *Recovery* ion logam Cr^{6+} pada rentang 94-98%. Distribusi ion logam Cr^{3+} dari hulu ke hilir mengalami penurunan dimana nilai tertinggi sebesar 4235,61 mg/kg pada Lokasi 1, dan ion logam Cr^{6+} mengalami fluktuatif, terjadi kenaikan kadar pada lokasi 2, 3, dan 6. Kadar ion logam Cr^{3+} dan Cr^{6+} pada sedimen, secara keseluruhan melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu menurut *National Oceanic and Atmospheric Administration* <52,3 mg/kg.

Kata Kunci : Spesiasi, Kromium, Sedimen, Potensiometri, Sel Konsentrasi
Sitasi : 64 (2001 – 2023)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN PUBLIKASI.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SUMMARY	xi
RINGKASAN	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Spesiasi Logam	6
2.2 Elektrokimia	7
2.3 Sel Konsentrasi	8
2.4 Sungai Ogan	9
2.5 Spesies Krom	10
2.6 Sedimen.....	12
2.7 Validasi Metode	13
2.7.1 Linieritas dan Sensitivitas.....	14

2.7.2	LoD dan LoQ.....	14
2.7.3	Presisi.....	15
2.7.4	Akurasi	16
2.7.5	Estimasi Ketidakpastian Pengukuran	16
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1	Waktu dan Tempat	19
3.2	Alat dan Bahan	19
3.3	Prosedur Penelitian.....	19
3.4	Metode Penelitian.....	19
3.5	Preparasi Sampel.....	20
3.3.1	Rangkaian Alat Potensiometer dan Pembuatan Larutan Standar.....	21
3.3.2	Pengukuran Potensial Sel Ion Logam Cr ³⁺ dan Cr ⁶⁺ dalam Larutan Standar	22
3.3.3	Validasi Metode	23
3.3.4	Pengukuran Potensial Sel Ion Logam Cr ³⁺ dan Cr ⁶⁺ dalam Larutan Sampel.....	25
3.3.5	Analisis Data	25
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1	Validasi Metode	28
4.1.1	Linieritas dan Sensitivitas	28
4.1.2	LoD dan LoQ	29
4.1.3	Presisi Metode Potensiometri.....	30
4.1.4	Akurasi Metode Potensiometri.....	31
4.1.5	Estimasi Ketidakpastian Pengukuran	32
4.2	Spesiasi Ion Logam Cr ³⁺ dan Cr ⁶⁺	35
4.2.1	Kadar Ion Logam Cr ³⁺ dan Cr ⁶⁺ dalam Larutan Standar	35
4.2.2	Kadar Ion Logam Cr ³⁺ dan Cr ⁶⁺ dalam Larutan Sampel	36
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	39

5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	46

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Digram Tulang Ikan (<i>Fish Bone</i>)	17
Gambar 2. Peta Lokasi Pengambilan Sampel	20
Gambar 3. Diagram Tulang Ikan (<i>Fish Bone</i>) Metode Potensiometri.....	24
Gambar 4. Kurva Kalibrasi	28
Gambar 5. Distribusi Ion Cr ⁶⁺ dan Cr ⁶⁺ dari Hulu ke Hilir.....	37
Gambar 6. Proses Pengeringan Sampel dengan Oven	79
Gambar 7. Proses Penggerusan Sampel	79
Gambar 8. Proses Pengabuan Sampel dengan <i>Furnace</i>	79
Gambar 9. Rangkaian Alat Potensiometer (Pengukuran Potensial)	79

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Lokasi Pengambilan Sampel.....	20
Tabel 2. Nilai LoD dan LoQ	30
Tabel 3. Nilai SD dan % RSD.....	30
Tabel 4. Nilai % <i>Recovery</i>	31
Tabel 5. Kontributor Ketidakpastian Pengukuran Ion Logam Cr ³⁺	33
Tabel 6. Kontributor Ketidakpastian Pengukuran Ion Logam Cr ⁶⁺	34
Tabel 7. Data Konsentrasi Hasil Pengolahan Nilai Potensial secara Bersama- sama	35
Tabel 8. Hasil Pengukuran Kadar Ion Logam Cr ³⁺	36
Tabel 9. Hasil pengukuran Kadar Ion Logam Cr ⁶⁺	37
Tabel 10. Data dan Hasil Pengukuran Larutan Standar Ion Cr ³⁺	47
Tabel 11. Data Turunan Persamaan Garis Regresi Larutan Standar Ion Cr ³⁺	47
Tabel 12. Data dan Hasil Pengukuran Larutan Standar Ion Cr ⁶⁺	49
Tabel 13. Data Turunan Persamaan Garis Regresi Larutan Standar Ion Cr ⁶⁺	49
Tabel 14. Data dan Hasil Pengukuran Larutan Blanko Ion Cr ³⁺	51
Tabel 15. Data dan Hasil Pengukuran Larutan Blanko Ion Cr ⁶⁺	54
Tabel 16. Data Pengukuran Potensial Spike Ion Cr ³⁺	58
Tabel 17. Data Pengukuran Potensial Spike Ion Cr ⁶⁺	60
Tabel 18. Data pengukuran Potensial Presisi Ion Cr ³⁺	62
Tabel 19. Data pengukuran Potensial Presisi Ion Cr ⁶⁺	63
Tabel 20. Data dan Hasil Pengukuran Kadar Ion Cr ³⁺ dalam Campuran.....	64
Tabel 21. Data dan Hasil Pengukuran Kadar Ion Cr ⁶⁺ dalam Campuran	65
Tabel 22. Data dan Hasil Pengukuran Kadar Ion Cr ³⁺ dalam Sedimen	67
Tabel 23. Data dan Hasil Pengukuran Kadar Ion Cr ⁶⁺ dalam Sedimen	69
Tabel 24. Data Pengukuran Potensial Spike 1×10^{-4} M Ion Logam Cr ³⁺	72
Tabel 25. Data Pengukuran Potensial Spike 1×10^{-4} M Ion Logam Cr ⁶⁺	73
Tabel 26. Data Hasil Perhitungan Ketidakpastian Pengukuran	76

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data dan Perhitungan Kurva Kalibrasi	47
Lampiran 2. Data dan Perhitungan LoD dan LoQ Ion Cr ³⁺ dan Cr ⁶⁺	51
Lampiran 3. Data dan Perhitungan Akurasi dan Presisi Ion Cr ³⁺ dan Cr ⁶⁺	58
Lampiran 4. Data dan Perhitungan Ion Cr ³⁺ dan Cr ⁶⁺ dalam Campuran Larutan Standar	64
Lampiran 5. Data dan Perhitungan Kadar Ion Logam Cr ³⁺ dan Cr ⁶⁺ dalam Sedimen	67
Lampiran 6. Ketidakpastian Pengukuran	71
Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian	79

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Spesiasi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan spesies suatu ion logam. Spesiasi adalah metode untuk pemisahan dan penentuan berbagai spesies kimia, termasuk ion logam, yang ada bersama di lingkungan membentuk konsentrasi total (Ozkantar *et al.*, 2020). Metode spesiasi dapat mengidentifikasi spesies kimia secara individual atau kuantitatif dalam suatu sampel. Spesiasi dapat menggunakan beberapa metode, seperti metode Spektrofotometri UV-Vis (Mustanginah, 2023). Spesiasi logam juga dapat menggunakan metode potensiometri dengan sel konsentrasi. Metode potensiometri berupa metode pengukuran ion dalam suatu larutan yang menggunakan potensial dengan sel elektrokimia sebagai dasarnya (Wonorahardjo, 2020).

Potensiometri adalah penerapan langsung dari persamaan Nernst, yang melibatkan pengukuran potensial antara dua elektroda yang tidak terpolarisasi saat arus mendekati nol. Persamaan Nernst menjelaskan hubungan antara potensial elektroda terhadap konsentrasi ion dalam suatu larutan (Waji, 2019). Metode potensiometri menggunakan alat yang disebut potensiometer, yang terdiri dari beberapa komponen seperti elektroda kerja, elektroda pembanding, alat untuk mengukur tegangan (voltmeter), dan jembatan garam (Suheryanto, 2019). Analisis kimia banyak yang menggunakan metode potensiometri karena memiliki beberapa kelebihan, berupa biaya murah, waktu yang dibutuhkan untuk analisis cepat, dapat digunakan pada larutan berwarna, akurasi dan selektivitasnya tinggi, serta desain yang digunakan lebih sederhana (Suheryanto, 2019).

Metode potensiometri sel konsentrasi yang digunakan untuk spesiasi ion memiliki keterbatasan dalam mendeteksi beberapa spesies ion. Misalnya, ion logam dalam bentuk yang lebih kompleks atau spesies yang memiliki kestabilan potensial yang berbeda, seperti ion kromium dalam bentuk Cr^{2+} atau bentuk anorganik lainnya, tidak dapat diukur secara akurat dengan metode ini. Keterbatasan ini disebabkan oleh ketidakmampuan elektroda dalam mendeteksi spesies tersebut

secara efektif dan kestabilan potensial elektroda yang tidak sesuai untuk spesies ion tersebut. Metode potensiometri sel konsentrasi hanya efektif untuk spesiasi ion Cr^{3+} dan Cr^{6+} karena elektroda yang dirancang khusus untuk kedua ion tersebut. Elektroda ini memastikan bahwa pengukuran potensi dapat dilakukan dengan akurat. Hasil pengukuran yang akurat memerlukan kestabilan potensial, dan ion Cr^{3+} serta Cr^{6+} memiliki bentuk yang paling stabil di antara spesies kromium lainnya. Oleh karena itu, potensi redoks dari ion-ion ini stabil dan dapat diukur dengan menggunakan elektroda yang sesuai (Bard *et al.*, 2001; Sharma *et al.*, 2022).

Metode potensiometri sel konsentrasi juga dapat digunakan untuk analisa logam berat dalam perairan. Beberapa penentuan logam berat yang menggunakan metode potensiometri sel konsentrasi, antara lain pengembangan metode potensiometri untuk pengukuran logam berat Cu (Sari *et al.*, 2019). Validasi metode potensiometri untuk penentuan logam Timbal (Pb) dalam air Lindi (Suheryanto dkk, 2019). Analisis spesiasi ion logam Krom (III) dan Krom (VI) pada air Lindi TPA Sukawinata dengan metode potensiometri (Syainudin, 2020), dan sensor timbal berbasis potensiometri untuk mendeteksi kadar Timbal dalam darah (Novitasari dkk, 2016). Oleh karena itu, metode potensiometri sel konsentrasi diterapkan dalam spesiasi ion logam pada sedimen di sungai Ogan.

Salah satu anak dari Sungai Musi berupa Sungai Ogan. Sungai Ogan mengalir seluruhnya di Provinsi Sumatera Selatan dengan hulu Sungai berada di Pegunungan Bukit Barisan dan mengalir ke arah timur hingga bertemu dengan hilir yang bermuara di Sungai Musi, Kertapati. Sungai Ogan merupakan sungai terpanjang ketiga di Sumatera Selatan (setelah sungai Musi dan Komering). Sungai ini berbatasan atau melewati wilayah OKU Selatan, OKU, OKI dan Ogan Ilir. Berdasarkan Badan Pusat Statistik Kabupaten Ogan Komering Ulu panjang sungai Ogan yaitu 170 KM. Sepanjang sungai Ogan terdapat berbagai aktivitas baik secara alami maupun berasal dari manusia yang berpotensi memberikan polusi terhadap lingkungan perairan. Polutan tersebut termasuk logam berat yang berisiko terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat sekitar. Aktivitas manusia seperti pelayaran, aktivitas industri, maupun domestik memberikan pengaruh terhadap meningkatnya konsentrasi logam berat pada sedimen dan biota air. Logam berat dapat dilepaskan

ke ekosistem air, terakumulasi dalam sedimen dan jaringan biologis, serta melewati jaring makanan, dan pada akhirnya akan berdampak pada kesehatan manusia (Hamzah *et al.*, 2023).

Salah satu logam yang memiliki risiko terhadap lingkungan ialah logam kromium. Kromium yang terlarut dalam air sangat berbahaya bagi kehidupan makhluk hidup di dalamnya. Hal ini disebabkan logam berat bersifat bioakumulasi, artinya logam berat terakumulasi dan kadarnya meningkat di dalam jaringan tubuh organisme hidup (Prastyo dkk, 2016). Keadaan oksidasi suatu unsur juga memainkan peran penting dalam bioavailabilitas dan toksisitas (Bungala *et al.*, 2021). Kromium memiliki banyak bilangan oksidasi. Bilangan oksidasi logam kromium yang umum adalah Cr^{3+} dan Cr^{6+} , serta banyak digunakan dalam industri. *International Agency of Research Cancer* (IARC) sejak tahun 1990 telah mengklasifikasikan Cr^{6+} dalam grup 1 yaitu kategori tertinggi dalam klasifikasi karsinogenik yang zat-zatnya dianggap memiliki potensi yang tinggi penyebab kanker. Cr^{6+} adalah zat beracun dan karsinogenik. Spesies Cr^{6+} merupakan jenis kromium yang memiliki kemampuan untuk menyebar dengan mudah di lingkungan perairan karena kelarutannya yang relatif tinggi dalam air. Sebaliknya, Cr^{3+} dianggap sebagai nutrisi penting dan tidak ada toksisitas yang diamati. (Dvoynenko *et al.*, 2021; Sharma *et al.*, 2022). Distribusi spesies ion logam dalam sedimen sungai memainkan peran penting dalam memahami dampak lingkungan dan potensi risiko kontaminasi. Memahami pola distribusi ini penting untuk mengevaluasi proses akumulasi dan mobilitas kromium dalam sedimen (Leeder, 2011).

Sedimen adalah kompartemen penyimpanan besar logam yang dilepaskan ke perairan, seperti sungai. Kemampuan sedimen dalam menyerap polutan menyebabkan sedimen dapat menentukan kualitas air dan mencatat dampak yang berasal dari aktivitas manusia. Kandungan total logam dalam sedimen tidak dapat memprediksi bioavailabilitas (kemampuan suatu zat dapat diserap dan digunakan oleh organisme hidup) serta toksisitas (kemampuan suatu zat untuk menyebabkan kerusakan atau efek berbahaya) logam tersebut. Faktanya, bentuk fisikokimia logamlah yang menentukan bioavailabilitas dan potensi toksisitasnya. Oleh karena itu, mempelajari spesiasi logam dan distribusinya dalam sedimen telah menjadi

salah satu bidang penelitian lingkungan yang paling penting (Wardhani *et al.*, 2017). Secara umum diketahui bahwa bahaya logam berat tidak hanya bergantung pada jumlah total logam berat tetapi juga pada jenis bahan kimia tertentu dan keadaan pengikatannya. Pentingnya identifikasi spesies terletak pada pemahaman keadaan logam berat di lingkungan padat dan mengevaluasi risiko lingkungan berdasarkan proporsi spesies yang berbeda. Oleh karena itu, mengetahui sebaran berbagai jenis logam berat sangat penting untuk memahami perilaku logam berat dan menilai risiko lingkungan (Wang *et al.*, 2022).

Metode potensiometri dengan sel konsentrasi yang digunakan dalam spesiasi ion logam Cr^{3+} dan Cr^{6+} pada sedimen merupakan metode tidak resmi yang dikembangkan dan belum baku sehingga perlu dilakukan validasi metode sesuai ISO 17025:2017. Validasi metode adalah proses yang digunakan untuk memastikan bahwa metode analisis yang dikembangkan memenuhi tujuan yang dimaksudkan, yaitu menyediakan data yang valid untuk analisis tertentu. Parameter umum yang perlu divalidasi meliputi selektivitas, akurasi, presisi, linearitas, *limit of detection* (LoD), *limit of quantification* (LoQ), *Recovery*, dan Estimasi ketidakpastian pengukuran (Charde *et al.*, 2013). Metode yang telah divalidasi diterapkan untuk spesiasi ion logam Cr^{3+} dan Cr^{6+} dalam sampel sedimen sungai Ogan. Sifat toksik yang ada pada logam kromium sehingga perlu mengkaji distribusi logam kromium dari hulu ke hilir.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana validasi metode potensiometri sel konsentrasi yang digunakan untuk spesiasi ion logam Cr^{3+} dan Cr^{6+} dalam sedimen?
2. Bagaimana distribusi spesies ion logam Cr^{3+} dan Cr^{6+} dalam sedimen Sungai Ogan?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Memvalidasi metode potensiometri untuk spesiasi ion Cr^{3+} dan Cr^{6+} dalam sedimen.
2. Menentukan distribusi spesies ion Cr^{3+} dan Cr^{6+} yang terkandung dalam sedimen Sungai Ogan.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Pengembangan ilmu elektrokimia khususnya metode potensiometri.
2. Menerapkan metode potensiometri sel konsentrasi dalam pengukuran spesiasi ion logam di lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, H. and Khan, E. 2018. Bioaccumulation of Non-Essential Hazardous Heavy Metals and Metalloids in Freshwater Fish. Risk to Human Health. *Environmental Chemistry Letter*. 16(3): 1-15.
- Ambarati, T., Wahyudi, N. Y., Indratno, S. H. A., Nurfadhila, L., dan Utami, M. R. 2023. Review Artikel: Validasi Metode Analisis Penetapan Kadar Parasetamol dalam Sampel Biologis dengan Berbagai Metode. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*. 6(2): 838-847.
- Bard, A.J., Faulkner, L.R., and White, H.S. 2001. *Electrochemical Methods Fundamentals and Applications*. Hoboken, USA: John Wiley & Sons.
- Bell, S. 2001. *A Beginner's Guide to Uncertainty of Measurement*. United Kingdom: National Physical Laboratory.
- Bungala, S. O., Machiwa, J., and Shilla, D. 2021. Distribution and Speciation of Heavy Metals in Water and Sediments of the Coastal Marine Areas of Tanzania. *Journal of Environmental Protection*. 12: 734-754.
- Chairman, A. W., et al., 2000. *Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement*. Eurachem / CITAC Guide CG 4.
- Chang, R. 2004. *Kimia Dasar*. Jakarta: Erlangga.
- Charde, M. S., Welankiwar, A. S., Kumar, J., and Chakole, R. D. 2013. Bioanalytical Method Development and Validation. *International Journal of Advances in Pharmaceutical Analysis*. 3(4): 90-94.
- Chowdary, G. L., Ravisankar, P., Kumar, G. A., Mounika, K., and Babu, P. S. 2020. Analytical Method Validation Parameters: An Update Review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. 61(2): 1-7.
- Dvoynenko, O., et al. 2021. Speciation Analysis of Cr(VI) and Cr(III) in Water with Surface Enhanced Raman Spectroscopy. *ACS Omega*. 6: 2052-2059.
- Eurachem and CITAC. 2011 *Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement*. United Kingdom.
- Fuad, M. A. dan Pane, Y. 2023. Analisis Logam Berat dalam Sedimen pada Hilir Berdasarkan Geoaccumulation Index (IGE) Daerah Aliran Sungai Deli. *Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan*. 11(2): 113-121.
- Hamzah, H. A., Kadhum, S. A., Zulkifli, S. Z., Abed, S. A., Awad, A., and Al-ansari, N. 2023. Heavy Metal Speciation in Surface Sediments and Their Impact on the Bioaccumulation of Green Mussels (*Perna viridis*) from the Eastern Part of the Straits of Johor, Malaysia. *Total Environment Reseachr Themes*. 7: 1-7.

- Handayanto, E., Nuraini, Y., Muddarisna, N., Syam, N., dan Fiqri, A. 2017. *Fitoremediasi dan Phytomining Logam Berat Pencemaran Tanah*. Malang: UB Press.
- Haque, SK. M and Ahmad, A. 2019. Development and Validation of Analytical Method for Quantification of Acetic Acid Content in Amlodipine Besylate. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Science*. 11(4): 8-11.
- Harmilia, E. D. dan Khotimah, K. 2018. Kondisi Perairan Sungai di Ogan Ilir Berdasarkan Parameter Fisika Kimia. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*. 6(2): 107-116.
- Harmono, H. D. 2020. Validasi Metode Analisis Logam Merkuri (Hg) Terlarut pada Air Permukaan dengan *Autometic Mercury Analyzer*. *Indonesian Journal of Laboratory*. 2(3): 11-16.
- Haryono, H. E. 2019. *Kimia Dasar*. Yogyakarta: Deepublish CV Budi Utama.
- Hayon, L. L., Alimuddin., dan Panggabean, A. S. 2021. Validasi Metode Penentuan Cd (II) dalam Pupuk NPK secara Spektrofotometri Serapan Atom Nyala di Laboratorium Uji Kualitas, PT. Pupuk Kalimantan Timur. *Jurnal Kimia Mulawarman*. 19(1): 8-16.
- Hidayat, D. dan Daus, M. 2019. Kajian Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd), Kromium (Cr), dan Merkuri (Hg) pada Sedimen di Sungai Way Kuala Lampung secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*. 4(01): 41-50.
- Izzati., Suheryanto., and Hariani, P. L. 2023. Development of Concentration Cell Potentiometric Method Fe^{2+} dan Fe^{3+} Speciation. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*. 8(3): 115-119.
- Khairunisa, A., Fadlilaturahmah., dan Hadi, S. 2022. *Aplikasi Kimia Analisa untuk Farmasi*. Depok: PT RajaGrafindo Persada.
- Khaldun, I. 2018. *Kimia Analisa Instrumen*. Banda Aceh: Syiah Kuala University Press Darussalam.
- Köse, E., et al. 2019. Assessment of Ecologic Quality in Terms of Heavy Metal Concentrations in Sediment and Fish on Sakarya River and Dam Lakes, Turkey. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*. 29(3): 1-12.
- Kok, K. and Priemer, B. 2021. Comparing Different Uncertainty Measure to Quantify Measurement Uncertainties in High School Science Experiments. *International Journal of Physics and Chemistry Education*. 14(1): 1-9.
- Kristiantoro, T., Idayanti, N., Sudrajat, N., Septiani, A., Mulyadi, D., dan Dedi. 2016. Ketidakpastian Pengukuran pada Karakteristik Material Magnet

- Permanen dengan Alat Ukur *Permagraph*. *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*. 16(1): 1-6.
- Larasati, R. A. dan Yanti, I. 2022. Perhitungan Ketidakpastian Pengukuran pada Pengujian *Calculated Cetane Index* (CCI) Astm D-4737 dan Viskositas Kinematik ASTM D-445 di Laboratorium Minyak Bumi PPSDM Migas Cepu. *Indonesian Journal of Chemical Research*. 7(1): 37-42.
- Leede, M. 2011. *Sedimentology and Sedimentary Basins*. England: Wiley Blackwell.
- Lestari, D. W., Umar, M. R., dan Priosambodo, D. 2024. Analisis Kadar Nikel dan Besi pada Sedimen Perairan Pesisir Desa Fatufia, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah. *Jurnal Biologi Makassar*. 9(1): 119-127.
- Li, K., *et al.* 2020. Concentration, Possible Sources and Health Risk of Heavy Metals in Multi-Media Environment of the Songhua River, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17(5):1-16.
- Lukman, A., Isa, I., Iyabu, H., dan Kunusa, W. R. 2022. *Dasar-dasar Kimia Analitik*. Ponorogo: Uwais Inspirasi Indonesia.
- Miller, J. N. and Miller, J. C. 2010. *Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry Sixth Edition*. England: Pearson Education Limited.
- Mustanginah, T. 2023. Analisis Spesiasi Logam Fe(II), Fe(III), Cr(III), dan Cr(VI) dalam Limbah Cair Industri Menggunakan Metode Kombinasi Spektrofotometri UV-Tampak dan Spektrofotometri Serapan Atom (AAS). *Jurnal Inovasi Hasil Penelitian dan Pengembangan*. 3(4): 407-421.
- Noor, M. A. M., Musa, H., and Ghazali, R. 2020. Uncertainty of Iodine Value Determination in Palm Olein. *Malaysian Journal of Analytical Sciences (MJAS)*. 24(4): 511-518.
- Novitasari, E., Anggraini, A. R., Muhiroh., Dahlan, M. W., dan Mulyasuryani, A. 2016. Sensor Timbal Berbasis Potensiometri untuk Mendeteksi Kadar Timbal dalam Darah. *Jurnal Penelitian Saintek*. 21(1): 47-54.
- Nuraini, R. A. T., Endrawati, H., dan Maulana, I. R. 2017. Analisis Kandungan Logam Berat Kromium (Cr) pada Air, Sedimen dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Trimulyo Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*. 20(1): 48-55.
- Ozkantar, N., Soylak, M., and Tuzen, M. 2020. Ultrasonic-assisted Supramolecular Solvent Liquid-liquid Microextraction for Inorganic Chromium Speciation in Water Samples and Determination by UV-Vis Spectrophotometry. *Atomic Spectroscopy*. 41(1): 43-50.

- Prastyo, D., Herawati, T., dan Iskandar. 2016. Bioakumulasi Logam Kromium (Cr) pada Insang, Hati, dan Daging Ikan yang Tertangkap di Hulu Sungai Cimanuk Kabupaten Garut. *Jurnal Perikanan Kelautan*. 7(2): 1-8.
- Pratikino., Erawan, M. T. F., Subhan., Rahman, A. A., Kalibongso, D., dan Wahyudi, A. I. 2022. Distribusi dan Status Kontaminasi Logam Berat pada Sedimen di Pesisir Ranokomea, Kabupaten Bombana, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Sains dan Inovasi Perikanan*. 6(1): 19-26.
- Puspasari, D. A., Suprihatin, I. E., dan Dewi, I. G. A. K. S. P. 2014. Spesiasi dan Bioavailabilitas Logam Cu dan Zn dalam Perairan dan Sedimen Muara Sungai Badung pada Jalur Taman Hutan Raya Ngurah Rai Denpasar Bali. *Jurnal Kimia*. 8(2): 153-158.
- Rahman, H. and Rahman, M. M. 2015. Estimation of Limit of Detection (LoD), Limit of Quantification (LoQ) and Machine Standardization by Gas Chromatography. *Ann. Bangladesh Agric*. 19(2): 55-65.
- Ramadhan, S. A. dan Musfiroh, I. 2021. Review Artikel: Verifikasi Metode analisis Obat. *Farmaka*. 19(3): 87-92.
- Riyanto, 2016. *Validasi dan Verifikasi Metode Uji*. Yogyakarta: Deepublish CV Budi Utama.
- Rosyidah, M. 2017. Analisis Kualitas Air Sungai Ogan sebagai Sumber Air Baku Kota Palembang. *Jurna Redoks*. 2(1): 48-52.
- Sari, R. N., Hariani, P. L., and Suheryanto. 2019. Development of the Potentiometric Method for Measurement of Cu. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*. 4(3): 120-125.
- Setiawan, R., Eddy, S., dan Setiawan, A. A. 2023. Pemanfaatan Logam Tembaga dan Seng Sebagai Sel Volta dalam Media Limbah Buah-Buahan. *Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya (Jupiter)*. 5(1): 1-9.
- Sharma, P., Singh, S. P., Parakh, S. K., and Tong, Y. W. 2022. Health Hazards of Hexavalent Chromium (Cr (VI)) and its Microbial Reduction. *Bioengineered*. 13(3): 4923-4938.
- Siaka, I. M., Rozin, W. A., dan Putra, K. G. D. 2020. Spesiasi dan Bioavailabilitas Logam Berat dalam Sedimen Sungai Roomo Gresik. *Jurnal Kimia (Journal of Chemistry)*. 14(2): 153-161.
- Siaka, I. M., Safitri, D., dan Ratnayani, O. 2017. Spesiasi dan Bioavailabilitas Logam Berat Pb dan Cu pada Sedimen Laut di Kawasan Pantai Celukan Bawang Kabupaten Buleleng-Bali. *Cakra Kimia [Indonesian E-Journal of Applied Chemistry]*. 5(2): 86-93.

- Siddique, M. A. M., *et al.* 2021. Assessment of Heavy Metal Contamination in the Surficial Sediments from the Lower Meghna River Estuary, Noakhali Coast, Bangladesh. *International Journal of Sediment Research*. 36(3): 384-391.
- SNI ISO/IEC 17025. 2017. *Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian dan Laboratorium Kalibrasi*. Jakarta: Badan Standar Nasional Indonesia.
- Suheryanto., Fanani, Z., dan Meilina, L. Validasi Metode Potensiometri untuk Penentuan Logam Timbal (Pb) pada Sampel Lindi. *Prosiding PPIS 2019*, Semarang: 11 Oktober 2019. Hal. 229-234.
- Suyanta. 2013. *Potensiometri*. Yogyakarta: UNY Press.
- Syainudin, D. 2020. *Analisis Spesiasi Ion Logam Krom (III) dan Krom (VI) dalam Air Lindi TPA Sukawinatan dengan Metode Potensiometri*. Skripsi Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
- Thapar, S., Chawla, A., and Gupta, G. K. 2022. A Concise Review on Method Development and Validation Parameters. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*. 19(01): 66-77.
- Tu, Y.-J., *et al.* 2023. Seasonal Heavy Metal Speciation in Sediment and Source Tracking Via Cu Isotopic Composition in Huangpu River, Shanghai, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 260: 1-9.
- Tuslinah, L., Winarti, P., dan Zustika, D. S. 2022. Validasi Metode Analisis Logam Timbal (Pb) dalam Rumput Laut Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada: Jurnal Ilmu Ilmu Keperawatan, Analisis Kesehatan dan Farmasi*. 22(1): 23-28.
- UNODC. 2009. *Guidance for the Validation of Analytical Methodology and Calibration of Equipment used for Testing of Illicit Drugs in Seized Materials and Biological Specimens*. New York: United Nation Publication. USA.
- Waji, R. A. 2019. *Biosensor Potensiometrik untuk Analisis Ion Logam*. Ponorogo: Uwais Inspirasi Indonesia.
- Wang, J., *et al.* 2022. Speciation Analysis Method of Heavy Metals in Organic Fertilizers: A Review. *Sustainability*. 14: 1-20.
- Wardhani, D. S. dan Utami, D. P. 2020. Perhitungan Estimasi Ketidakpastian Metode Pengukuran Nitrit (N-NO₂) secara Spektrofotometri. *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur*. 18(2): 107-113.
- Wardhani, E., Notodarmojo, S., and Roosmin, D. 2017. Heavy Metal Speciation in Sediments in Saguling Lake West Java Indonesia. *International Journal of GEOMATE*. 12(34):146-151.
- Wonorahardjo, S. 2020. *Pengantar Kimia Analitik Modern*. Yogyakarta: ANDI.

Zainul, R. 2023. *Efek dari Elektrokimia Terhadap Sintesis dan Karakteristik Nanopartikel*. Yogyakarta: Deepublish CV Budi Utomo.