

LAPORAN TUGAS AKHIR

**ANALISA TIMBAL DAN KADMIUM PADA POLIMER
MENGUNAKAN *INDUCTIVELY COUPLED PLASMA
OPTICAL EMISSION SPECTROMETRY (ICP-OES)*
DI LABORATORIUM SENTRAL PT. SUCOFINDO**

**Diajukan untuk memenuhi satu syarat memperoleh gelar Ahli Madya Sains
(A.Md.Si) Analisis Kimia Program DIII Analisis Kimia**



Disusun Oleh :

**Ardian Yoga Bagus Subianto
NIM : 17231088**

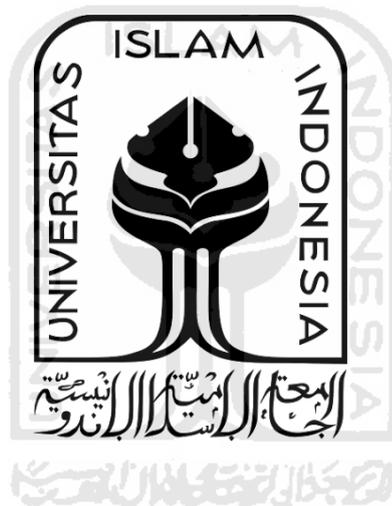
**PROGRAM STUDI DIPLOMA III ANALISIS KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2020

LAPORAN TUGAS AKHIR

**ANALISA TIMBAL DAN KADMIUM PADA POLIMER
MENGUNAKAN *INDUCTIVELY COUPLED PLASMA
OPTICAL EMISSION SPECTROMETRY (ICP-OES)*
DI LABORATORIUM SENTRAL PT. SUCOFINDO**

**ANALYSIS OF LEAD AND CADMIUM IN POLYMER USING
INDUCTIVELY COUPLED PLASMA OPTICAL EMISSION
SPECTROMETRY (ICP-OES) AT CENTRAL LABORATORY
OF PT. SUCOFINDO**



Disusun Oleh :

**Ardian Yoga Bagus Subianto
NIM : 17231088**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III ANALISIS KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2020

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**ANALISA TIMBAL DAN KADMIUM PADA POLIMER
MENGUNAKAN *INDUCTIVELY COUPLED PLASMA
OPTICAL EMISSION SPECTROMETRY (ICP-OES)*
DI LABORATORIUM SENTRAL PT. SUCOFINDO**

Dipersiapkan dan disusun oleh :

Ardian Yoga Bagus Subianto

NIM : 17231088

Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Praktek Kerja Lapangan

Program Studi D III Analisis Kimia

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia

Pada tanggal 04 September 2020

Menyetujui,

Ketua Program Studi



**Tri Esti Purbaningtias, M. Si.
NIK. 132311102**

Pembimbing



**Thorikul Huda, M. Sc.
NIK. 052316003**

HALAMAN PENGESAHAN
ANALISA TIMBAL DAN KADMIUM PADA POLIMER
MENGGUNAKAN *INDUCTIVELY COUPLED PLASMA*
OPTICAL EMISSION SPECTROMETRY (ICP-OES)
DI LABORATORIUM SENTRAL PT. SUCOFINDO

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Ardian Yoga Bagus Subianto

NIM: 17231088

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal 04 September 2020

Susunan Tim Penguji

Pembimbing/Penguji


Thorikul Huda, M. Sc.

NIK. 052316003

Penguji I


Puji Kurniawan, M. Sc.

NIK. 132311103

Penguji II


Muhaimin, M. Sc.

NIK. 156141305

Mengetahui,
Dekan Fakultas MIPA UII



Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D.

NIK. 006120101

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir ini tidak terdapat bagian yang pernah digunakan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di suatu Perguruan Tinggi dan sepengetahuan saya tidak terdapat bagian yang pernah ditulis dan diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 04 September 2020



Ardian Yoga Bagus Subianto

MOTTO

“....Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu; Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui.”

(Al Baqarah : 216)

If You Never Try, You'll Never Know



HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'aalamiin.... saya sangat bersyukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kelancaran dan kemudahan dalam penyusunan tugas akhir ini. Tanpa bantuan dan izin dari Allah SWT saya tidak dapat melakukannya...

Saya ucapkan terimakasih kepada...

Ayah, mama, adik saya dan teman-teman Analisis Kimia yang selalu memberikan dukungan, motivasi, dan semangat.

Terima kasih untuk PT. SUCOFINDO Cibitung, khususnya Laboratorium Mainan dan Tekstil yang telah memberi kesempatan saya untuk melaksanakan PKL, membimbing dan memberi ilmu selama PKL. Terimakasih kepada Bapak Thorikul Huda, M.Sc., selaku pembimbing, Kepala Prodi DIII Analisis Kimia dan Dosen DIII Analisis Kimia yang senantiasa meluangkan waktu dan pikiran agar laporan ini menjadi semakin baik. Terima kasih atas ketulusan dalam membimbing serta mengajarkan ilmu pengetahuan hingga pelajaran hidup yang mungkin tidak dapatkan diluar lingkup Analisis Kimia, semoga ilmu yang bapak dan ibu berikan selalu menjadi suatu amalan kebaikan untuk bapak dan ibu.

Semoga semua orang yang telah membantu dan menemani saya selama ini selalu diberikan kesehatan, kelancaran rezeki, dan kebahagiaan hidup dunia dan akhirat, aamiin

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis kepada Allah SWT, yang telah memberi karunia, kekuatan serta kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan pembuatan laporan Praktik Kerja Lapangan ini. Shalawat serta salam tidak lupa penulis ucapkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membebaskan kita dari zaman jahiliyah menuju jaman yang terang benderang seperti saat ini.

Laporan ini disusun dalam rangka memenuhi persyaratan untuk memperoleh derajat Ahli Madya (A.Md.Si) Analisis Kimia Program D III Analisis Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia. Dalam penyelesaian laporan ini memperoleh bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Riyanto, M. Si., Ph. D. selaku Dekan Fakultas MIPA UII.
2. Ibu Tri Esti Purbaningtias, M. Si. selaku Ketua Program Studi D III Analisis Kimia.
3. Bapak Thorikul Huda, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Praktik Kerja Lapangan.
4. Seluruh dosen dan laboran program studi D III Analisis Kimia.
5. Bapak Muhidin S.T., M.M selaku Kasubag Kimia Umum PT. SUCOFINDO (Persero) Laboratorium Cibitung.
6. Ibu Heny Fauziah S.T. selaku *chemist* Laboratorium Mainan dan Tekstil PT. SUCOFINDO SBU Laboratorium Cibitung serta sebagai Pembimbing institusi.
7. Seluruh staff Laboratorium Mainan dan Tekstil PT. SUCOFINDO (Persero) Laboratorium Sentral Cibitung.

8. Seluruh teman-teman program studi D III Analisis Kimia.

Penyusun menyadari bahwa penulisan laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan sebagai penyempurna.

Akhir kata penyusun berharap laporan ini dapat bermanfaat umumnya bagi pembaca dalam memperluas ilmu pengetahuan. Atas segala dukungannya, penyusun ucapkan terima kasih.



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN.....	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Profil PT. SUCOFINDO (Persero) SBU Laboratorium	4
2.1.1 Sejarah Singkat	4
2.1.2 Fungsi	5
2.2 Polimer	6
2.3 Logam Timbal (Pb)	7
2.4 Logam Kadmium (Cd)	8
2.5 Parameter Pengujian	8
2.5.1 Akurasi.....	8
2.5.2 Presisi.....	9
2.6 <i>Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy</i> (ICP-OES) ...	10
2.7 Estimasi Ketidakpastian Pengukuran	11
BAB III METODOLOGI.....	13
3.1 Bahan.....	13

3.2 Alat	13
3.3 Prosedur Kerja	13
3.3.1 <i>Dry Ashing Method</i>	13
3.3.2 Pembuatan Standar Logam Timbal (Pb).....	13
3.3.3 Pembuatan Standar Logam Kadmium (Cd).....	14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Penentuan Konsentrasi Logam Berat Dalam Polimer Menggunakan ICP-OES	15
4.1.1 Penentuan Logam Timbal (Pb) Menggunakan ICP-OES	16
4.1.2 Penentuan Logam Kadmium (Cd) Menggunakan ICP-OES	17
4.2 Penentuan Akurasi.....	19
4.3 Penentuan Presisi.....	19
4.4 Penentuan Estimasi Ketidakpastian.....	20
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	24
5.1 Kesimpulan.....	24
5.2 Saran	24
DAFTAR PUSTAKA	



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Pengukuran Larutan Standar Logam Timbal (Pb).....	16
Tabel 4.3 Data Intensitas dan Konsentrasi Logam Timbal (Pb)	17
Tabel 4.4 Pengukuran Larutan Standar Logam Kadmium (Cd)	17
Tabel 4.6 Data Intensitas dan Konsentrasi Logam Kadmium (Cd)	18
Tabel 4.7 Nilai Akurasi	19
Tabel 4.8 Nilai Presisi	20
Tabel 4.10 Nilai Estimasi Ketidakpastian Baku Logam Timbal (Pb)	21
Tabel 4.11 Nilai Estimasi Ketidakpastian Baku Logam Kadmium (Cd)	22
Tabel 4.12 Kontribusi Ketidakpastian Pengujian	22



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES)	10
Gambar 4.2 Kurva Kalibrasi Standar Logam Timbal (Pb)	16
Gambar 4.5 Kurva Kalibrasi Standar Logam Kadmium (Cd)	18
Gambar 4.9 Diagram Tulang Ikan	21



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pembuatan Larutan Standar	28
Lampiran 2. Penentuan Kadar Sampel	31
Lampiran 3. Penentuan Akurasi	33
Lampiran 4. Penentuan Presisi	34
Lampiran 5. Penentuan <i>Limit of Detection</i> dan <i>Limit of Quantitation</i>	35
Lampiran 6. Penentuan Estimasi Ketidakpastian	36



**ANALISA TIMBAL DAN KADMIUM PADA POLIMER
MENGUNAKAN *INDUCTIVELY COUPLED PLASMA
OPTICAL EMISSION SPECTROMETRY (ICP-OES)*
DI LABORATORIUM SENTRAL PT. SUCOFINDO**

**Ardian Yoga Bagus Subianto
17231088**

**Program Studi DIII Analisis Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang KM 14,5 Sleman, Yogyakarta 55571**

Email:

17231088@students.uii.ac.id

INTISARI

Telah dilakukan pengujian untuk menentukan timbal dan kadmium pada polimer produk elektronik agar penggunaan logam berat sesuai dengan syarat baku mutu (WEEE) 2002/96/EC tentang pembatasan kandungan berbahaya *Restriction of Hazardous Substance* (RoHS). Penentuan kadar timbal dan kadmium menggunakan *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES) di Laboratorium Sentral PT. SUCOFINDO. Metode yang digunakan adalah *International Electrotechnical Commission* menggunakan metode (IEC) 62321-5:2013. Parameter pengujian yang digunakan meliputi linieritas, akurasi, presisi dan estimasi ketidakpastian. Hasil pengujian pada pengujian kadar logam timbal (Pb) pada polimer diperoleh kadar timbal sebesar $9,10 \pm 1,141$ ppm, nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,999, Akurasi sebesar 84,59%, nilai %RPD sebesar 2,35%, dan nilai ketidakpastian sebesar 1,141 mg/kg, sedangkan pada Hasil pengujian pada pengujian kadar logam kadmium (Cd) pada polimer diperoleh kadar kadmium sebesar $0,27 \pm 5,756$ ppm, nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,999, Akurasi sebesar 88,12%, nilai %RPD sebesar 9,12%, dan nilai ketidakpastian sebesar 5,756 mg/kg.

Kata Kunci: Polimer, Timbal, Kadmium, ICP-OES



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Polimer merupakan molekul besar (makromolekul) yang terdiri atas susunan unit kimia berulang yang kecil, sederhana, dan terikat oleh ikatan kovalen. Unit berulang ini biasanya setara atau hampir setara dengan monomer yaitu bahan awal dari polimer.

Polimer menjadi salah satu bahan baku yang paling favorit digunakan untuk industri produk elektronik. Ada beberapa alasan mengapa industri memilih bahan baku ini. Diantaranya adalah faktor efisiensi dan mudah dalam hal produksi. Polimer sangat potensial untuk dikembangkan, dikarenakan sifat yang ringan, lentur, tahan korosi dan dimensinya stabil karena memiliki berat molekul besar.

Polimer merupakan bahan baku yang sensitif terhadap suhu, ketika suhu alat produksi mencapai dibawah titik leleh, polimer yang dibuat menjadi tidak sempurna (Putu, 2020). Jika suhu mesin produksi melebihi titik leleh maka bahan baku tersebut akan menjadi abu dan tidak dapat diproduksi lagi. Dengan sifat tersebut, polimer tidak dapat diproduksi secara langsung tanpa adanya bantuan bahan aditif. Bahan aditif yang digunakan yaitu timbal dan kadmium.

Timbal dan kadmium merupakan unsur logam berat yang berperan menjaga kestabilan material dalam menahan suhu tinggi dalam proses produksi dan akan menguap saat produksi sudah selesai, sehingga ada kemungkinan produk polimer mengandung logam berat yang berlebihan.

Apabila produk elektronik mengandung logam berat berlebihan dari syarat baku mutu dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan seperti pencemaran air, menjadikan air tidak layak untuk dikonsumsi, apabila dikonsumsi dapat berakibat fatal yang dapat mengakibatkan terganggunya berbagai fungsi organ tubuh sehingga dapat menyebabkan penyakit. Seperti, kerusakan sistem syaraf, kerusakan paru-paru, kerusakan ginjal, gangguan pencernaan,

gangguan peredaran darah, hingga penyakit kanker.

Oleh karena itu, perlu adanya pengujian logam timbal dan kadmium menggunakan metode (IEC) 62321-5:2013 untuk memastikan kadar logam berat pada produk elektronik sesuai dengan syarat baku mutu *Waste Electrical dan Electronic Equipment (WEEE) 2002/96/EC* tentang pembatasan kandungan berbahaya *Restriction of Hazardous Substance (RoHS)* dan pengujian CRM (*certificate reference material*) sebagai pengendalian mutu analisa untuk memenuhi regulasi penggunaan logam berat agar tidak mengakibatkan dampak negatif terhadap lingkungan dan manusia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat dirumuskan susunan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil analisa kadar timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dalam polimer menggunakan ICP-OES ?
2. Bagaimana pengendalian mutu pengujian kadar timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dalam polimer berdasarkan parameter ketelitian (presisi), kecermatan (akurasi) dan estimasi ketidakpastian?

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui kadar timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dalam polimer
2. Untuk mengetahui ketepatan metode uji yang digunakan dalam penentuan menentukan kadar timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dalam polimer dengan memenuhi syarat keberterimaan parameter pengujian yang meliputi ketelitian (presisi), kecermatan (akurasi) dan estimasi ketidakpastian.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari Praktik Kerja Lapangan ini adalah :

1. Bagi Mahasiswa (peneliti)
 - a. Mengetahui pengujian rutin baik secara teori maupun praktik yang berkaitan dengan bidang pengujian mainan dan tekstil di Laboratorium Sentral PT. SUCOFINDO (Persero).
 - b. Menambah wawasan ilmu pengetahuan terkait pengujian logam

dan pengujian lain terkait di bidang mainan dan tekstil serta pembuatan dokumen hasil pengujian.

c. Mengetahui gambaran terkait dunia kerja bagi profesi analisis kimia.

2. Bagi Instansi

a. Sebagai sarana edukasi melalui kegiatan diskusi dalam teori maupun praktik terkait pengujian logam dalam polimer sebagai bahan baku.

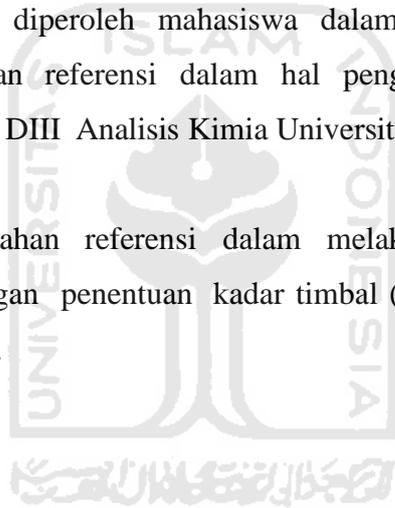
b. Sebagai bahan evaluasi dan pengembangan terkait metode analisis logam dalam polimer.

3. Bagi Program Studi DIII Analisis Kimia Universitas Islam Indonesia

Hasil yang diperoleh mahasiswa dalam praktik kerja lapangan dapat dijadikan referensi dalam hal pengembangan edukasi di Program Studi DIII Analisis Kimia Universitas Islam Indonesia.

4. Bagi Pembaca

Sebagai bahan referensi dalam melakukan penelitian yang berkaitan dengan penentuan kadar timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dalam polimer.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Profil PT. SUCOFINDO (Persero) SBU Laboratorium

2.1.1. Sejarah Singkat PT. SUCOFINDO (Persero) SBU Laboratorium

PT. SUCOFINDO (Persero) yang didirikan pada tanggal 22 Oktober 1956 oleh Republik Indonesia bersama dengan *Societe Generale de Surveillance Holding SA (SGS)* merupakan perusahaan inspeksi terbesar di dunia yang berpusat di Jenewa, Swiss. PT.SUCOFINDO merupakan perusahaan inspeksi pertama yang kemudian menjadi perusahaan inspeksi terbesar di Indonesia sampai saat ini. Keberadaan PT.SUCOFINDO diawali sebagai Lembaga Penyelenggara Perusahaan Industri (LPPI). Pada tahun, 1956 lembaga ini ditransformasi oleh pemerintah menjadi perusahaan *joint venture* bekerja sama dengan SGS, Jenewa- Swiss dengan komposisi saham masing-masing sebesar 50%. Dalam perjalanan bisnis PT.SUCOFINDO, komposisi tersebut berubah menjadi 5% SGS dan 95% Republik Indonesia. Bisnis PT.SUCOFINDO bermula dari menyediakan jasa pemeriksaan dan pengawasan di bidang perdagangan terutama komoditas pertanian serta membantu pemerintah dalam menjamin kelancaran arus barang dan pengamanan devisa negara dalam perdagangan ekspor-impor.

Seiring dengan perkembangan kebutuhan dunia usaha, PT.SUCOFINDO menawarkan jasa-jasa terkait lainnya, di antaranya *warehousing and forwarding, industrial and marine engineering, fumigation and industrial hygiene*, dan laboratorium analisis. Kini, lebih dari 40 laboratorium analisis sudah tersebar di seluruh Indonesia. PT.SUCOFINDO memiliki kemampuan yang luas untuk melakukan berbagai analisis mekanis, elektrik, pengujian, dan kimia serta mikrobiologi sesuai dengan standar dan persyaratan yang ditetapkan.

Laboratorium Sentral PT.SUCOFINDO merupakan salah satu laboratorium terbesar di Indonesia dengan fasilitas terlengkap yang mampu menangani berbagai pengujian yang berkaitan dengan mutu dalam

hubungannya dengan keselamatan, keandalan dan kinerja produk atau kualitas material. Laboratorium Sentral PT.SUCOFINDO berdiri sejak 1972 dan berlokasi di Cibitung sejak 1997. Laboratorium ini didukung oleh sumber daya manusia yang terlatih, peralatan yang mutakhir, jaringan yang luas serta akreditasi yang sudah diraih dengan selalu menerapkan sistem mutu ISO/IEC 17025 dan SMK3 dengan baik.

2.1.2 Fungsi PT. SUCOFINDO (Persero) SBU Laboratorium

Adapun fungsi PT.SUCOFINDO (Persero) SBU Laboratorium di antaranya:

1. Pengujian dan Analisis

PT.SUCOFINDO (Persero) memiliki sarana pengujian dan analisis yang lengkap untuk memastikan aspek mutu dan keamanan produk. Kapabilitas laboratorium PT.SUCOFINDO (Persero) meliputi pengujian kimia, mikrobiologi, kalibrasi, elektrikal dan elektronika, keteknikan dan pengujian mineral dan pemrosesan mineral.

2. Sertifikasi

PT.SUCOFINDO (Persero) memiliki kapabilitas untuk pengujian dalam rangka sertifikasi produk meliputi sertifikasi produk mainan, listrik dan elektronik, pupuk dan produk kimia, makanan dan minuman, baja serta komoditas pertanian.

3. Pelatihan

PT.SUCOFINDO (Persero) menyediakan pelatihan Peningkatan Pengetahuan dan pelatihan Kecakapan Teknis, dimana kurikulumnya disusun secara khusus dan spesifik untuk memenuhi kebutuhan industri dan bisnis. Pelatihan Peningkatan Pengetahuan membagikan pengetahuan dan pengalaman dalam berbagai aspek bisnis, seperti sistem manajemen mutu, keselamatan dan kesehatan kerja, HACCP, dan manajemen pengamanan. Jasa pelatihan teknis mempersiapkan personil-personil untuk segala kegiatan teknis, seperti pelatihan tanggap darurat dan pengoperasian alat-alat berat. Kurikulum PT.SUCOFINDO (Persero) yang superior didukung dengan fasilitas pelatihan yang diperlukan untuk menjamin manfaat yang sebesar-besarnya keikutsertaan setiap peserta

pelatihan. Beberapa contoh layanan pelatihan yaitu: pelatihan penanganan pengapalan produk mineral dan batubara, pelatihan keselamatan kerja dan kesehatan kerja (K3), serta yang lain sebagainya.

4. Inspeksi dan audit

PT.SUCOFINDO (Persero) menyediakan jasa pemeriksaan kuantitas dan kualitas produk/komoditas pertanian, kehutanan, kelautan dan perikanan, serta lingkungan. Secara umum, berbagai layanan tersebut ditujukan untuk melindungi kepentingan pihak-pihak terkait atau untuk memastikan kepatuhan terhadap standar teknis untuk produk/komoditas perdagangan. PT.SUCOFINDO (Persero) juga menyediakan layanan audit untuk memastikan kapasitas dan kemampuan calon pemasok.

5. Konsultasi

Dinamika bisnis saat ini mengharuskan PT.SUCOFINDO (Persero) untuk meningkatkan peran dalam menyumbang kompetensi dan pengalaman dalam bentuk layanan konsultasi sistem manajemen, analisis dampak lingkungan, sistem informasi, kandungan produk lokal, pengembangan wilayah, infrastruktur dan penggunaan lahan. Interaksi yang luas dengan pelaku berbagai ini memungkinkan PT.SUCOFINDO (Persero) untuk berbagi pengalaman dengan dukungan para pakar yang dimiliki.

2.2 Polimer

Polimer ialah senyawa molekul besar berbentuk rantai atau jaringan yang tersusun dari campuran ribuan sampai jutaan unit pembangun yang berulang. Plastik pembungkus, botol plastik, styrofoam, nilon, dan pipa paralon tergolong material yang dinamakan polimer (Putu, 2020).

Polimer yakni makromolekul yang terdiri atas tidak sedikit kelas material alami dan sintetik dengan sifat-sifat yang paling beragam. Perbedaan kedua material itu terletak pada gampang tidaknya suatu polimer didegradasi atau dibongkar oleh mikroba. Biasanya, polimer bahan sintetik bakal lebih susah diuraikan oleh mikroorganisme dibandingkan dengan polimer bahan alami.

Sifat-sifat Polimer Secara Umum:

1. Sifat termal

Polimer sebagai isolator memiliki sifat termal yang baik walaupun polimer bukanlah konduktor. Bila ditinjau dari jenisnya, polimer yang dipanaskan terdapat yang menjadi empuk namun terdapat pula yang menjadi keras. Perubahan ini urgen untuk bahan komponen tertentu.

2. Sifat kelenturan

Karena sifatnya lentur, polimer mudah diubah menjadi produk yang diinginkan. Tapi, polimer alam lebih untuk diubah sesuai keinginan dikomparasikan dengan polimer sintetis.

3. Sifat ketahanan terhadap mikroorganisme

Sifat keawetan terhadap mikroorganisme ini sering kali dipunyai oleh polimer sintetis. Sedangkan polimer alam laksana sutra, wol, dan polimer alam lainnya tidak tahan terhadap mikroorganisme.

2.3 Timbal (Pb)

Timbal atau timah hitam dalam bahasa ilmiahnya adalah Plumbum (Pb) (Nazmi, 2011). Nomor atom 82, bobot atom 207,2 g/mol. Kadar Pb dalam kerak bumi adalah 15 mg/kg (Nazmi, 2011). Sumber utama Pb adalah PbS (galena), PbCO₃ (cerussite) dan PbSO₄ (anglesite) dan galena merupakan sumber utama Pb yang berasal dari tambang (Nazmi, 2011). Pb²⁺ diperairan bersifat stabil dan lebih mendominasi dibandingkan dengan Pb⁴⁺ (GESAMP, 1985 dalam Apriadi, 2005). Keracunan Pb dapat mempengaruhi sistem syaraf dan IQ, pertumbuhan anak, kerusakan ginjal. Gejala sebelum kematian diawali dengan sakit kepala, gelisah, lemas, mudah tersinggung (Palar, 1994).

Timbal saat ini telah ditinggalkan karena sifat racunnya. Berdasarkan sifat toksik dari Pb memberikan efek klinis, seperti :

1. Memperpendek umur sel darah merah.
2. Pada saraf mengakibatkan epilepsi, halusinasi, delirium (gangguan mental yang ditandai oleh halusinasi), dan kerusakan otak besar.
3. Gagal ginjal, menyebabkan rusaknya ginjal dan urinaria.
4. Terjadi penurunan sistem reproduksi.
5. Khususnya pada anak, terjadi ketidak normalan fungsi jantung.

6. Menyebabkan kurangnya iodium pada sistim endokrin (hormon)

2.4 Kadmium (Cd)

Logam kadmium merupakan logam yang bernomor atom 48 dan massa atom 112,41. Logam ini memiliki titik lebur $321,07^{\circ}\text{C}$ dan titik didih 767°C . Sebuah logam bivalen yang lunak, dapat ditempa, elastis, dan berwarna putih kebiruan. Tidak seperti kebanyakan logam lainnya, kadmium tahan terhadap korosi, oleh karena itu digunakan sebagai lapisan pelindung ketika diendapkan pada logam lain. Dalam bentuk logam curah, kadmium bersifat tak larut dalam air dan tidak mudah terbakar. Namun, dalam bentuk serbuknya, Cd dapat terbakar dan melepaskan asap beracun.

Kadmium di perairan alami membentuk ikatan kompleks dengan ligan organik atau anorganik, yaitu Cd^{2+} , $\text{Cd}(\text{OH})_2$, CdCl_2 , CdSO_4 , CdCO_3 dan Cd organik (Sanusi, 2006 dalam Afriansyah, 2009). Kadmium digunakan untuk elektrolisis, bahan pigmen untuk industri cat, enamel dan plastik. Keracunan kronis yang disebabkan kadmium (Cd) adalah kerusakan sistem fisiologis tubuh seperti pada pernapasan, sirkulasi darah, penciuman, serta merusak kelenjar reproduksi, ginjal, jantung dan kerapuhan tulang (Palar, 2008).

2.5 Parameter Pengujian

2.5.1 Akurasi

Akurasi adalah ukuran yang menyatakan kedekatan hasil pengujian atau pengukuran terhadap nilai yang sebenarnya. Akurasi diukur sebagai banyaknya analit yang diperoleh kembali pada suatu pengukuran dengan cara memperkaya sampel menggunakan larutan baku dengan kadar tertentu (*spiking*) yang kemudian dinyatakan dalam presentase sebagai persen perolehan kembali (*%Recovery*). Selain itu dapat pula ditentukan dengan membandingkan hasil pengukuran dengan bahan rujukan standar (Gandjar dan Rohman, 2007:465).

Persen perolehan kembali dinyatakan sebagai rasio antara hasil yang diperoleh dengan hasil sebenarnya. Kriteria akurasi sangat tergantung pada konsentrasi analit dalam matriks sampel dan presisi metode (Harmita, 2004:118).

Harmita menjelaskan bahwa persen perolehan kembali dapat diketahui dengan rumus :

$$\% \text{Perolehan kembali} = \frac{\text{Konsentrasi terukur}}{\text{Konsentrasi sebenarnya}} \times 100\%$$

2.5.2 Presisi

Presisi atau keseksamaan adalah ukuran yang menunjukkan derajat kesesuaian antara hasil uji individual yang diukur melalui penyebaran hasil individual dari rata-rata hasil uji. Presisi diukur sebagai simpangan baku atau simpangan baku relatif. Presis dapat dinyatakan dalam tiga kategori yaitu :

1. Keterulangan (*Repeatability*)

Keterulangan merupakan presisi yang diperoleh dari hasil pengulangan secara berulang oleh analis yang sama kondisi yang sama serta dalam interval waktu yang singkat.

2. Presisi Antara (*Intermediate Precision*)

Presisi antara adalah persisi yang diperoleh dengan cara melakukan pengulangan pemeriksaan dengan alat, waktu dan analis yang berbeda tetapi dalam laboratorium yang sama.

3. Ketertiruan (*Reproducibility*)

Ketertiruan merupakan presisi yang diperoleh dari pengulangan dengan metode, namun dilakukan oleh analis, peralatan, waktu dan laboratorium yang berbeda (Riyanto,2014).

Batas keberterimaan nilai presisi yang diterima apabila nilai *relative percent different* (%RPD) hasil pengujian $< 0,5 \text{ CV Horwitz}$ untuk pengulangan pengujian dalam kondisi *repeatabilitas*. Presisi dirumuskan sebagai berikut :

$$\%RPD = \frac{|X1 - X2|}{\bar{x}} \times 100\%$$

$$0,5 \times \%CV \text{ Horwitz} = 2^{1-0,5 \log C}$$

Keterangan :

X1 = hasil pengujian pertama (simplo)

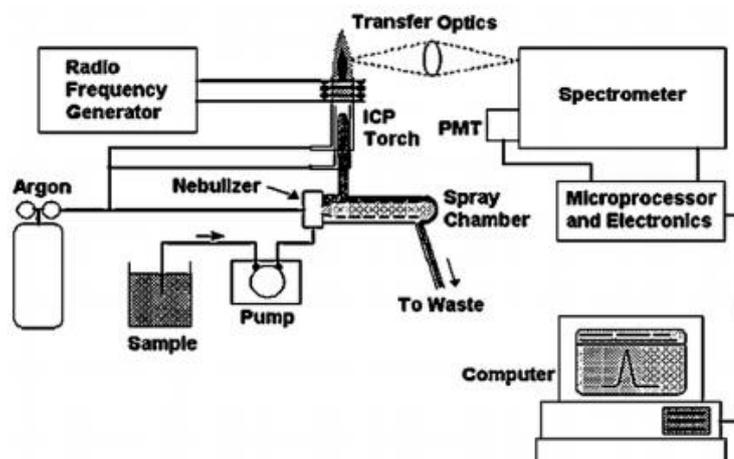
X2 = hasil pengujian kedua (duplo)

\bar{X} = kadar sampel rata-rata

C = konsentrasi analit

2.6 *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES)*

Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES) merupakan suatu alat analisa kimia dengan menggunakan metode proses atomisasi dengan plasma yang dihasilkan menggunakan gas inert seperti argon. ICP-OES dapat menganalisa 70 unsur dengan konsentrasi dibawah 1 mg/L dimana alat ini dapat menganalisa secara kualitatif dan kuantitatif. Keuntungan metode *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES)* adalah dapat melakukan analisis multielemen dan cukup cepat (Aden et al., 2016). 10 Prinsip kerja ICP-OES, yaitu sampel logam diubah menjadi bentuk aerosol oleh gas argon pada nebulizer, pada temperatur plasma. Sampel-sampel akan tereksitasi dan akan kembali ke keadaan awal (*ground state*) sambil memancarkan sinyal radiasi yang akan terdispersi dan diubah menjadi sinyal listrik. Sinyal listrik tersebut besarnya sebanding dengan sinar yang dipancarkan oleh besarnya konsentrasi unsur.



Gambar 2.1 Skema Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES) (Jovita, 2018)

Sampel yang akan diukur kadar logamnya dengan ICP-OES dapat dilihat pada Gambar 2.1, dimana sampel diubah menjadi aerosol oleh gas argon, lalu diteruskan ke plasma. Plasma ini bermuatan listrik netral yang dapat dijadikan sebagai medan magnet yang menentukan pola aliran gas mengikuti pola yang simetris. Temperatur plasma cukup tinggi yaitu 1000 K sehingga mengakibatkan aerosol menguap dengan cepat. Tumbukan eksitasi lebih lanjut dalam plasma memberikan energi tambahan pada atom yang menyebabkan atom dalam keadaan tereksitasi. Ion yang melewati emisi dari foton akan membentuk energi foton sehingga energi kuantitas ditentukan untuk atom atau ion, sehingga panjang gelombang dari foton digunakan untuk mengidentifikasi keadaan awal dimana jumlah foton akan berbanding lurus dengan konsentrasi unsur yang didapat dari sampel. Foton yang diemisikan melalui ICP akan difokuskan dengan menggunakan optik pemfokus yang memberi jalur untuk satu arah seperti monokromator sehingga panjang gelombang ini akan melewati spektrometer dan diubah menjadi sinyal listrik oleh fotodetektor, intensitas cahaya pada panjang gelombang diukur dan dengan kalibrasi dihitungkan menjadi konsentrasi. Sinyal kemudian diperkuat dan dibaca lalu disimpan oleh komputer (Pratiwi, 2018).

2.7 Estimasi Ketidakpastian Pengukuran

Ketidakpastian pengukuran dalam dokumen standar ISO/IEC 17025:2005 menjadi salah satu persyaratan umum kompetensi untuk laboratorium pengujian dan laboratorium kalibrasi. Hal tersebut diatur agar setiap laboratorium dapat menerapkan prosedur untuk mengestimasi ketidakpastian dalam pengujian. Ketidakpastian merupakan parameter yang menunjukkan rentang nilai yang diperkirakan nilai benarnya atau nilai yang diukur (Tuning dan Supriyanto, 2010).

Metode untuk menentukan ketidakpastian pengukuran terbagi menjadi dua kelas generik yaitu tipe A dan tipe B. Tipe A menghasilkan ketidakpastian yang ditentukan secara statistik berdasarkan distribusi normal sedangkan tipe B menghasilkan ketidakpastian yang ditentukan

dengan cara lain (Riyanto, 2014).

Ketidakpastian baku pada tipe A ditentukan melalui persamaan :

$$\mu = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

keterangan :

μ = ketidakpastian

s = simpangan baku

n = jumlah pengukuran

Ketidakpastian untuk tipe B menyesuaikan dengan distribusi probabilitas. Untuk distribusi normal dengan tingkat kepercayaan 95% maka akar n bernilai 2 dan apabila distribusi normal dengan tingkat kepercayaan 99% maka akar n bernilai 3. Adapun distribusi untuk *rectangular* dan *triangular* sebagai berikut :

$$\text{Distribusi } \textit{rectangular} = \frac{s}{\sqrt{3}}$$

$$\text{Distribusi } \textit{triangular} = \frac{s}{\sqrt{6}}$$

Simpangan baku yang diperoleh kemudian dapat dihitung untuk menentukan ketidakpastian gabungan (μ_G) dan ketidakpastian diperluas (U) dengan persamaan berikut :

$$\mu_G = \sqrt{(\mu a)^2 + (\mu b)^2 + (\mu c)^2 + (\mu n)^2} \dots\dots\dots (1)$$

$$\mu = \frac{\mu_G}{c} = \sqrt{\left(\frac{\mu a}{a}\right)^2 + \left(\frac{\mu b}{b}\right)^2 + \left(\frac{\mu c}{c}\right)^2 + \left(\frac{\mu n}{n}\right)^2} \dots\dots\dots (2)$$

$$\mu = \mu_X P_b \times k \dots\dots\dots (3)$$

BAB III

METODOLOGI

3.1. Bahan

Bahan – bahan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain adalah sampel polimer, larutan HNO₃ p.a (J.T.Baker), CRM logam Pb (ERM), CRM logam Cd (ERM), Aquabidest, dan kertas saring.

3.2. Alat

Alat yang digunakan dalam pengujian ini antara lain adalah timbangan analitik (Mettler Toledo), cawan porselen, kaki tiga, kawat kasa, bunsen, tanur (Nabertherm GmbH), pipet ukur 5 ml, *hotplate*, corong gelas, dan labu ukur 50 ml.

3.3. Prosedur Kerja

3.3.1. Dry Ashing Method

Sampel yang digunakan yaitu polimer dalam produk elektronik. Sampel ditimbang $\pm 0,2$ g dalam cawan porselen. Sampel dipanaskan menggunakan bunsen. Cawan porselen diangkat apabila sampel sudah hangus. Sampel dimasukkan ke dalam tanur bersuhu $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$. Sampel dikeluarkan dari tanur ketika sudah menjadi abu. Sampel didinginkan hingga suhu ruang. Sampel yang sudah dingin kemudian ditambahkan 5 mL HNO₃ p.a. Sampel dipanaskan menggunakan *hotplate* selama 30 menit. Sampel dipindahkan dan disaring ke dalam labu ukur 50 mL. Labu ukur yang sudah terisi sampel ditambahkan dengan *aquabidest* hingga tanda batas. Larutan sampel polimer dibaca menggunakan ICP-OES.

3.3.2. Pembuatan Standar Logam Timbal (Pb)

Standar yang digunakan adalah standar induk logam Pb 1000 ppm. Standar induk Pb 1000 ppm dipipet 10 ml ke dalam labu takar 100 mL. Labu takar yang sudah terisi standar induk Pb ditambahkan dengan HCl 20% sampai tanda batas tera, sehingga menjadi larutan standar Pb 100 ppm. Larutan standar Pb 100 ppm diencerkan dalam deret standar 0,02; 0,05; 0,1; 0,2 ; dan 0,5 dalam labu takar 100 mL. Deret standar yang terisi Larutan standar Pb

100 ppm ditambahkan HNO_3 10% sampai tanda batas tera.

3.3.3. Pembuatan Standar Logam Kadmium (Cd)

Standar yang digunakan adalah standar induk logam Cd 1000 ppm. Standar induk Pb 1000 ppm dipipet 10 ml ke dalam labu takar 100 mL. Labu takar yang sudah terisi standar induk Cd ditambahkan dengan HCl 20% sampai tanda batas tera, sehingga menjadi larutan standar Cd 100 ppm. Larutan standar Cd 100 ppm diencerkan dalam deret standar 0,01; 0,02; 0,05; 0,1 ; dan 0,2 dalam labu takar 100 mL. Deret standar yang terisi Larutan standar Cd 100 ppm ditambahkan HNO_3 10% sampai tanda batas tera.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Konsentrasi Logam Berat Dalam Polimer Menggunakan ICP-OES

Penentuan logam berat pada polimer menggunakan ICP-OES menggunakan metode kurva kalibrasi. Kalibrasi adalah kesesuaian antara tinggi intensitas dengan kandungan unsur dalam bahan yang dilakukan dengan pengukuran kesetaraan bahan yang dianalisa dengan bahan standar. Kalibrasi dilakukan dengan membuat kurva hubungan antara konsentrasi dan intensitas bahan standar, kemudian ditentukan daerah linear untuk memberikan batas pengukuran (Kriswani, dkk., 2013). Rentang konsentrasi yang digunakan untuk uji linearitas adalah 0-200% dari target konsentrasi pada sampel, dan minimal menggunakan 5 titik konsentrasi dari rentang konsentrasi tersebut (Harmita, 2006)

Larutan kurva kalibrasi logam timbal (Pb) dibuat dari larutan induk logam campuran 1000 ppm, dengan mengambil 10 mL dan diencerkan menjadi 10 ppm. Kurva kalibrasi untuk logam timbal (Pb) menggunakan larutan standar Pb pada rentang konsentrasi 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; dan 0,5 ppm. Larutan induk Pb 1 ppm diambil sebanyak 0,2; 0,5; 1; 2; dan 5 mL, kemudian ditambahkan larutan HNO₃ 10% sampai tanda batas labu ukur 100 mL. Larutan kurva kalibrasi logam kadmium (Cd) dibuat dari larutan induk logam campuran 1000 ppm, dengan mengambil 10 mL dan diencerkan menjadi 10 ppm. Kurva kalibrasi untuk logam kadmium (Cd) menggunakan larutan standar Cd pada rentang konsentrasi 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; dan 0,2 ppm. Larutan induk Pb 10 ppm diambil sebanyak 0,1; 0,2; 0,5; 1; dan 2 mL, kemudian ditambahkan larutan HNO₃ 10% sampai tanda batas labu ukur 100 mL. Larutan standar yang telah dibuat dapat dianalisa menggunakan ICP-OES bersama dengan sampel polimer.

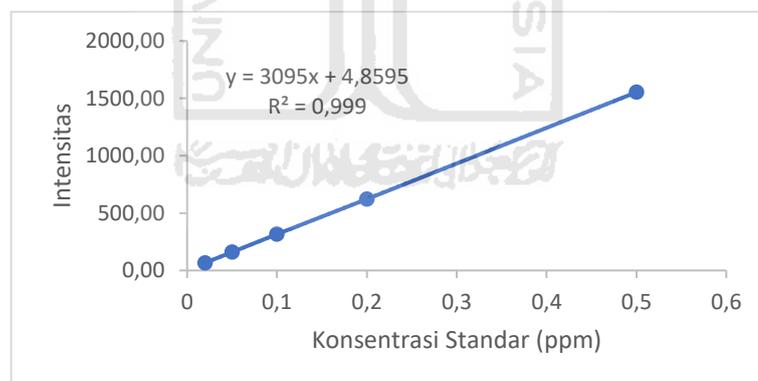
4.1.1 Penentuan Logam Timbal (Pb) Menggunakan ICP-OES

Hasil pengukuran larutan standar logam timbal (Pb) dengan menggunakan ICP-OES dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Pengukuran Larutan Standar Logam Timbal (Pb)

Konsentrasi Standar (ppm)	Intensitas
0,02	66,73
0,05	159,54
0,1	315,4
0,2	622,63
0,5	1552,66

Tabel 4.1 menunjukkan nilai intensitas dari larutan standar timbal (Pb) yang kemudian dapat ditentukan kurva kalibrasinya yang dapat dilihat pada Gambar 4.2. Berdasarkan kurva standar tersebut diperoleh persamaan regresi linier. Dimana y sebagai intensitas dan x sebagai konsentrasi.



Gambar 4.2 Kurva Kalibrasi Standar Logam Timbal (Pb)

Gambar 4.2, didapatkan persamaan garis logam timbal (Pb) yaitu $y = 3095x + 4,8595$, dengan koefisien korelasi (R) 0,999. Batas keberterimaan untuk linearitas ditunjukkan oleh nilai (R) 0,995 (Riyanto,2014). yang menunjukkan bahwa hubungan antara variabel sangat kuat. Nilai slope yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin besar nilainya akan semakin sensitif metode yang digunakan sedangkan nilai intersep yang terdapat pada

persamaan regresi linier menunjukkan bahwa semakin kecil atau semakin nilainya mendekati nol maka interferensi dari faktor lain akan semakin kecil.

Pengukuran sampel dilakukan secara duplo menggunakan ICP-OES untuk mendapatkan intensitas sampel dan disubstitusikan ke dalam persamaan garis lurus, sehingga didapatkan nilai logam timbal terukur. Diperoleh hasil pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Intensitas dan Konsentrasi Logam Timbal (Pb) Pada Sampel

No. Sampel	Intensitas	Konsentrasi (ppm)
1A	131,62	8,57
1B	149,59	9,62

Berdasarkan regulasi *Waste Electrical dan Electronic Equipment (WEEE)* 2002/96/EC tentang pembatasan kandungan berbahaya *Restriction of Hazardous Substance (RoHS)* yang dikeluarkan oleh European Committee. Kandungan timbal (Pb) maksimal yang diperbolehkan adalah 1000 ppm, sehingga hasil kandungan logam timbal (Pb) dalam sampel polimer dikatakan baik, karena berada di bawah syarat mutu.

4.1.2 Penentuan Logam Kadmium (Cd) Menggunakan ICP-OES

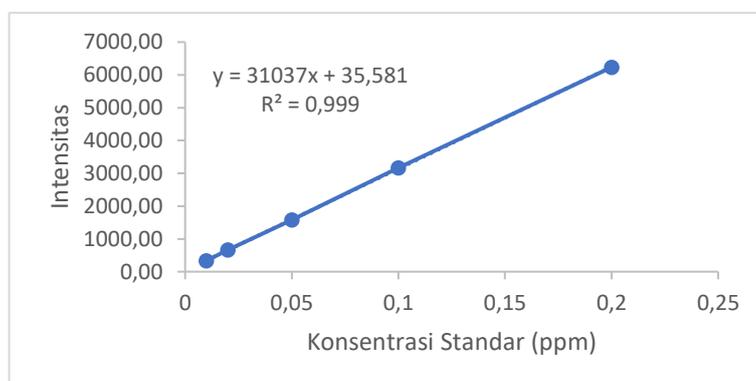
Hasil pengukuran larutan standar logam Kadmium (Cd) dengan menggunakan ICP-OES dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Pengukuran Larutan Standar Logam Kadmium (Cd)

Konsentrasi Standar (ppm)	Intensitas
0,01	333,52
0,02	663,77
0,05	1578,79
0,1	3162,56
0,2	6233,50

Tabel 4.4 menunjukkan nilai intensitas dari larutan standar kadmium (Cd) yang kemudian dapat ditentukan kurva kalibrasinya yang dapat dilihat pada

Gambar 4.4 dan 4.5. Berdasarkan kurva standar tersebut diperoleh persamaan regresi linier. Dimana y sebagai intensitas dan x sebagai konsentrasi.



Gambar 4.5 Kurva Kalibrasi Standar Logam Kadmium (Cd)

Berdasarkan Gambar 4.2 diperoleh persamaan regresi yaitu $y = 31037x + 35,581$, dengan koefisien korelasi (R) 0,999. Batas keberterimaan untuk linearitas ditunjukkan oleh nilai (R) 0,995 (Riyanto,2014). agar suatu pengujian dapat dikatakan valid.

Pengukuran sampel dilakukan secara duplo menggunakan ICP-OES untuk mendapatkan intensitas sampel dan disubstitusikan ke dalam persamaan garis lurus, sehingga didapatkan nilai logam kadmium terukur. Diperoleh hasil pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data Intensitas dan Konsentrasi Logam Kadmium (Cd) Pada Sampel

No. Sampel	Intensitas	Konsentrasi (ppm)
1A	122,96	0,67
1B	19,48	-0,13

Berdasarkan hasil analisa kadar kadmium (Cd) dalam sampel polimer yang ditunjukkan pada Tabel 4.6 bahwa konsentrasi kadmium menunjukkan sampel polimer memenuhi syarat mutu regulasi *Waste Electrical dan Electronic Equipment (WEEE) 2002/96/EC* tentang pembatasan kandungan berbahaya *Restriction of Hazardous Substance (RoHS)* yang dikeluarkan oleh European

Committee. Kandungan kadmium (Cd) maksimal yang diperbolehkan adalah 100 ppm.

4.2 Penentuan Akurasi

Akurasi adalah suatu kedekatan kesesuaian antara hasil suatu pengukuran dan nilai benar dari kuantitas yang diukur atau suatu pengukuran posisi yaitu seberapa dekat pengukuran terhadap nilai benar, yang diperkirakan. Nilai replika analisis semakin dekat dengan sampel yang sebenarnya maka semakin akurat metode tersebut.

Dalam pengujian ini, untuk menentukan akurasi suatu metode dengan pengujian menggunakan bahan acuan bersertifikat *certificate reference material* (CRM). Nilai % *Recovery* didapatkan dari perbandingan antara konsentrasi spike dengan konsentrasi bahan acuan bersertifikat (CRM), hasilnya dalam perseratus bagian (%). Didapatkan % *Recovery* ditujukan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Nilai Akurasi

Keterangan	% <i>Recovery</i>
Logam Timbal (Pb)	84,59%
Logam Kadmium (Cd)	88,12%

Syarat dari keberterimaan % *Recovery* berdasarkan metode (IEC) 62321-5:2013 berada antara 80% - 120 %. Tabel 4.7 menunjukkan bahwa hasil uji yang diperoleh baik, karena hasil % *Recovery* Kedua hasil tersebut berada dalam kisaran syarat keberterimaan, oleh karena itu akurasi metode untuk pengujian kedua logam tersebut memenuhi syarat.

4.3 Penentuan Presisi

Presisi merupakan kedekatan nilai dalam serangkaian pengukuran satu dengan yang lain (Riyanto, 2014). Presisi dapat dinyatakan dengan berbagai cara antara lain dengan simpangan baku, simpangan rata-rata atau kisaran yang merupakan selisih hasil pengukuran yang terbesar dan terkecil. Semakin kecil %RPD yang dihasilkan maka semakin tinggi tingkat ketelitiannya. Hasil penentuan presisi dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Nilai Presisi

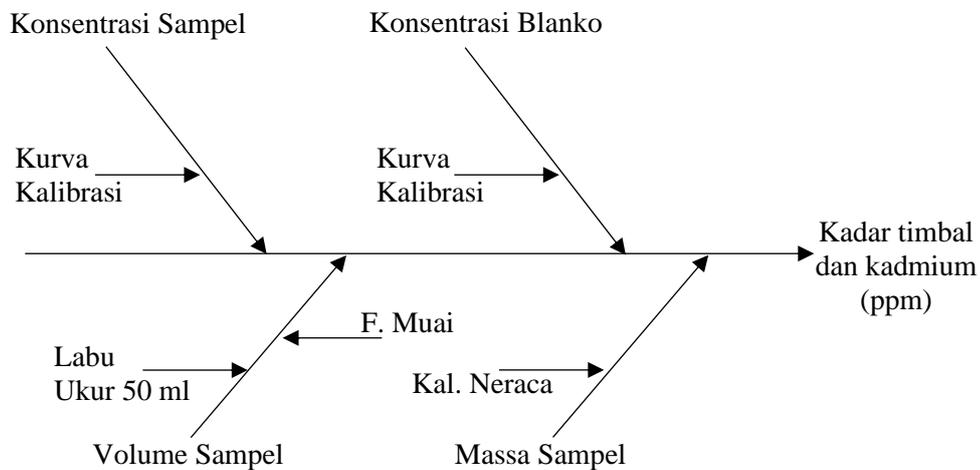
Keterangan	%RPD
Logam Timbal (Pb)	2,35%
Logam Kadmium (Cd)	9,12%

Keberterimaan %RPD berdasarkan metode (IEC) 62321-5:2013 nilai %RPD < 20%. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa hasil pengulangan yang dilakukan memberikan presisi yang baik karena hasil presisi < 20%. maka hasil tersebut berada dalam kisaran syarat keberterimaan.

4.4 Penentuan Estimasi Ketidakpastian

Ketidakpastian pengukuran merupakan tingkat kesalahan yang tidak diketahu yang tersisa dalam pengukuran (Riyanto, 2014). Tahapan dalam menentukan nilai ketidakpastian pengukuran terdiri atas ketidakpastian baku, ketidakpastian gabungan dan ketidakpastian diperluas dengan tingkat kepercayaan tertentu. Nilai ketidakpastian ditentukan untuk mengetahui nilai keberterimaan yang masih dapat memenuhi persyaratan dengan selang tertentu berdasarkan hasil perhitungan. Tidak ada parameter keberterimaan dari nilai ketidakpastian yang dihasilkan, namun berdasarkan nilai tersebut dapat memberikan perkiraan penyumbang terbesar dalam suatu analisis. Nilai ketidakpastian semakin baik apabila semakin kecil karena semakin kecil nilainya maka semakin kecil pula faktor kesalahan dalam suatu analisis dan hasil analisis yang dilakukan dapat dikatakan sesuai dengan kadar sebenarnya tanpa faktor kontaminan lain.

Langkah pertama untuk menentukan nilai ketidakpastiaan pengukuran dalam analisa logam timbal dan kadmium dalam polimer yaitu membuat diagram tulang ikan (*Fish Bone*). Tujuan pembuatan diagram tulang ikan untuk mempermudah proses perhitungan nilai ketidakpastiaan. Berikut merupakan diagram tulang ikan untuk penentuan logam timbal dan kadmium dalam polimer.



Gambar 4.9 Diagram Tulang Ikan Penentuan Timbal dan Kadmium Dalam Polimer

Ketidakpastian baku kemudian digunakan untuk menentukan nilai ketidakpastian gabungan. Untuk logam timbal didapatkan hasil sebesar 1,141 mg/kg sedangkan untuk logam kadmium didapat hasil sebesar 5,756 mg/kg Hasil ketidakpastian kadar logam timbal yaitu $9,10 \pm 1,141$ ppm dan kadar logam kadmium sebesar $0,27 \pm 5,756$ ppm menunjukkan nilai ketidakpastian yang rendah. Hal ini dapat dikatakan bahwa penentuan kadar logam timbal dan kadmium dalam polimer memberikan hasil yang teliti karena nilai ketidakpastian yang diperoleh kecil sehingga kecil kesalahan yang terjadi pada saat analisis.

Tabel 4.10 Nilai Estimasi Ketidakpastian Baku Logam Timbal (Pb)

No	Ketidakpastian Pengukuran Asal	Nilai (x)	Satuan	$(\mu(x))$	$(\mu(x))/x^2$
1	Massa Sampel	0,209	g	0,00007	$1,1217 \times 10^{-7}$
2	Volume Sampel	50	mL	0,0537	$1,1535 \times 10^{-6}$
3	Kons. Sampel	0,0438	mg/kg	0,00027568	$3,961 \times 10^{-5}$
4	Kons. Blanko	0,0057739	mg/kg	0,00036031	0,0038941

μ Gabungan	0,57
μ Diperluas	1,141

Tabel 4.11 Nilai Estimasi Ketidakpastian Baku Logam Kadmium (Cd)

No	Ketidakpastian Pengukuran Asal	Nilai (x)	Satuan	(μ(x))	(μ(x))/x ²
1	Massa Sampel	0,209	g	0,00007	1,1217x10 ⁻⁷
2	Volume Sampel	50	mL	0,0537	1,1535x10 ⁻⁶
3	Kons. Sampel	0,0011482	mg/kg	0,0005437	0,2242
4	Kons. Blanko	8,8837x10 ⁻⁵	mg/kg	6,7556x10 ⁻⁴	113,3969
				μ Gabungan	2,878
				μ Diperluas	5,756

Penyumbang ketidakpastian merupakan persentase terbesar yang menyumbangkan kesalahan dalam pengukuran. Persentase hasil pengukuran ketidakpastian dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.12 Kontribusi Ketidakpastian Pengujian

No	Komponen	Logam Timbal (Pb)	Logam Kadmium (Cd)
1	Massa Sampel	0,00%	0,00%
2	Volume Sampel	0,03%	0,00%
3	Kons. Sampel	1,01%	0,20%
4	Kons. Blanko	98,96%	99,80%
Jumlah		100,00%	100,00%

Penentuan kontribusi terbesar yang mempengaruhi nilai ketidakpastian pengukuran perlu dilakukan untuk mengetahui parameter apa yang memiliki pengaruh besar dalam memberikan ketidakpastian pengukuran pada pengujian ini. Persentase penyumbang nilai ketidakpastian ini menandakan tingkat kesalahan yang terjadi dalam penentuan kadar logam timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dalam polimer. Penyumbang ketidakpastian terbesar pada analisa logam timbal (Pb) dan (Cd) yaitu konsentrasi blanko. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti adanya kontaminasi dalam larutan blanko.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sebagai berikut:

1. Hasil analisis kadar logam timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dalam polimer sebesar $9,10 \pm 1,141$ ppm dan $0,27 \pm 5,756$ ppm. Hasil ini telah memenuhi regulasi *Waste Electrical dan Electronic Equipment* (WEEE) 2002/96/EC tentang pembatasan kandungan berbahaya *Restriction of Hazardous Substance* (RoHS) yang dikeluarkan oleh European Committee.
2. Pengujian logam timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dalam polimer menggunakan ICP-OES menunjukkan hasil yang baik, didapatkan hasil akurasi sebesar 84,59%, dan hasil presisi (%RPD) sebesar 2,35%. Sedangkan untuk pengujian kadar logam kadmium (Cd) diperoleh hasil akurasi sebesar 88,12%, dan didapatkan nilai presisi (%RPD) sebesar 9,12%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil Praktik Kerja Lapangan yang dilaksanakan di Laboratorium Sentral PT. SUCOFINDO Cibitung, penulis menyarankan agar:

1. Perlu dilakukan verifikasi metode untuk penentuan kadar logam selain Pb dan Cd pada sampel polimer.
2. Perlu dilakukan kajian lebih mendalam terkait dengan distribusi sumber ketidakpastian.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriadi, D. 2005. *Kandungan Logam Berat Hg, Pb, dan Cr Pada Air, Sedimen dan Kerang Hijau (Perna Viridis L.) Di Perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta*. Bogor. Skripsi IPB.
- Gandjar, G,H dan Rohman, A. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Harmita. 2004. *Majalah Ilmu Kefarmasian*. Departemen Farmasi. FMIPA UI.
- Harmita. 2006. *Analisis Kuantitatif Bahan Baku dan Sediaan Farmasi*. Depok. Departemen Farmasi FMIPA UI.
- IEC 62321-5. 2013. *Determination of certain substances in electrotechnical products - Part 5: Cadmium, lead and chromium in polymers and electronics and cadmium and lead in metals by AAS, AFS, ICP-OES and ICP-MS*. BSI Standards.
- Jovita, D. 2018. *Analisis Unsur Makro (K, Ca, Mg) Mikro (Fe, Zn, Cu) pada Lahan Pertanian dengan Metode Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrofotometry (ICP-OES)*. Bandar Lampung. Skripsi Universitas Lampung.
- Kriswarini, R. Anggraini, D. Boybul. dan Nugroho, N. 2013. *Kontrol Kurva Kalibrasi Spektrometer Emisi Dengan Standar Aluminium Certified Reference Material (CRM)*. Yogyakarta. Seminar Nasional IX SDM Teknologi Nuklir, ISSN 10978-0176.
- Nazmi, S,A. 2011. *Karakterisasi dan Penentuan Limbah Tailing Pertambangan Emas Rakyat Di Daerah Selogiri Kabupaten Wonogiri Jawa Tengah*. Yogyakarta. Skripsi UII.
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta. Rineka Cipta.
- Palar, H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta. Rineka Cipta.
- Putu, H,K. 2020. *Rincian Klasifikasi Dan Sifat Material Teknik (Logam, Keramik, Polimer, Dan Komposit) Beserta Kriteria Dalam Pemilihan Bahan*. Makassar. Politeknik Ujung Pandang.

Pratiwi, A,K,W. 2018. *Verifikasi Metode dan Penentuan Kadar Logam Kadmium (Cd) Total dalam Air Limbah Menggunakan ICP-OES,Tugas Akhir*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Riyanto. 2014. *Validasi dan Verifikasi Metode Uji Sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi*. Yogyakarta: Deepublish.

Tuning, S, dan Supriyanto, C. 2010. *Estimasi Ketidakpastian Hasil Pengujian Cu, Cr dan Fe dalam Contoh Sedimen dengan Metode F-AAS, Prosiding PPI-PDIPTN, 20 Juli 2010*. Yogyakarta: Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-BATAN, 139-141.

Waste Electrical dan Electronic Equipment (WEEE) 2002/96/EC



LAMPIRAN



LAMPIRAN 1. PEMBUATAN LARUTAN STANDAR

Pengukuran Intensitas Larutan Standar Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd)

Konsentrasi Standar Timbal (ppm)	Intensitas	Konsentrasi Standar Kadmium (ppm)	Intensitas
0,02	66,73	0,01	333,52
0,05	159,54	0,02	663,77
0,1	315,4	0,05	1578,79
0,2	622,63	0,1	3162,56
0,5	1552,66	0,2	6233,50

Pembuatan konsentrasi standar timbal

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

Keterangan:

C_1 = Konsentrasi awal larutan (ppm)

V_1 = Volume larutan yang akan diambil (mL)

C_2 = Konsentrasi awal larutan yang akan dibuat (ppm)

V_2 = Volume larutan yang akan dibuat (mL)

Contoh perhitungan :

Larutan Standar Timbal (Pb)

1. Konsentrasi standar 0,02 ppm

$$10 \text{ ppm} \times V_2 = 0,02 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_2 = 0,2 \text{ mL}$$

2. Konsentrasi standar 0,05 ppm

$$10 \text{ ppm} \times V_2 = 0,05 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_2 = 0,5 \text{ mL}$$

3. Konsentrasi standar 0,1 ppm

$$10 \text{ ppm} \times V_2 = 0,1 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

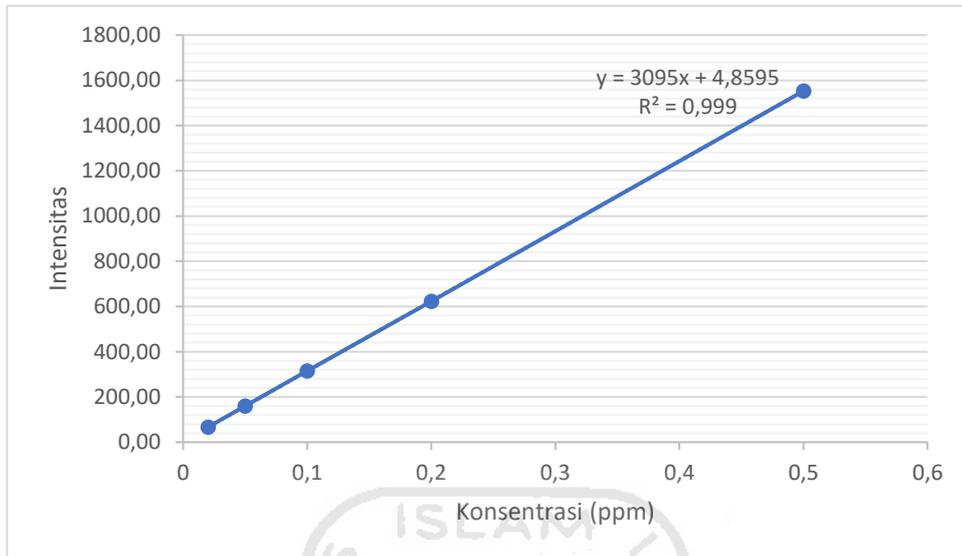
$$V_2 = 1 \text{ mL}$$

4. Konsentrasi standar 0,2 ppm
 $10 \text{ ppm} \times V_2 = 0,2 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$
 $V_2 = 2 \text{ mL}$
5. Konsentrasi standar 0,5 ppm
 $10 \text{ ppm} \times V_2 = 0,5 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$
 $V_2 = 5 \text{ mL}$

Larutan Standar Kadmium (Cd)

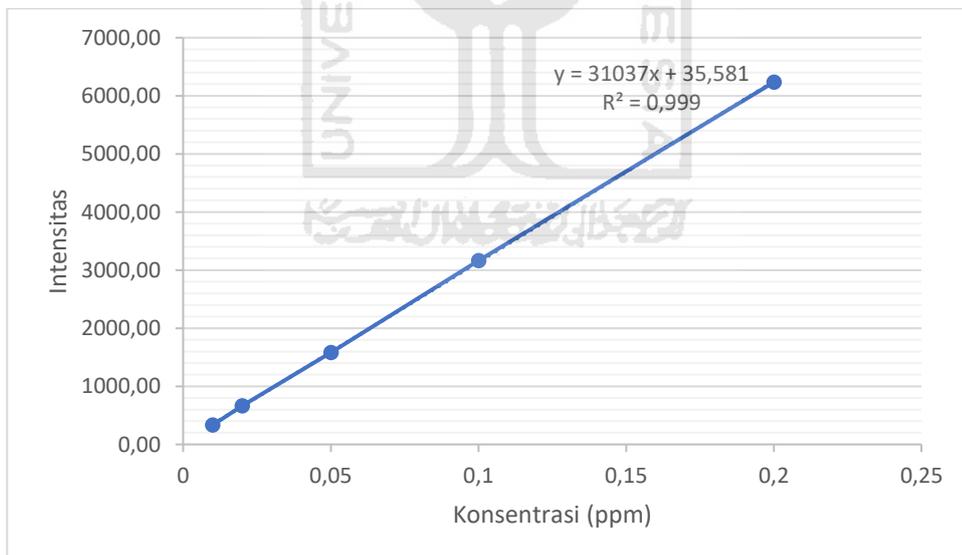
1. Konsentrasi standar 0,01 ppm
 $10 \text{ ppm} \times V_2 = 0,01 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$
 $V_2 = 0,1 \text{ mL}$
2. Konsentrasi standar 0,02 ppm
 $10 \text{ ppm} \times V_2 = 0,02 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$
 $V_2 = 0,2 \text{ mL}$
3. Konsentrasi standar 0,05 ppm
 $10 \text{ ppm} \times V_2 = 0,05 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$
 $V_2 = 0,5 \text{ mL}$
4. Konsentrasi standar 0,1 ppm
 $10 \text{ ppm} \times V_2 = 0,1 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$
 $V_2 = 1 \text{ mL}$
5. Konsentrasi standar 0,2 ppm
 $10 \text{ ppm} \times V_2 = 0,2 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$
 $V_2 = 2 \text{ mL}$

Hubungan Intensitas Terhadap Konsentrasi Larutan Standar Timbal



Persamaan regresi linear yang diperoleh :

$$y = 3095x + 4,8595, \text{ dengan } R^2 = 0,999$$



Persamaan regresi linear yang diperoleh :

$$y = 31037x + 35,581, \text{ dengan } R^2 = 0,999$$

LAMPIRAN 2. PENENTUAN KADAR SAMPEL

Hasil Konsentrasi Timbal dan Kadmium Dalam Sampel

No.	Massa (g)	Intensitas		Konsentrasi (ppm)	
		Timbal (Pb)	Kadmium (Cd)	Timbal (Pb)	Kadmium (Cd)
Blanko		22,73	37,55		
1A	0,2051	131,62	122,96	8,57	0,67
1B	0,2129	149,59	19,48	9,62	-0,13
Rata-rata				9,10	0,27

Konsentrasi Sampel

$$Y = ax + b$$

Contoh perhitungan :

1) Konsentrasi Timbal (Pb)

1. Sampel 1A

$$\begin{aligned} X &= \frac{y-b}{a} \\ &= \frac{131,62 - 4,8595}{3095} \\ &= 0,0409 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

2. Sampel 1B

$$\begin{aligned} X &= \frac{y-b}{a} \\ &= \frac{149,59 - 4,8595}{3095} \\ &= 0,0467 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

2) Konsentrasi Kadmium (Cd)

1. Sampel 1A

$$\begin{aligned} X &= \frac{y-b}{a} \\ &= \frac{122,96 - 35,581}{31037} \\ &= 2,8153 \times 10^{-3} \text{ mg/kg} \end{aligned}$$



2. Sampel 1B

$$\begin{aligned} X &= \frac{y-b}{a} \\ &= \frac{19,48 - 35,581}{31037} \\ &= 5,1876 \times 10^{-4} \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

Konsentrasi Blanko

$$Y = ax+b$$

Contoh perhitungan :

1) Blanko Timbal (Pb)

$$\begin{aligned} X &= \frac{y-b}{a} \\ &= \frac{22,73 - 4,8595}{3095} \\ &= 5,7739 \times 10^{-3} \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

2) Blanko Kadmium (Cd)

$$\begin{aligned} X &= \frac{y-b}{a} \\ &= \frac{37,55 - 35,581}{31037} \\ &= 6,344 \times 10^{-5} \text{ mg/kg} \end{aligned}$$



Kadar Sampel

Rumus Perhitungan

$$X = \frac{(A_1 - A_2)}{\text{Massa Sampel (g)}} \times \text{Volume (mL)}$$

Contoh perhitungan :

1). Konsentrasi Timbal (Pb)

1. Sampel 1A

$$\begin{aligned} X &= \frac{(0,0409 - 5,7739 \times 10^{-3})}{0,2051 \text{ g}} \times 50 \text{ mL} \\ &= 8,57 \text{ ppm} \end{aligned}$$

2. Sampel 1B

$$X = \frac{(0,0467 - 5,7739 \times 10^{-3})}{0,2129 \text{ g}} \times 50 \text{ mL}$$

$$= 9,62 \text{ ppm}$$

2). Konsentrasi Kadmium (Cd)

1. Sampel 1A

$$X = \frac{(0,0281 - 6,344 \times 10^{-5})}{0,2051 \text{ g}} \times 50 \text{ mL}$$

$$= 0,67 \text{ ppm}$$

2. Sampel 1B

$$X = \frac{(-5,1876 \times 10^{-4} - 6,344 \times 10^{-5})}{0,2129 \text{ g}} \times 50 \text{ mL}$$

$$= -0,13 \text{ ppm}$$

LAMPIRAN 3. PENENTUAN AKURASI

Hasil Akurasi Logam Timbal dan Kadmium Dalam Polimer

Pengulangan	Intensitas		Konsentrasi (ppm)	
	(Pb)	(Cd)	(Pb)	(Cd)
1	175,16	2253,96	11,37	16,48
2	168,98	2312,30	11,64	18,06
Rata-rata			11,50	17,27
Konsentrasi CRM			13,6	19,6
% Recovery			84,59 %	88,12 %

Rumus Perhitungan

$$\% \text{Recovery} = \frac{C \text{ Spike}}{C \text{ Standar}} \times 100\%$$

Contoh perhitungan :

1. Timbal (Pb)

$$\% \text{Recovery} = \frac{11,50}{13,6} \times 100\%$$

$$= 84,59 \%$$

2. Kadmium (Cd)

$$\begin{aligned}\% \text{Recovery} &= \frac{17,27}{19,6} \times 100\% \\ &= 88,12 \%\end{aligned}$$

LAMPIRAN 4. PENENTUAN PRESISI

Hasil Presisi Logam Timbal dan Kadmium Dalam Polimer

Pengulangan	Intensitas		Konsentrasi (ppm)	
	(Pb)	(Cd)	(Pb)	(Cd)
1	175,16	2253,96	11,37	16,48
2	168,98	2312,30	11,64	18,06
Rata-rata			11,50	17,27
% RPD			2,35 %	9,12 %

Rumus Perhitungan

$$\% \text{RPD} = \frac{(\text{Pengulangan 1} - \text{Pengulangan 2})}{\text{Rata-rata pengulangan}} \times 100\%$$

Contoh perhitungan :

1. Timbal (Pb)

$$\begin{aligned}\% \text{RPD} &= \frac{(11,37 - 11,64)}{11,50} \times 100\% \\ &= 2,35 \%\end{aligned}$$

2. Kadmium (Cd)

$$\begin{aligned}\% \text{RPD} &= \frac{(16,48 - 18,06)}{17,27} \times 100\% \\ &= 9,12 \%\end{aligned}$$

LAMPIRAN 5. Penentuan *Limit of Detection* (LOD) dan *Limit of Quantitation* (LOQ)

1. Larutan Standar Logam Timbal (Pb)

Konsentrasi	Intensitas	Yi	Y-Yi	(Y-Yi) ²	
0,02	66,73	66,7595	-0,0295	0,00087025	
0,05	159,54	159,6095	-0,0695	0,00483025	
0,1	315,4	314,3595	1,0405	1,08264025	
0,2	622,63	623,8595	-1,2295	1,51167025	
0,5	1552,66	1552,3595	0,3005	0,09030025	
				$\sum(Y-Yi)^2$	2,69031125
				Sy/x	0,946979628
				LOD	0,000917912
				LOQ	0,003059708

$$\begin{aligned}
 S_{y/x} &= \sqrt{\frac{\sum(Y-Y_i)^2}{n-2}} \\
 &= \sqrt{\frac{2,6903}{5-2}} \\
 &= 0,9469
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LOD &= \frac{3 \times S_{y/x}}{\text{slope}} \\
 &= \frac{3 \times 0,9469}{3095} \\
 &= 9,1791 \times 10^{-4} \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LOQ &= \frac{10 \times S_{y/x}}{\text{slope}} \\
 &= \frac{10 \times 0,9469}{3095} \\
 &= 3,0597 \times 10^{-3} \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

2. Larutan Standar Logam Kadmium (Cd)

Konsentrasi	Intensitas	Yi	Y-Yi	(Y-Yi) ²	
0,01	333,52	345,951	-12,431	154,529761	
0,02	663,77	656,321	7,449	55,487601	
0,05	1578,79	1587,431	-8,641	74,666881	
0,1	3162,56	3139,281	23,279	541,911841	
0,2	6233,5	6242,981	-9,481	89,889361	
				$\Sigma(Y-Yi)^2$	916,485445
				Sy/x	17,4784195
				LOD	0,001689444
				LOQ	0,005631478

$$\begin{aligned}
 S_{y/x} &= \sqrt{\frac{\Sigma(Y-Y_i)^2}{n-2}} \\
 &= \sqrt{\frac{916,4854}{5-2}} \\
 &= 17,4784
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LOD &= \frac{3 \times S_{y/x}}{\text{slope}} \\
 &= \frac{3 \times 17,4784}{31037} \\
 &= 1,6894 \times 10^{-3} \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LOQ &= \frac{10 \times S_{y/x}}{\text{slope}} \\
 &= \frac{10 \times 17,4784}{31037} \\
 &= 5,6314 \times 10^{-3} \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN 6. PENENTUAN ESTIMASI KETIDAKPASTIAN

1. Ketidakpastian Massa Sampel

$$\begin{aligned}
 \mu \text{ (Kal Neraca)} &= \frac{0,0001}{2} \\
 &= 0,00005 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$$= 5 \times 10^{-5} \text{ g}$$

$$\begin{aligned} \mu \text{ (Massa Sampel)} &= \sqrt{\mu(\text{mo})^2 + \mu(\text{mz})^2} \\ &= \sqrt{(0,00005)^2 + (0,00005)^2} \\ &= 7 \times 10^{-5} \text{ g} \end{aligned}$$

2. Ketidakpastian Volume Sampel

Labu ukur 50 mL

$$\mu \text{ Kalibrasi} = \frac{S}{k}$$

$$\mu \text{ Kalibrasi} = \frac{0,06}{\sqrt{3}} = 0,346 \text{ mL}$$

$$\mu \text{ muai} = \frac{\text{volume pipet} \times \Delta T \times 0,00021}{\sqrt{3}}$$

$$\mu \text{ muai} = \frac{50 \text{ mL} \times 5^\circ\text{C} \times 0,00021}{\sqrt{3}} = 0,0303 \text{ mL}$$

$$\mu G = \sqrt{(\mu \text{ kalibrasi})^2 + (\mu \text{ muai})^2}$$

$$\mu G = \sqrt{(0,346)^2 + (0,0303)^2} = 0,0537 \text{ mL}$$

3. Ketidakpastian Konsentrasi Sampel

1). Ketidakpastian Konsentrasi Sampel Logam Timbal (Pb)

$$S_x = \frac{Sy/x}{b} \sqrt{\frac{1}{p} + \frac{1}{n} + \frac{(y \text{ sampel} - y \text{ standar})^2}{\text{slope}^2 \sum (x_i - x_{rata-rata})^2}}$$

$$= \frac{0,9469}{3095} \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1}{5} + \frac{(140,605 - 543,392)^2}{3095^2 \times 0,1515}}$$

$$= 2,7568 \times 10^{-4} \text{ mg/kg}$$

2). Ketidakpastian Konsentrasi Sampel Logam Kadmium (Cd)

$$S_x = \frac{Sy/x}{b} \sqrt{\frac{1}{p} + \frac{1}{n} + \frac{(y \text{ sampel} - y \text{ standar})^2}{\text{slope}^2 \sum (x_i - x_{rata-rata})^2}}$$

$$= \frac{17,4784}{31037} \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1}{5} + \frac{(71,22 - 2394,43)^2}{31037^2 \times 0,02412}}$$

$$= 5,4375 \times 10^{-4} \text{ mg/kg}$$

4. Ketidakpastian Konsentrasi Blanko

1) Ketidakpastian Konsentrasi Blanko Logam Timbal (Pb)

$$S_x = \frac{Sy/x}{b} \sqrt{\frac{1}{p} + \frac{1}{n} + \frac{(y \text{ blanko} - y \text{ standar})^2}{\text{slope}^2 \sum (x_i - x_{rata-rata})^2}}$$

$$= \frac{0,9469}{3095} \sqrt{\frac{1}{1} + \frac{1}{5} + \frac{(22,73 - 543,392)^2}{3095^2 \times 0,1515}}$$

$$= 3,6031 \times 10^{-4} \text{ mg/kg}$$

2) Ketidakpastian Konsentrasi Blanko Logam Kadmium (Cd)

$$S_x = \frac{Sy/x}{b} \sqrt{\frac{1}{p} + \frac{1}{n} + \frac{(y \text{ blanko} - y \text{ standar})^2}{\text{slope}^2 \sum (x_i - x_{rata-rata})^2}}$$

$$= \frac{17,4784}{31037} \sqrt{\frac{1}{1} + \frac{1}{5} + \frac{(37,55 - 2394,43)^2}{31037^2 \times 0,02412}}$$

$$= 6,7556 \times 10^{-4} \text{ mg/kg}$$

5. Ketidakpastian Baku (Gabungan Seluruh Komponen)

Ketidakpastian Baku Logam Timbal (Pb)

Tabel 1. Ketidakpastian Gabungan Logam Timbal (Pb)

Sumber Ketidakpastian	Nilai (X)	Satuan	Ketidakpastian Baku (μX_i)	Ketidakpastian Baku Relatif ($\mu X_i/X$) ²
Massa Sampel (m)	0,209	g	7×10^{-5}	$1,1217 \times 10^{-7}$
Volume Sampel (v)	50	ml	0,0537	$1,1534 \times 10^{-6}$
Konsentrasi Sampel (Cs)	0,0438	mg/kg	$2,7568 \times 10^{-4}$	$3,9615 \times 10^{-5}$
Konsentrasi Blanko (Cb)	$5,7739 \times 10^{-3}$	mg/kg	$3,6031 \times 10^{-4}$	$3,8941 \times 10^{-3}$

$$\frac{\mu G}{\text{satuan konsentrasi hasil}} = \sqrt{\left(\frac{\mu m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\mu v}{v}\right)^2 + \left(\frac{\mu Cs}{Cs}\right)^2 + \left(\frac{\mu Cb}{Cb}\right)^2}$$

$$\frac{\mu G}{9,10 \text{ mg/kg}} = \sqrt{\left(\frac{0,00007}{0,209}\right)^2 + \left(\frac{0,0235}{1}\right)^2 + \left(\frac{2,7568 \times 10^{-4}}{0,0438}\right)^2 + \left(\frac{3,6031 \times 10^{-4}}{5,7739 \times 10^{-3}}\right)^2}$$

$$\mu G = 0,5705 \text{ mg/kg}$$

Ketidakpastian Baku Logam Kadmium (Cd)

Tabel 1. Ketidakpastian Gabungan Logam Kadmium (Cd)

Sumber Ketidakpastian	Nilai (X)	Satuan	Ketidakpastian Baku (μX_i)	Ketidakpastian Baku Relatif ($\mu X_i/X$) ²
Massa Sampel (m)	0,209	g	7×10^{-5}	$1,1217 \times 10^{-7}$
Volume Sampel (v)	50	ml	0,0537	$1,1534 \times 10^{-6}$
Konsentrasi Sampel (Cs)	$1,1482 \times 10^{-3}$	mg/kg	$5,437 \times 10^{-4}$	0,2242
Konsentrasi Blanko (Cb)	$6,344 \times 10^{-5}$	mg/kg	$6,7556 \times 10^{-4}$	113,3969

$$\frac{\mu G}{\text{satuan konsentrasi hasil}} = \sqrt{\left(\frac{\mu m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\mu v}{v}\right)^2 + \left(\frac{\mu Cs}{Cs}\right)^2 + \left(\frac{\mu Cb}{Cb}\right)^2}$$

$$\frac{\mu G}{9,10 \text{ mg/kg}} = \sqrt{\left(\frac{0,00007}{0,209}\right)^2 + \left(\frac{0,0235}{1}\right)^2 + \left(\frac{5,437 \times 10^{-4}}{1,1482 \times 10^{-3}}\right)^2 + \left(\frac{6,7556 \times 10^{-4}}{6,344 \times 10^{-5}}\right)^2}$$

$$\mu G = 2,878 \text{ mg/kg}$$

6. Ketidakpastian Diperluas

Logam Timbal (Pb)

(k=2)

$$\mu = \mu G \text{ Pb} \times k$$

$$= \pm 0,5705 \text{ mg/kg} \times 2$$

$$= \pm 1,141 \text{ mg/kg}$$

Logam Kadmium (Cd)

(k=2)

$$\mu = \mu G \text{ Cd} \times k$$

$$= \pm 2,878 \text{ mg/kg} \times 2$$

$$= \pm 5,756 \text{ mg/kg}$$