

LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN

**ANALISIS KADAR EMAS PADA SAMPEL KONSENTRAT
DAN *CUPEL LOSS* MENGGUNAKAN METODE *FIRE ASSAY*
SECARA GRAVIMETRI DAN SPEKTROFOTOMETRI
SERAPAN ATOM**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh derajat
Ahli Madya (A. Md.) Analis Kimia Program D III Analis Kimia**



Disusun Oleh :

Santoso

NIM 13231015

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

2016

LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN

**ANALISIS KADAR EMAS PADA SAMPEL KONSENTRAT
DAN *CUPEL LOSS* MENGGUNAKAN METODE *FIRE ASSAY*
SECARA GRAVIMETRI DAN SPEKTROFOTOMETRI
SERAPAN ATOM**

***ANALYSIS OF GOLD IN CONCENTRATE AND CUPEL LOSS
USING FIRE ASSAY WITH GRAVIMETRIC AND ATOMIC
ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY METHOD***



Disusun Oleh :

Santoso

NIM 13231015

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

2016

HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN
ANALISIS KADAR EMAS PADA SAMPEL KONSENTRAT DAN *CUPEL*
LOSS MENGGUNAKAN METODE *FIRE ASSAY* SECARA GRAVIMETRI
DAN SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM

Dipersiapkan dan disusun oleh :
Santoso
NIM : 13231015

Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Praktik Kerja Lapangan
Program Studi D III Analis Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia
Pada tanggal 15 Februari 2016

Menyetujui,

Ketua Program Studi

Pembimbing



Thorikul Huda, S.Si., M.Sc.
NIK : 052316003

Bayu Wiyantoko, M.Sc
NIK : 132311101

HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN
ANALISIS KADAR EMAS PADA SAMPEL KONSENTRAT DAN CUPEL
LOSS MENGGUNAKAN METODE FIRE ASSAY SECARA GRAVIMETRI
DAN SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM

Dipersiapkan dan disusun oleh :

Santoso
NIM : 13231015

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal 14 Oktober 2016.

Susunan Tim Penguji

Pembimbing/Penguji



Bayu Wiyantoko, M.Sc
NIK. 132311101

Penguji I



Tri Esti Purbaningtias, M.Si
NIK. 132311102

Penguji II



Puji Kurniawati, M.Sc
NIK. 132311103

Mengetahui,
Dekan Fakultas MIPA UII




Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D
NIK. 966120101

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa Laporan Praktik Kerja Lapangan 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 yang disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 1 Desember 2016



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahim,

Assalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,

Alhamdulillah, segala puji dan syukur atas berkat rahmat dan nikmat yang telah dilimpahkan Allah SWT kepada kita semua. Berkat rahmatNya kita bisa senantiasa berada dalam kesehatan sehingga bisa melakukan aktivitas sehari-hari. Shalawat beserta salam tak lupa pula kita kirimkan kepada payung panji umat Islam, yakni Nabi besar kita Rasulullah saw berjuang membimbing kita menuju Ridho Allah SWT.

Terselesaikannya Praktik Kerja Lapangan yang berjudul, ” *Analisis Kadar Emas Pada Sampel Konsentrat Dan Cupel Loss Menggunakan Metode Fire Assay Secara Gravimetri Dan Spektrofotometri Serapan Atom* ” tentu tak lepas dari bantuan segala pihak yang secara sengaja maupun tidak disengaja telah memberikan dorongan moral maupun material sehingga kami dapat memulai, mengerjakan, hingga menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu mendengarkan doa kami dan memberikan segala kemudahan serta Ridho-Nya hingga terselesaikannya Praktik Kerja Lapangan.
2. Muhamad Surahman selaku Pimpinan PT Sucofindo (Persero) Cabang Timika
3. Yoyon Ajitriyanto selaku pembimbing Praktik Kerja Lapangan selama praktik di Sucofindo
4. Thorikul Huda, M.Sc, selaku Kepala Program Studi D3 Analis Kimia Fakultas MIPA Universitas Islam Indonesia.
5. Bayu Wiyantoko, S.Si., M.Sc selaku dosen pembimbing Praktik Kerja Lapangan.
6. Terimakasih kepada staf karyawan dan teman-teman *fire assay* yang telah membimbing dalam Praktik Kerja Lapangan selama 3 bulan.

Akhirnya, tiada kata yang dapat kami sampaikan kecuali panjatan doa, semoga Allah memberikan balasan yang lebih baik. Amin.

Wassalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 1 Desember 2016

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
INTISARI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 . Sejarah PT. Sucofindo	4
2.1.1 Fungsi dan Tugas PT. Sucofindo	4
2.1.2 Visi dan Misi dan Nilai Perusahaan	4
2.1.3 Nilai – Nilai Perusahaan	5
2.1.4 Berdirinya PT Sucofindo (Persero) Cabang Timika	5
2.2 . Emas.....	6
2.3 . Konsentrat	7
2.4 . <i>Fire Assay</i>	8
2.4.1 Persiapan Sampel.....	8
2.4.2 <i>Fluxing</i> (Penambahan <i>flux</i>)	9
2.4.3 <i>Fusion</i> (Peleburan).....	9
2.4.4 <i>Cupelation</i> (Pemisahan Pb).....	9
2.4.5 Pemipihan.....	9
2.4.6 <i>Digestion</i> (Pelarutan)	10

2.5 Gravimetri	10
2.6 <i>Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)</i>	10
2.7 Presisi.....	12
2.8 Akurasi.....	13
2.9 <i>Limit Of Detection (LOD) Dan Limit Of Quantitation (LOQ)</i>	13
BAB III METODOLOGI.....	15
3.1 Alat.....	15
3.2 Bahan	15
3.3 Prosedur Kerja	16
3.3.1 Sampel Konsentrat Menggunakan Metode <i>Fire Assay</i> Secara Gravimetri.....	16
3.3.2 <i>Washing</i>	16
3.3.3 Sampel <i>Cupel Loss</i> Menggunakan Metode <i>Fire Assay</i> Secara AAS	18
3.3.4 Pembuatan Larutan Deret Standar Emas.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Penentuan Kadar Emas	20
4.1.1 Pemisahan Emas Dengan Metode <i>Fire Assay</i>	20
4.1.2 Analisis Kadar Emas Pada Sampel Konsentrat Menggunakan Metode <i>Fire Assay</i> Secara Gravimetri	24
4.1.3 Analisis Kadar Emas Pada <i>Cupel Loss</i> Menggunakan Metode <i>Fire Assay</i> Secara <i>Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)</i>	26
4.1.4 Konsentrasi Emas Total.....	30
4.2 Penentuan Presisi Pada Sampel Konsentrat Menggunakan Metode <i>Fire Assay</i> Secara Gravimetri	31
4.3 Penentuan Presisi Dan Akurasi Pada <i>Cupel Loss</i> Menggunakan Metode <i>Fire Assay</i> Secara <i>Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)</i>	32
4.4 Penentuan LOD Dan LOQ Pada <i>Cupel Loss</i> Menggunakan Metode <i>Fire Assay</i> Secara <i>Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)</i>	34

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	35
5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36



DAFTAR TABEL

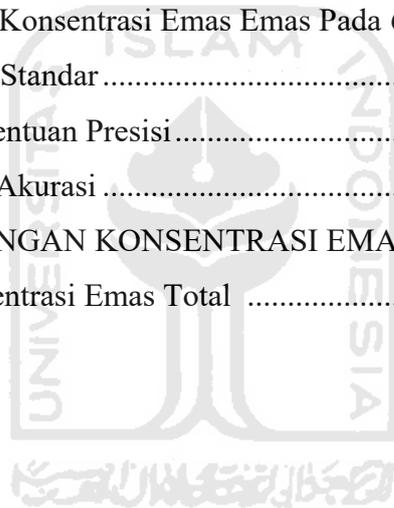
Tabel 2.1 Sifat Fisika Emas	7
Tabel 2.2 Sifat Kimia Emas	7
Tabel 4.1 Konsentrasi Emas Pada Sampel Konsentrat Menggunakan Gravimetri	26
Tabel 4.2 Data Absorbansi Larutan Emas Standar	28
Tabel 4.3 Hasil Uji Konsentrasi Emas Pada <i>Cupel Loss</i> Secara <i>Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)</i>	29
Tabel 4.4 Konsentrasi Emas Total	30
Tabel 4.5 Konsentrasi Emas Pada Standar Konsentrat	30
Tabel 4.6 Presisi dan Akurasi Konsentrasi Emas Pada Sampel Konsentrat Menggunakan Gravimetri	31
Tabel 4.7 Hasil Uji Akurasi Konsentrasi Emas Pada Standar Konsentrat.....	32
Tabel 4.8 Presisi Dan Akurasi <i>Cupel Loss</i> Menggunakan Metode <i>Fire Assay Secara Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)</i>	33
Tabel 4.8 Penentuan Nilai LOD dan LOQ.....	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagan Alat Spektroskopi Serapan Atom (Summerfield, 2010)	11
Gambar 3.1 Sampel Konsentrat Dalam krusibel.....	16
Gambar 3.2 <i>Lead Botton</i> Dalam Cupel 8A	16
Gambar 3.3 Sampel Dituang Kedalam <i>Iron Mould</i>	16
Gambar 3.4 Biji <i>Prill</i> Dipipihkan	17
Gambar 3.5 Hasil Analisis Emas menggunakan Gravimetri	17
Gambar 3.6 <i>Lead Botton</i> (Bawah), <i>Slag</i> (Atas)	18
Gambar 4.1 Proses Memasukkan Sampel dalam <i>Furnace</i>	21
Gambar 4.2 Tahap Alur Analisis Emas Menggunakan Metode <i>fire assay</i>	22
Gambar 4.3 Proses Penuangan Sampel.....	23
Gambar 4.4 Pencetakan Hasil Peleburan	23
Gambar 4.5 Tahap <i>Washing</i> Analisis Emas Menggunakan Metode <i>Fire Assay</i>	24
Gambar 4.6 Tahap Kupelasi Dan Penambahan Asam Analisis Emas Menggunakan Gravimetri	25
Gambar 4.7 Tahap Alur Analisis Kadar Emas Pada Sampel <i>Cupel Loss</i> Menggunakan Metode <i>Fire Assay</i> Secara AAS.....	27
Gambar 4.8 Larutan Standar Emas	28

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN KADAR EMAS PADA KONSENTRAT	39
1.1 Perhitungan Konsentrasi Emas Secara Gravimetri.....	39
1.2 Penentuan Presisi	41
1.3 Penentuan Nilai Akurasi	41
LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN KADAR EMAS PADA <i>CUPEL LOSS</i>	42
2.1 Penentuan LOD & LOQ	42
2.2 Perhitungan Konsentrasi Emas Terukur Menggunakan AAS	43
2.3 Konsentrasi Emas Pada <i>Cupel Loss</i>	44
2.4 Faktor Konversi Konsentrasi Emas Pada <i>Cupel Loss</i>	44
2.5 Penentuan Adisi Standar	45
2.6 Perhitungan Penentuan Presisi.....	45
2.7 Penentuan Nilai Akurasi	45
LAMPIRAN 3 PERHITUNGAN KONSENTRASI EMAS TOTAL	46
3.1 Penentuan Konsentrasi Emas Total	46



ANALISIS KADAR EMAS PADA SAMPEL KONSENTRAT DAN *CUPEL LOSS* MENGGUNAKAN METODE *FIRE ASSAY* SECARA GRAVIMETRI DAN SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM DI PT. SUCOFINDO (Persero) CABANG TIMIKA PROVINSI TIMIKA – PAPUA

Santoso

Program D III Analis Kimia FMIPA Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta
Email : santosochemistry@gmail.com

INTISARI

Telah dilakukan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT. Sucofindo (Persero) Cabang Timika Provinsi Timika-Papua. Kegiatan bertujuan untuk menganalisis kadar emas pada sampel konsentrat menggunakan metode *fire assay* secara gravimetri dan sampel *cupel loss* menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Standar sertifikasi yang digunakan adalah ISO 10378:2005 – *Cooper, Lead, and Zinc Sulphide Concentrates-Determination of Gold and Silver-Fire Assay Gravimetric and Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Hasil kadar emas yang diperoleh secara gravimetri sebesar 14,41 mg/g, dan secara spektrofotometri sebesar 0,12 mg/g. Hasil kedua uji tersebut dijumlahkan sehingga didapat kadar emas sebesar 14,53 mg/g dengan perbandingan dari sampel standar konsentrat yang telah disertifikasi sebesar 14,89 mg/g. Hasil pengujian kadar emas dengan metode *fire assay* berdasarkan gravimetri dengan nilai presisi %RSD sebesar 3,3850% sedangkan nilai CV Horwitz sebesar 10,7078%, dan akurasi dengan nilai *trueness* sebesar 99,06%. Hasil pengujian dengan AAS nilai presisi %RSD sebesar 41,1290% sedangkan CV Horwitz sebesar 34,3292%, sedangkan nilai akurasi *%recovery* sebesar 99,88%, kemudian untuk nilai LOD sebesar 0,6146 mg/L dan nilai LOQ sebesar 2,0488 mg/L.

Kata Kunci : Emas, Gravimetri, *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS), *Fire Assay*, *Cupel Loss*, Konsentrat, Presisi, Akurasi, LOD, dan LOQ.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Emas adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Au (aurum) dengan nomor atom 79, dan emas termasuk sebuah logam transisi (trivalen dan univalen) yang mengkilap dan berwarna kuning. Emas tidak bereaksi dengan zat kimia lainnya dan melebur pada suhu 1000°C (Klein dan Hurbult, 1985). Emas terbentuk dari proses magmatisme atau pengkonsentrasian di permukaan. Beberapa endapan terbentuk karena proses metasomatisme, sedangkan pengkonsentrasian secara mekanis menghasilkan endapan letakan (*placer*), genesa emas dikategorikan menjadi dua yaitu endapan primer dan endapan plaser (Smith, 1990). Bijih emas mengandung perak (10-15%) (Smith, 1990), sedikit tembaga, besi, logam Bi, Pb, Sn, Zn, dan platinum dalam jumlah kecil. Emas dipisahkan dari elemen-elemen logam lain untuk mendapatkan emas yang murni. Pemisahan emas dari elemen-elemen yang terkandung dalam bebatuan tersebut dapat menggunakan beberapa cara antara lain *fire assay*, amalgamasi, *sluice box*, dan sianidasi. Pemisahan emas yang dilakukan di PT Sucofindo menggunakan metode *fire assay*. Penggunaan metode *fire assay* dilakukan karena termasuk metode pemurnian kadar emas yang termurah dan terakurat hingga saat ini dibandingkan dengan metode lain, bahkan kemampuan dari metode ini bisa menyamai pengujian kadar emas dengan menggunakan mesin sinar-X. Tingkat akurasi dari metode pemisahan dengan metode *fire assay* bisa mencapai 0.04% (Haffty dkk, 1977). Hasil akhir dari analisis menggunakan metode *fire assay* ini kemudian dilakukan penimbangan berat logamnya atau diukur dengan alat instrumentasi seperti spektroskopi absorpsi atom (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) AAS (Haffty dkk, 1977).

Analisis kadar emas pada PT. Sucofindo menggunakan dua sampel yaitu sampel konsentrat dan *cupel loss*. Konsentrat merupakan hasil pemekatan dari biji/*ore* yang mengandung emas kadar tinggi dan perak, dan ditentukan konsentrasinya menggunakan gravimetri. *Cupel loss* merupakan wadah yang

digunakan untuk proses kupelasi emas, sehingga saat kupelasi emas ada yang terserap pada *cupel* tersebut sehingga *cupel* dinamakan sebagai *cupel loss* dan dianalisis menggunakan AAS.

Penentuan kadar emas dengan metode *fire assay* perlu dilakukan penentuan presisi, akurasi, LOD dan LOQ. Penentuan presisi, akurasi, LOD dan LOQ bertujuan untuk mengetahui baik atau tidaknya pengukuran yang telah dilakukan. Penentuan kadar emas ditentukan presisi yaitu derajat kedekatan kesamaan pengukuran antara satu dengan lainnya. Penentuan presisi penting dilakukan untuk mengetahui baik atau tidaknya suatu pengukuran berdasarkan kedekatan hasil pengukuran satu dengan pengulangan pengukuran. Akurasi adalah kedekatan hasil pengukuran dengan kadar sebenarnya, sehingga akurasi perlu ditentukan untuk mengetahui keakuratan hasil pengujian (Riyanto, 2014). *Limit of detection* (LOD) adalah konsentrasi atau jumlah terkecil/terendah dari analit dalam sampel yang dapat terdeteksi, dan *Limit Of Quantitation* (LOQ) merupakan batas kuantifikasi didefinisikan sebagai konsentrasi analit terendah dalam sampel yang dapat ditentukan dengan presisi dan akurasi yang dapat diterima pada kondisi operasional metode yang digunakan (Yulia, 2010).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa kadar emas pada hasil uji sampel konsentrat dan *cupel loss* menggunakan metode *fire assay* secara gravimetri dan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) ?
2. Bagaimana hasil pengujian kadar emas secara gravimetri dan AAS dengan metode *fire assay* berdasarkan nilai presisi, akurasi, LOQ, dan LOD ?

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian analisis kadar emas pada sampel konsentrat dan *cupel loss* menggunakan metode *fire assay* secara gravimetri dan spektrofotometri serapan atom yang dilakukan di PT. Sucofindo yaitu sebagai berikut:

1. Menentukan kadar emas pada sampel konsentrat dan *cupel loss* menggunakan metode *fire assay* secara gravimetri dan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).
2. Mengetahui hasil pengujian kadar emas secara gravimetri dan AAS dengan metode *fire assay* berdasarkan nilai presisi, akurasi, LOQ, dan LOD.

1.4 Manfaat

Hasil pengujian kadar emas pada sampel konsentrat dan *cupel loss* dengan metode *fire assay*, secara gravimetri dan spektrofotometri serapan atom di PT. Sucofindo, dapat dijadikan sebagai acuan untuk mengontrol dan mengevaluasi kualitas emas pada sampel uji.



BAB II

DASAR TEORI

2.1 Sejarah PT. SUCOFINDO

PT (persero) *Suspertending Company of Indonesia*, disingkat “PT. SUCOFINDO (Persero)” merupakan suatu perseroan terbatas yang sahamnya dimiliki oleh Negara Republik Indonesia (95%) dan *Societe Generale de Surveillance (SGS) Holding SA* (5%) merupakan salah satu perusahaan inspeksi kelas di dunia, yang memiliki kantor pusat di Jenewa, Swiss.

PT. SUCOFINDO adalah perusahaan inspeksi pertama di Indonesia yang didirikan pada tanggal 22 Oktober 1956. Bisnis jasa pertama yang dimiliki Sucofindo adalah *cargo superintendence* dan inspeksi, kemudian melalui studi analisis dan inovasi, Sucofindo melakukan diversifikasi jasa sehingga lahir jasa-jasa *warehousing* dan *forwarding, analytical laboratories, industrial* dan *marine engineering, fumigation* dan *industrial hygiene*. Keanekaragaman jasa-jasa Sucofindo dikemas secara terpadu, jaringan kerja laboratorium, cabang dan titik layanan di berbagai kota di Indonesia serta didukung oleh 2.646 tenaga profesional yang ahli di bidangnya.

2.1.1 Fungsi dan Tugas PT. Sucofindo

1. Melakukan pengawasan, pengendalian, pemeriksaan, dan pengkajian mengenai kualitas dan kondisi yang berkaitan dengan nilai atau harga komoditi dan objek – objek usaha lainnya
2. Melaksanakan usaha-usaha yang diperlukan untuk menunjang kegiatan tersebut dalam arti seluas-luasnya.

2.1.2 Visi dan Misi dan Nilai Perusahaan

1. Visi Perusahaan

Menjadi perusahaan kelas dunia yang kompetitif, andal dan terpercaya di bidang inspeksi, pengujian, sertifikasi, konsultasi dan pelatihan.

2. Misi Perusahaan

Menciptakan nilai ekonomi kepada para pemangku kepentingan terutama pelanggan, pemegang saham dan karyawan melalui layanan jasa inspeksi, pengujian, sertifikasi, konsultasi serta jasa terkait lainnya untuk menjamin kepastian berusaha

2.1.3 Nilai-Nilai Perusahaan

1. Integritas, yakni mengedepankan kejujuran, dapat dipercaya dan tidak berpihak.
2. Fokus Pelanggan, yakni mengutamakan pelanggan dalam melaksanakan dan menyelesaikan pekerjaan yang diberikan, terutama dalam hal kualitas dan nilai tambah yang ditawarkan.
3. Inovasi, yakni secara berkesinambungan melakukan perbaikan dan pembaharuan yang memberikan nilai tambah bagi pelanggan dan perusahaan sehingga dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak lain yang berkepentingan.
4. Kerjasama, yakni mengedepankan kerja tim dalam melaksanakan dan menyelesaikan pekerjaan sehingga pada akhirnya dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak lain yang berkepentingan.
5. Peduli, yakni tidak mengutamakan kepentingan diri sendiri tetapi kepentingan kelompok serta selalu peduli terhadap orang lain dan lingkungan.

2.1.4 Berdirinya PT. Sucofindo (Persero) Cabang Timika

PT. Sucofindo (Persero) Cabang Timika diresmikan pada tanggal 7 Maret 1999 oleh Direktur Jenderal Pertambangan Umum Bapak Dr. Ir. Rozik B. Setjipto, MSc yang masa itu masih berstatus sebagai Laboratorium Timika dan bergerak di bidang jasa laboratorium analisa mineral dan bahan tambang khususnya *Gold Assay* yang merupakan salah satu bagian dari Laboratorium Pusat PT. Sucofindo.

Sejak tahun 2006 berubah menjadi PT. Sucofindo, seiring perubahan bisnis perusahaan maka PT. Sucofindo Mineral Cabang Timika yang berada langsung dibawah *Strategy Business Unit* (SBU).

2.2 Emas

Emas merupakan sebuah logam transisi (trivalen dan univalen) yang lembek, mengkilap, kuning, berat, *malleable*, dan *ductile*. Emas tidak bereaksi dengan zat kimia lainnya tapi bereaksi oleh klorin, fluorin dan aqua regia. Logam ini banyak terdapat di *nugget* emas atau serbuk di bebatuan dan di *deposit alluvial* dan salah satu logam *coinage*. Emas melebur dalam bentuk cair pada suhu sekitar 1000°C (Steele dkk, 2000).

Emas merupakan logam yang bersifat lunak dan mudah ditempa, kekerasannya berkisar antara 2,5 – 3 (skala Mohs), serta berat jenisnya tergantung pada jenis dan kandungan logam lain yang berpadu dengannya (Svehla, 1985). Mineral pembawa emas biasanya berasosiasi dengan mineral ikutan (*gangue minerals*). Mineral ikutan tersebut umumnya kuarsa, karbonat, turmalin, flourpar, dan sejumlah kecil mineral non logam. Mineral pembawa emas juga berasosiasi dengan endapan sulfida yang telah teroksidasi. Mineral pembawa emas terdiri dari emas nativ, elektrum, emas telurida, sejumlah paduan dan senyawa emas dengan unsur-unsur belerang, antimon, dan selenium. Elektrum sebenarnya jenis lain dari emas nativ, hanya kandungan perak di dalamnya lebih besar dari 20%. Emas terbentuk dari proses magmatisme atau pengkonsentrasian di permukaan. Beberapa endapan terbentuk karena proses metasomatisme kontak dan larutan hidrotermal, sedangkan pengkonsentrasian secara mekanis menghasilkan endapan letakan (*placer*) (Svehla, 1985).

Emas digunakan sebagai standar keuangan di banyak negara dan juga digunakan sebagai perhiasan, dan elektronik. Penggunaan emas dalam bidang moneter dan keuangan berdasarkan nilai moneter absolut dari emas itu sendiri terhadap berbagai mata uang di seluruh dunia, meskipun secara resmi di bursa komoditas dunia, harga emas dicantumkan dalam mata uang dolar Amerika (Sutardi, 2006).

Bentuk penggunaan emas dalam bidang moneter lazimnya berupa *prill* atau batangan emas dalam berbagai satuan berat gram sampai kilogram (Sutardi, 2006). Sifat fisika dan sifat kimia logam emas ditunjukkan pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Sifat – Sifat Fisika Logam Emas (Lutvi & Damayanti, 2009)

Sifat Fisika	Emas (Au)
Wujud	Padat
Massa Jenis	19,30 g/cm ⁻³
Titik Lebur	1337,33 K (1064,18°C, 1947,52°F)
Titik Didih	3129 K (2856°C, 5173°F)
Kalor Peleburan	12.55 kJ/mol
Kalor Penguapan	12.55 kJ/mol
Kapasitas Kalor	(25 °C) 25.418 J/(mol/K)

Tabel 2.2 Sifat – Sifat Kimia Logam Emas (Lutvi & Damayanti, 2009)

Sifat Kimia	Emas (Au)
Bilangan oksidasi	5, 4, 3, 2, 1, -1, -2
Elektronegativitas	2.54 (skala Pauling)
Energi ionisasi 1	890.1 kJ·mol ⁻¹
Energi ionisasi 2	1980 kJ·mol ⁻¹
Energi ionisasi 3	-
Jari-jari atom	144 pm
Jari-jari kovalen	136±6 pm
Jari-jari Van der Waals	166 pm

Emas murni sangat mudah larut dalam KCN, NaCN, dan Hg (air raksa). Emas merupakan unsur *siderophile* (suka akan besi), dan sedikit *chalcophile* (suka akan belerang), dan karena sifatnya ini maka emas banyak berikatan dengan mineral-mineral besi atau stabil pada penyangga besi (Lutvi & Damayanti, 2009).

2.3 Konsentrat

Konsentrat adalah produk yang merupakan hasil pemekatan dari *ore/biji*, dalam hal ini yang dimaksud adalah tembaga yang mengandung kurang lebih 30%

tembaga, tetapi juga mengandung emas kadar tinggi dan perak. Kandungan emas lebih bervariasi antara 20 – 70 ppm, sedangkan perak sekitar 60 – 100 ppm (Turan dan Yucel, 2011).

Pembuatan sampel konsentrat yaitu melakukan pengeboran dan peledakan hingga diperoleh bijih, kemudian dihancurkan dengan ukuran 75 um – 150 um dan dilakukan pemisahan logam Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Pt, dan Si dengan cara *floating* (pengambang/pengapungan) menggunakan *resin agent* (alkohol + kapur) hingga logam mengapung diatas dan yang mengendap adalah silika (*tailing*/limbah). Sampel konsentrat yang masih banyak mengandung air ini ditampung dan dikeringkan di *dewatering plan* (DWP). Sampel yang telah kering dengan kadar air dibawah 9% *diloading* dengan bulk ke kapal, dan dilakukan sampling setiap rentang waktu tertentu dan *dicomposite* menjadi satu sampel dalam setiap lot (\pm 2000 ton) (Turan dan Yucel, 2011).

2.4 Fire Assay

Fire assay merupakan metode kuantitatif dalam kimia analitik untuk menentukan kadar logam mulia seperti emas, perak yang ditentukan melalui ekstraksi dengan cara peleburan (*fusion*) dan menggunakan pereaksi kimia kering (*flux*). Metode ini masih dipercaya sebagai metode pengujian kadar emas yang termurah dan terakurat hingga saat ini, bahkan kemampuan dari metode ini bisa menyamai pengujian kadar emas dengan menggunakan mesin sinar-x. Tingkat akurasi dari metode *fire assay* bisa mencapai 0,04%, dan sangat ideal jika dilakukan pada objek dengan kadar emas antara 33%-92% (Supriadidjaja, 2007). Metode *fire assay* lebih menekankan pada sifat-sifat logam pada kondisi tertentu terhadap suhu dan sifat kimianya. Secara garis besar metode *fire assay* dibagi menjadi 6 proses besar yaitu (Supriadidjaja, 2007) :

2.4.1 Persiapan Sampel

Sampel konsentrat berbentuk hablur sehingga dalam preparasi hanya dilakukan tahapan "*milling*" untuk memastikan bahwa sampel tersebut berukuran 200 mesh.

2.4.2 Fluxing (Penambahan Flux)

Flux dapat diartikan sebagai suatu peraksi/reagen yang ditambahkan pada zat atau material yang tidak dapat atau susah melebur untuk membentuk suatu campuran yang dapat melebur dengan mudah. Campuran yang bisa melebur disebut *slag* (ampas bijih). Pereaksi dalam *flux* terdapat berbagai macam komposisi bahan kimia diantaranya Na_2CO_3 , PbO , SiO_2 , $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, dan CaF_2 (Supriadidjaja, 2007).

2.4.3 Fusion (Peleburan)

Peleburan sampel yang telah dicampur *flux*, KNO_3 dan perak dilebur pada suhu 1050°C didalam tungku pembakar (*fusion furnace*). waktu yang dibutuhkan berkisar 45-60 menit. Suhu tetap harus terjaga karena jika suhu yang terlalu rendah dapat mengakibatkan tidak sempurnanya emas dan perak yang terkumpul dalam cairan timbal dan juga akan mengasilkan *lead botton* yang kecil. Setelah proses pelelehan cairan timbal dituang ke dalam mortal yang bebentuk kerucut *lead botton* dan slag akan terpisah, setelah dingin *lead botton* dikeluarkan dengan cara memalu memecahkan *slag* dari cetakan (Supriadidjaja, 2007).

2.4.4 Cupelation (Pemisahan Pb)

Pemisahan emas dan perak dari *lead botton* dalam *cupel* dilakukan dengan cara pemanasan dimana, timbal akan terserap oleh *cupel* dan tersisa butiran emas dan perak. Suhu pemanasan berkisar $900-950^\circ\text{C}$ selama 1 jam. *Lead botton* yang teroksidasi menjadi Pb 98,5 % terserap ke dalam cupel dan 1,5 % menguap (Supriadidjaja, 2007).

2.4.5 Pemipihan

Sebelum dilakukan proses penambahan asam, biji *pril* dipipihkan sampai berukuran $\pm 0,2$ mm. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan emas yang sempurna saat dilakukan pelarutan dengan asam (Supriadidjaja, 2007).

2.4.6 Digestion (Pelarutan)

Pemisahan emas dan perak dilakukan dengan cara penambahan asam nitrat agar perak larut. Setelah perak larut sempurna lalu ditambahkan dengan HCl 65% untuk melarutkan mineral-mineral yang masih terkandung dalam emas dengan cara pemanasan (Supriadidjaja, 2007).

2.5 Gravimetri

Analisis gravimetri adalah suatu bentuk analisis kuantitatif yang berupa penimbangan, yaitu suatu proses pemisahan dan penimbangan suatu komponen dalam suatu zat dengan jumlah tertentu dan dalam keadaan sempurna mungkin. Penimbangan disini merupakan penimbangan hasil reaksi setelah zat yang dianalisis direaksikan. Hasil reaksi dapat berupa sisa bahan atau suatu gas yang terjadi atau suatu endapan yang dibentuk dari bahan yang dianalisis (Darusman, 2001).

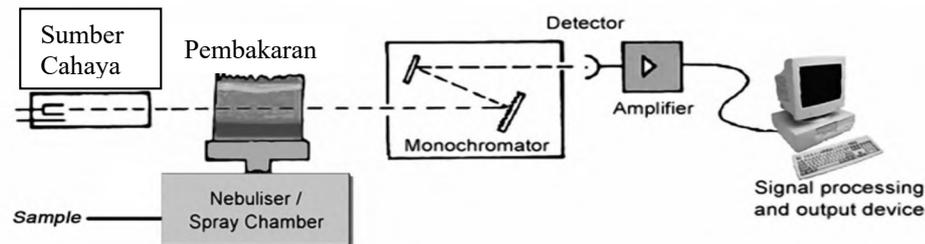
Gravimetri merupakan cara analisis tertua dan paling murah. Hanya saja gravimetri memerlukan waktu yang relatif lama dan hanya dapat digunakan untuk kadar komponen yang cukup besar. Suatu kesalahan kecil, secara relatif akan berakibat besar. Kendati demikian gravimetri masih dipergunakan untuk keperluan analisis karena waktu pengerjaannya yang tidak perlu terus-menerus dilakukan analisis karena setiap tahapan pengerjaan memakan waktu yang cukup lama. Sebagian analisis gravimetri menyangkut unsur yang akan ditentukan menjadi senyawa murni yang stabil dan mudah diubah ke dalam bentuk yang dapat ditimbang. Berat hasil reaksi dapat dihitung dari rumus dan berat atom senyawa yang ditimbang. Pengendapan merupakan teknik yang paling luas penggunaannya. Hal terpenting dalam pengendapan suatu hasil reaksi adalah kemurniannya dan kemudahan penyaringan yang pasti dilakukan dalam teknik pengendapan (Khopkar, 1990).

2.6 Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)

Metode spektrometri serapan atom berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu. Cahaya pada panjang gelombang tertentu mempunyai energi yang cukup untuk

mengubah tingkat elektronik suatu atom tertentu. Absorpsi energi menyebabkan atom pada keadaan dasar tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Nilai absorban berbanding lurus dengan konsentrasi zat tersebut (Day dan Underwood, 2002).

Bagan alat spektrofotometri serapan atom seperti ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bagan Alat Spektroskopi Serapan Atom (Summerfield, 2010).

Fungsi Bagan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA):

a. Sumber Cahaya

Lampu katoda merupakan sumber cahaya pada AAS. Lampu katoda memiliki masa pakai atau umur pemakaian selama 1000 jam. Lampu katoda pada setiap unsur yang akan diuji berbeda-beda tergantung unsur yang akan diuji, seperti lampu katoda Au, hanya bisa digunakan untuk pengukuran unsur Au. Lampu katoda terbagi menjadi dua macam, yaitu :

- Lampu Katoda Monologam : Digunakan untuk mengukur 1 unsur
- Lampu Katoda Multilogam : Digunakan untuk pengukuran beberapa logam sekaligus, hanya saja harganya lebih mahal.

Lampu katoda berfungsi sebagai sumber cahaya untuk memberikan energi sehingga unsur logam yang akan diuji, akan mudah tereksitasi. Selotip ditambahkan, agar tidak ada ruang kosong untuk keluar masuknya gas dari luar dan keluarnya gas dari dalam, karena bila ada gas yang keluar dari dalam dapat menyebabkan keracunan pada lingkungan sekitar (Summerfield, 2010).

b. Pembakaran

Pembakaran merupakan bagian paling terpenting di dalam unit, karena pembakaran berfungsi sebagai tempat pencampuran gas asetilen, dan akuabides, agar tercampur merata, dan dapat terbakar pada pemantik api secara baik dan

merata biasanya menjadi pilihan untuk analisis menggunakan SSA. Temperatur nyalanya yang lebih rendah mendorong terbentuknya atom netral dan dengan nyala yang kaya bahan bakar pembentukan oksida dari banyak unsur dapat diminimalkan.

c. Monokromator

Monokromator merupakan alat yang berfungsi untuk memisahkan radiasi yang tidak diperlukan dari spektrum radiasi lain yang dihasilkan oleh *Hallow Cathode Lamp*.

d. Detektor

Detektor merupakan alat yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik, yang memberikan suatu isyarat listrik berhubungan dengan daya radiasi yang diserap oleh permukaan yang peka.

e. Sistem pengolah

Sistem pengolah berfungsi untuk mengolah kuat arus dari detektor menjadi besaran daya serap atom transmisi yang selanjutnya diubah menjadi data dalam sistem pembacaan.

f. Sistem pembacaan

Sistem pembacaan merupakan bagian yang menampilkan suatu angka atau gambar yang dapat dibaca oleh mata.

Cara kerja spektroskopi serapan atom bermula dari sumber cahaya dari lampu katoda berongga yang memancarkan spektrum dari unsur logam yang akan dianalisis. Sampel masuk ke dalam *nebulizer* kemudian berubah menjadi *aerosol* yang kemudian diatomisasi oleh api yang berasal dari *burner*. Sampel yang teratomisasi terkena sinar dari lampu katoda menuju monokromator untuk mendispersi sinar yang ditransmisikan oleh atom. Sinar yang ditransmisikan diukur dengan detektor dan memberikan signal sebagai respon terhadap sinar yang diterima (Khopkar, 1990).

2.7 Presisi

Presisi adalah derajat kedekatan kesamaan pengukuran antara satu dengan lainnya. Jika hasil pengukuran saling berdekatan (mengumpul) maka dikatakan

mempunyai presisi tinggi dan sebaliknya jika hasil pengukuran menyebar maka dikatakan mempunyai presisi rendah. Presisi diindikasikan dengan penyebaran distribusi probabilitas. Distribusi yang sempit mempunyai presisi tinggi dan sebaliknya. Ukuran presisi yang sering digunakan adalah standar deviasi (σ) (Riyanto, 2014).

2.8 Akurasi

Akurasi adalah ukuran yang menunjukkan derajat kedekatan hasil analisis dengan kadar analit yang sebenarnya. Akurasi dinyatakan sebagai persen perolehan kembali (*recovery*) analit yang ditambahkan. Akurasi dapat ditentukan melalui dua cara, yaitu metode simulasi (*spiked-placebo recovery*) atau metode penambahan baku (*standard addition method*) (Harmita, 2006).

Metode adisi (penambahan baku), sampel dianalisis lalu sejumlah tertentu analit yang diperiksa (pure analit/standar) ditambahkan ke dalam sampel, dicampur dan dianalisis lagi. Selisih kedua hasil dibandingkan dengan kadar yang sebenarnya (hasil yang diharapkan) (Harmita, 2006).

Kedua metode tersebut, *recovery* dinyatakan sebagai rasio antara hasil yang diperoleh dengan hasil yang sebenarnya. Biasanya persyaratan untuk *recovery* adalah tidak boleh lebih dari 5% (Riyanto, 2014).

2.9 *Limit Of Detection* (LOD) dan *Limit Of Quantitation* (LOQ)

Limit of detection (LOD) adalah konsentrasi atau jumlah terkecil/terendah dari analit dalam sampel yang dapat terdeteksi, tetapi tidak perlu terkuantisasi sehingga nilai yang dihasilkan tidak harus memenuhi kriteria akurasi dan presisi. Nilai batas keberterimaan untuk akurasi kurang dari 5%, sedangkan untuk presisi batas keberterimaannya apabila nilai RSD (Standar Deviasi Relatif) lebih kecil dari nilai 2/3 (CV Horwitz) (Yulia, 2010).

Limit Of Quantitation (LOQ) merupakan parameter uji batas terkecil yang dimiliki oleh suatu alat/instrumen. Limit kuantisasi (LOQ) adalah konsentrasi atau jumlah terendah dari analit yang masih dapat ditentukan dan memenuhi kriteria akurasi dan presisi. Limit kuantisasi biasa disebut limit pelaporan (*limit of reporting*). Penentuan nilai limit deteksi dan kuantisasi tergantung pada

analisis yang dilakukan menggunakan alat/instrumen atau tidak menggunakan instrumen. Apabila kegiatan analisis dilakukan tidak menggunakan instrumen maka limit deteksi dan kuantisasi ditentukan dengan mendeteksi analit dalam sampel dengan pengenceran secara bertingkat (Yulia, 2010).

Nilai limit deteksi dan kuantisasi dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\text{LOD} = A + 3 \text{ SD}$$

$$\text{LOQ} = A + 10 \text{ SD}$$

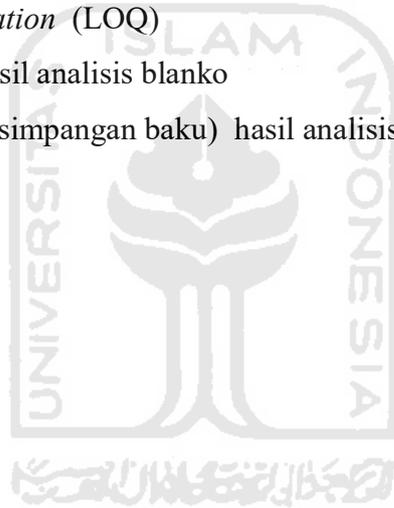
Dengan:

LOD = *Limit Of Detection* (LOD)

LOQ = *Limit Of Quantitation* (LOQ)

A = Nilai rata-rata hasil analisis blanko

SD = Standar Deviasi (simpangan baku) hasil analisis blanko



BAB III METODOLOGI

3.1 ALAT

1. Alat pelindung Diri
2. Palu
3. *Fusion Furnace*
4. *Muffle Furnace*
5. *Multipour Set (loader + Mould + unloader)*
6. Tabung Reaksi 10 mL
7. *Hot plate + water bath*
8. AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*)
9. *Analytical Balance* $d = 1 \text{ mg}$
10. Cawan krusibel
11. Sendok plastik
12. Krusibel
13. Cupel 8A & 6A

3.2 BAHAN

1. Sampel Konsentrat
2. Sampel STD G. 905_6
3. *Flux* (Na_2CO_3 , PbO , SiO_2 , $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, CaF_2 , dan tepung)
4. Tepung
5. HCl 37%
6. KNO_3
7. Paku
8. Perak
9. HNO_3 65%
10. Akuabides

3.3 Prosedur Kerja

3.3.1 Sampel Konsentrat Menggunakan Metode *Fire Assay* Secara Gravimetri

Sebanyak 15 gram sampel dimasukkan dalam kantung plastik dengan bobot 0.5 gram selanjutnya ditambahkan 200 gram *flux*, dan 18 gram KNO_3 , kemudian dimasukkan dalam krusibel yang berisi 2 mg perak dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Sampel Konsentrat Dalam krusibel

Sampel dilebur dalam furnace dengan suhu $1050^{\circ}C$ selama 45 menit. Hasil leburan dituang kedalam *iron mould*, dibiarkan dingin akan terbentuk dua fase yaitu *lead botton* (bawah), *slag* (atas) kemudian dipisahkan *lead botton* dari *slag*. *Slag* akan dilakukan *washing* sedangkan *lead botton* dipindahkan kedalam *cupel* 8A dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Lead Botton Dalam Cupel 8A

3.3.2 Washing

Slag dimasukkan dalam krusibel selanjutnya ditambahkan 25 gram *flux washing* dan 10 gram tepung terigu kemudian dilebur kembali dengan suhu $1050^{\circ}C$ selama 45 menit, hasil leburan dituang ke dalam *iron mould* dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Sampel Dituang Kedalam Iron Mould

Sampel uji hasil peleburan didinginkan dan akan terbentuk dua fase yaitu *lead botton* (bawah), *slag* (atas) dan dipisahkan *lead botton* dari *slag*. *Lead botton* dipindahkan ke dalam *cupel* 8A yang telah berisi *lead botton* dari proses peleburan pertama dan *slag* (pengotor) dibuang dilimbah. Kemudian dilakukan pemisahan emas dan perak dari *lead botton* dengan proses kupelasi dengan suhu 950°C selama 60 menit sampai kupelasi sempurna. Biji *prill* dipipihkan sampai berukuran $\pm 0,2$ mm kemudian hasil pipihan dimasukkan ke dalam krusibel dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Biji Prill Dipipihkan

Biji *prill* ditambahkan larutan asam nitrat 65 % 1:5 sebanyak 10 mL, kemudian dipanaskan dengan suhu 90-100°C selama 20-30 menit. Selanjutnya sampel dibilas sebanyak 3 kali dengan akuabides, dan ditambah larutan asam nitrat 65 % 1:1 sebanyak 10 mL, biji *prill* dipanaskan kembali selama 30-45 menit. Setelah dipanaskan kembali dibilas sebanyak 4 kali dengan akuabides, dan ditambahkan 1-2 mL larutan HCl 65 % selama 3-5 menit. Biji *prill* dibilas kembali sebanyak 4 kali dengan akuabides, selanjutnya kembali dipanaskan dan dikeringkan selama 10 menit. Setelah penambahan asam, biji *prill* dimasukkan dalam *muffle furnace* dengan suhu 900°C selama 10 menit, kemudian didinginkan, dikeringkan dan ditimbang menggunakan *analytical balance*. Hasil emas pengujian secara gravimetri dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Hasil Analisis Emas menggunakan Gravimetri

3.3.3 Sampel *Cupel Loss* Menggunakan Metode *Fire Assay* Secara AAS

Sampel *cupel loss* dihancurkan sampai ± 200 mesh dengan alat *shiploading autosampler*, kemudian sampel *cupel loss* ditimbang sebanyak 15 gram dilakukan duplo. Sampel ditambahkan 2.5 gram Sample STD G. 905_6 kemudian dimasukkan kedalam kantong plastik dan ditambahkan 150 gram *flux*. Sampel dicampur hingga merata kemudian dimasukkan ke dalam krusibel dan ditambahkan paku. Sampel *cupel loss* dimasukkan ke dalam *furnace* untuk melakukan proses peleburan dengan suhu sesuai tahapan yaitu 830°C, 880°C, 950°C, 980°C, dan 1050°C, kemudian sampel dituang kedalam *iron mold*. Selanjutnya sampel *cupel loss* didinginkan terbentuk dua fase yaitu *lead botton* (bawah), *slag* (atas). *Slag* (pengotor) dan *lead botton* dapat dilihat pada Gambar 3.6, selanjutnya dipisahkan dengan menggunakan palu.



Gambar 3.6 Lead Botton (Bawah), Slag (Atas)

Lead botton dimasukkan dalam *cupel* 6A untuk dilakukan proses kupelasi, yaitu dipanaskan dengan suhu 950 °C selama 60 menit, hingga terbentuknya biji *prill*. Selanjutnya biji *prill* dipindahkan kedalam tabung reaksi 10 mL kemudian ditambahkan larutan asam nitrat 65% 1 mL, dan dilakukan pemanasan dengan suhu 100°C sampai *prill* larut selanjutnya sampel *cupel loss* ditambahkan 1 mL HCl 37 %, dan dipanaskan dengan suhu 100°C sampai uap warna kuning mengilang, kemudian didiamkan dan ditambahkan akuabides sampai tanda batas dan dihomogenkan. Sampel *cupel loss* akan diukur menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) dengan panjang gelombang 242 nm.

3.3.4 Pembuatan Larutan Deret Standar Emas

Pembuatan larutan deret standar dimulai dengan diambil sebanyak 0,1; 0,5; 1; 2; dan 3 mL ke dalam labu takar 100 mL dari larutan induk standar emas 1000 ppm, untuk dibuat deret standar dengan konsentrasi berturut-turut 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 20 ppm dan 30 ppm. Larutan deret standar diuji dengan AAS pada panjang gelombang 242 nm.



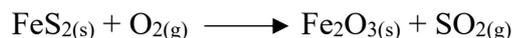
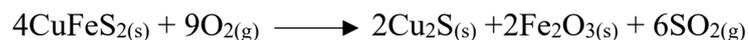
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Kadar Emas

4.1.1 Pemisahan Emas Dengan Metode *Fire Assay*

Fire Assay merupakan metode analisis kuantitatif untuk menentukan kadar logam dalam batuan dan produk metalurgi seperti emas, perak dan golongan logam platina. Metode *fire assay* melibatkan reagen kimia kering atau *flux*. Penentuan kadar dilakukan secara gravimetri berdasarkan berat logam dalam keadaan murni (Haffty dkk, 1977). Tahapan metode *fire assay* meliputi preparasi sampel, penambahan *flux*, peleburan, pengupelan, pemisahan emas dan perak, *parting* dan penimbangan. Proses peleburan ditambah dengan *flux*, yaitu suatu bahan yang mengikat pengotor dan membentuk zat yang mudah mencair, yang disebut *slag*.

Preparasi sampel meliputi penghancuran sampel, penggilingan dengan mesin, dan pengadukan. Sampel dihancurkan hingga halus mencapai ukuran ± 200 mesh untuk mendapatkan hasil yang representatif. Penambahan *flux* yang mempunyai komposisi antara lain Na_2CO_3 , PbO , SiO_2 , $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, CaF_2 , dan tepung bertujuan untuk melakukan proses peleburan dengan mengikat zat-zat yang tidak diinginkan seperti oksida logam (SiO_2 dan TiO_2) dan sulfur seperti pirit (FeS_2) dan kalkopirit (CuFeS_2) yang terdapat pada mineral (Supriadijaja, 2007). Penambahan kalium nitrat (KNO_3) yang mempunyai kandungan oksigen, dimana oksigen ini berfungsi untuk mengoksidasi sulfida dalam bijih yang tinggi kadar sulfidanya. Reaksi yang terjadi (Supriadijaja, 2007) :



Masing-masing komposisi *flux* mempunyai fungsi masing-masing saat peleburan yaitu (Ronaldo dan Kurnia, 2015) :

1. Natrium Karbonat (Na_2CO_3) bahan yang bersifat basa kuat, bereaksi dengan contoh membentuk alkali sulfida, aluminat dan kuarsat. Oksidator dan penghilang sulfur adalah sifat berikutnya dari sodium karbonat.
2. Sifat basa timbal(II) oksida (PbO) lebih lemah dari sodium karbonat, namun masih baik sebagai oksidator sulfur. Ketika PbO tereduksi dalam leburan menghasilkan Pb yang bertindak sebagai penghimpun logam mulia.
3. Silikon dioksida (SiO_2) merupakan bahan yang sangat lazim terdapat pada batuan, bersifat asam kuat yang akan membentuk kuarsat dengan oksida logam. Silikon dioksida ditambahkan apabila bijih rendah kadar kuarsatnya sehingga menghasilkan leburan yang lebih cair dan melindungi cawan dari serangan PbO .
4. Boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) pun merupakan asam kuat, mampu melarutkan semua oksida logam. Kemampuan menurunkan titik lebur pada proses *fire assay* merupakan kelebihan lain dari boraks.
5. Kalsium fluorida (CaF_2) berfungsi untuk menambah fluiditas dari leburan, digunakan apabila contoh mempunyai kandungan Al lebih dari 1%.
6. Tepung (*flour*) berfungsi sebagai sumber karbon untuk mereduksi PbO menjadi Pb yang penting dalam menghimpun logam mulia.

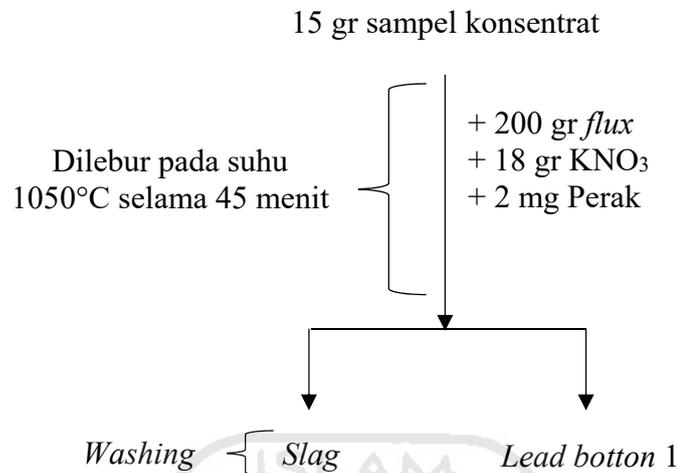
Sampel konsentrat dimasukkan dalam *furnace* untuk melakukan peleburan menggunakan garpu yang didorong dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Proses Memasukkan Sampel Dalam *Furnace*

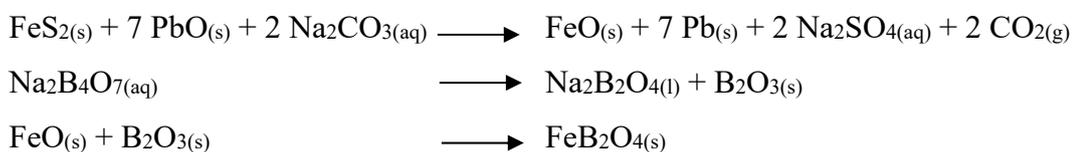
Proses peleburan dilakukan pada suhu 1050°C untuk melelehkan logam-logam. Setelah peleburan sampel diangkat menggunakan garpu yang dimodifikasi, sampel konsentrat dimasukkan dalam *iron mould* kemudian didinginkan. Sampel

terbentuk dua lapisan yaitu *slag* (pengotor) dan *lead Botton*. Tahap analisis emas menggunakan metode *fire assay* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Tahap Analisis Emas Menggunakan Metode *Fire Assay*

Pada proses peleburan akan terjadi reaksi timbal oksida mengoksidasi sulfur pada besi sulfida sehingga besi sulfida mengalami desulfurisasi menjadi bentuk oksida logam. Sedangkan natrium karbonat akan bereaksi dengan sulfur menjadi natrium sulfat. Penambahan natrium karbonat mencegah sulfur mengikat timbal menjadi timbal sulfida (PbS) yang berupa endapan hitam, sehingga logam pengotor tidak teroksidasi. Boraks terhidrolisis akibat pemanasan sehingga menghasilkan boron trioksida. Oksida logam beserta pengotor lain diikat dengan boron trioksida membentuk kaca berwarna hijau yang disebut *slag* (Haffty dan dkk, 1977). Reaksi pada proses peleburan dengan penambahan *flux* sebagai berikut (Haffty dkk, 1977):



Proses peleburan *fire assay* menghasilkan suatu endapan logam, yang terdiri dari macam-macam logam berat yang tidak teroksidasi oleh PbO, oleh karena itu perlu dilakukan pemisahan lebih spesifik lagi dengan pengupelan yang hasilnya menjadi *prill* yang terdiri dari emas dan perak.

Pada proses analisis emas dilakukan *washing* pada *slag* (pengotor) dan dimasukkan kembali ke dalam krusibel kemudian ditambahkan 25 gram *flux washing*, dan 10 gram tepung terigu selanjutnya sampel konsentrat kembali dilebur dengan suhu 1050 °C selama 45 menit. Selanjutnya hasil peleburan sampel diangkat menggunakan garpu yang dimodifikasi seperti ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Proses Penuangan Sampel

Sampel konsentrat *washing* dituang ke dalam *iron mould* kemudian didinginkan. Sampel yang telah dingin dilakukan pemisahan *slag* dan *lead botton* dengan cara dipecahkan menggunakan sendok dan *lead botton* dimasukkan kedalam *cupel* 8A yang telah berisi *lead botton*. Lelehan logam beserta pengotornya dicetak dengan cetakan besi dapat dilihat pada Gambar 4.4.

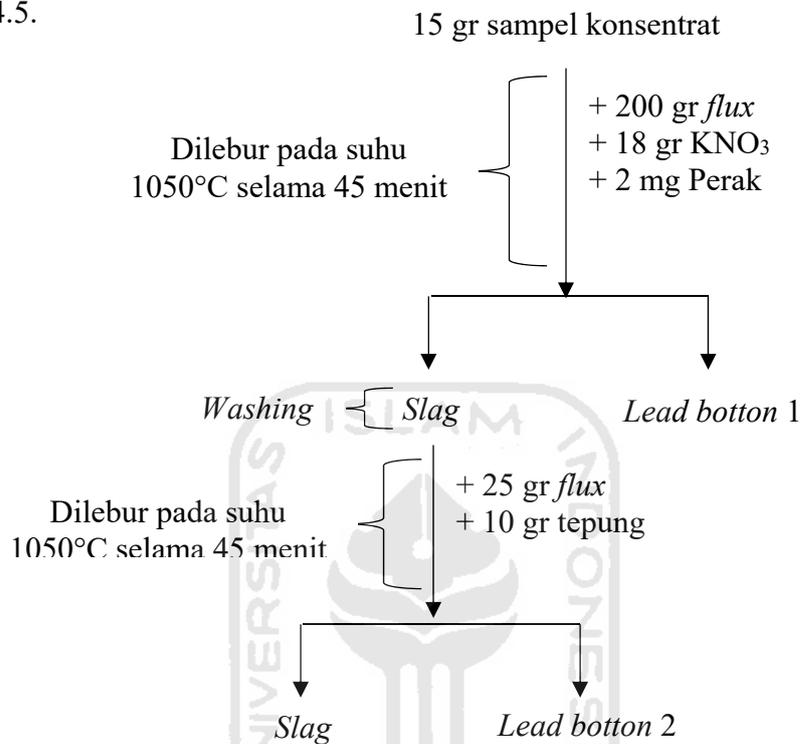


Gambar 4.4 Pencetakan Hasil Peleburan.

Logam-logam berat akan berada di bawah akibat perbedaan bobot jenis disebut *button*. Endapan campuran logam atau timbal tersebut dibersihkan secara fisik yaitu dipukul dengan palu di atas hamparan besi. *Lead botton* yang sudah terpisah dari pengotornya kemudian akan dianalisis kandungan emas yang terkandung dalam sampel. *Slag* (pengotor) yang diperoleh pada proses peleburan dilakukan proses lanjutan yang disebut *washing* dengan menambahkan sejumlah *flux* dan tepung untuk dilebur hingga diperoleh *lead botton*. Fase *lead botton* kemudian

dikupelasi hingga didapatkan biji *prill* yang hasilnya akan digabungkan dengan biji *prill* dari proses peleburan awal.

Tahap *washing* analisis emas menggunakan *fire assay* dapat dilihat pada Gambar 4.5.

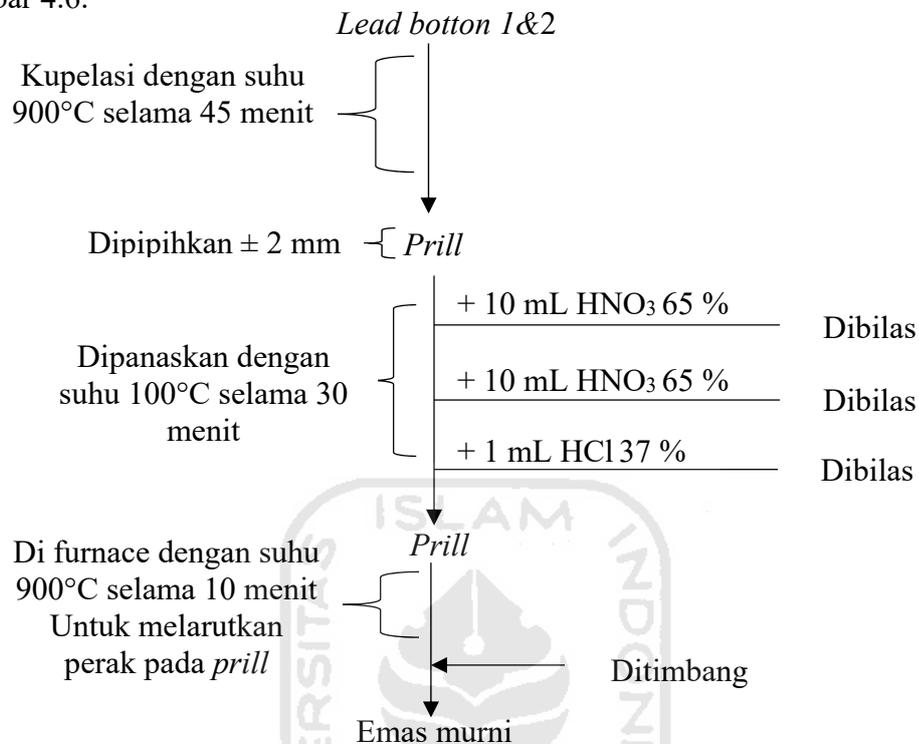


Gambar 4.5 Tahap Analisis Emas Menggunakan Metode *Fire Assay*

4.1.2 Analisis Kadar Emas Pada Sampel Konsentrat Menggunakan Gravimetri

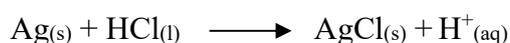
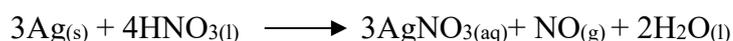
Pengupelan atau kupelasi dilakukan setelah timbal telah bersih dari pengotor, pada suhu 800-900°C. Suhu yang digunakan tersebut dibawah titik lebur emas dan perak namun di atas titik lebur Pb sehingga Pb meleleh dan terserap pada *cupel*, sedangkan logam mulia akan tertinggal pada permukaan *cupel* yang sering disebut dengan *prill*. Hasil *prill* didinginkan dan dipipihkan menggunakan palu hingga ketebalan $\pm 0,2$ mm . Emas dan perak dipisahkan dengan bantuan asam nitrat 65% 1:5 sebanyak 10 mL kemudian dipanaskan dalam lemari asam dengan suhu 100°C selama 30 menit untuk proses tersebut untuk melarutkan perak.

Tahap kupelasi dan penambahan asam pada sampel konsentrat dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Tahap Kupelasi Dan Penambahan Asam Analisis Emas Menggunakan Gravimetri

Biji *prill* setelah pemanasan kemudian dicuci dengan akuabides sebanyak 3 kali dan ditambahkan HCl 37% 1:1 sebanyak 1-2 mL dan dipanaskan kembali selama 15 menit. Proses pembilasan pada pengujian dilakukan setelah penambahan HNO₃ dan sebelum penambahan HCl. Hal ini dilakukan untuk mencegah adanya reaksi antara HNO₃ dengan HCl, karena apabila HNO₃ bereaksi dengan HCl akan terbentuk larutan aquaregia, dimana aquaregia merupakan senyawa yang dapat melarutkan emas, sehingga untuk melarutkan perak tanpa melarutkan emas yang akan diuji, proses pembilasan dilakukan untuk mencegah larutnya emas oleh aquaregia (Svehla 1985). Pada proses penambahan asam terdapat reaksi sebagai berikut (Svehla 1985):



Penambahan asam nitrat berfungsi untuk melarutkan perak dalam biji *prill* dan memisahkan ion perak yang dihasilkan menjadi endapan klorida setelah

penambahan asam klorida. Biji *prill* dibilas kembali dengan akuabides sebanyak 3 kali, dimasukkan ke dalam *furnace* dengan suhu 900°C selama 15 menit untuk menguapkan perak klorida dan perak nitrat yang tersisa dari pembilasan dengan aquabides, karena perak klorida mempunyai titik lebur dengan suhu 455°C dan perak nitrat mempunyai titik lebur dengan suhu 212°C, sehingga pada pemanasan 900°C perak klorida dan perak nitrat akan hilang dan yang tersisa hanya emas murni. Emas murni ditimbang menggunakan *analytical balance* $d = 0,1$ mg, agar hasil lebih akurat. Hasil analisis sampel konsentrat menggunakan metode *fire assay* secara gravimetri dapat ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Konsentrasi Emas Pada Sampel Konsentrat Menggunakan Gravimetri

Berat Sampel (g)	Berat Emas (g)	Konsentrasi Emas (mg/g)
15,02	0,223	14,85
15,02	0,219	14,58
15,02	0,216	14,38
15,02	0,205	13,65
15,02	0,217	14,45
15,03	0,22	14,64
15,00	0,222	14,80
15,03	0,223	14,84
15,03	0,202	13,44
15,03	0,218	14,50
\bar{X}	0,216	14,41

Berdasarkan Tabel 4.1 pada pengujian gravimetri diperoleh berat emas rata-rata pada sampel konsentrat sebesar 0,216 g. Konsentrasi emas pada sampel konsentrat diperoleh menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Konsentrasi emas (mg/g)} = \frac{\text{Berat Emas (g)} \times 1000 \text{ mg/g}}{\text{Berat Sampel (g)}}$$

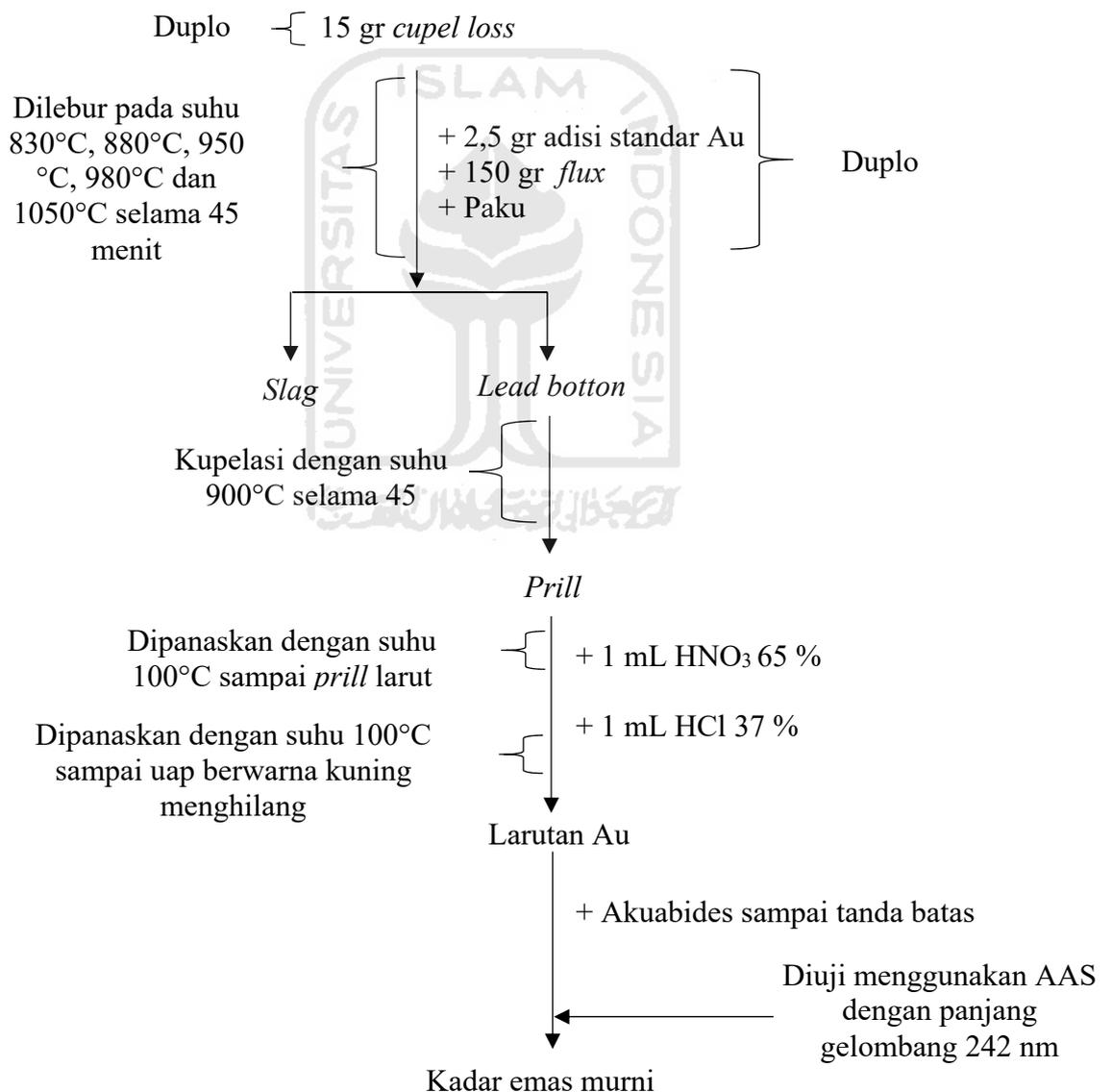
Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh konsentrasi emas rata-rata pada sampel konsentrat sebesar 14,41 mg/g.

4.1.3 Analisis Kadar Emas Pada *Cupel Loss* Menggunakan Metode *Fire Assay* secara *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS)

Cupel loss yang digunakan akan dianalisis kembali untuk melihat kadar emas yang masih mengendap dalam *cupel* menggunakan metode *fire assay* secara *atomic absorption spectrophotometry* (AAS). Tahapan metode *fire assay* meliputi

preparasi sampel, penambahan 2,5 g Sample STD G. 905_6, penambahan *flux*, peleburan, pengupelan, pemisahan emas dan perak, dan diukur menggunakan AAS. Proses peleburan ditambah dengan *flux*, yaitu suatu bahan yang mengikat pengotor dan membentuk zat yang mudah mencair, yang disebut *slag*. Penambahan standar emas pada sampel *cupel loss* karena kadar emas pada *cupel loss* sangat kecil sehingga apabila dianalisis dengan AAS tidak terlalu baik karena diluar rentang deret standar kurva kalibrasi sehingga perlu ditambahkan standar.

Tahap alur analisis kadar emas pada sampel *cupel loss* menggunakan metode *fire assay* secara AAS dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Tahap Alur Analisis Kadar Emas Pada Sampel *Cupel Loss* Menggunakan Metode *Fire Assay* Secara AAS.

Sampel *cupel loss* dalam bentuk biji *prill*, ditambahkan asam nitrat pekat 65 % sebanyak 1 mL dan dipanaskan dengan suhu 100°C sampai biji *prill* larut. Selanjutnya ditambahkan HCl 37 % sebanyak 1 mL dan dipanaskan kembali sampai uap berwarna kuning menghilang. Sampel uji kemudian didinginkan dan ditambahkan akuabides sampai tanda batas volume 10 mL, selanjutnya dihomogenkan dan diukur menggunakan AAS dengan panjang gelombang 242 nm.

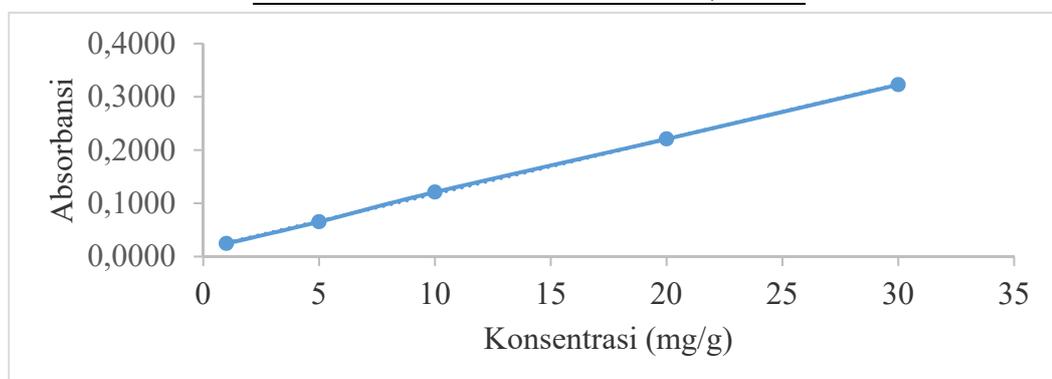
Emas tahan terhadap asam nitrat ataupun asam klorida, hanya aqua regia (asam klorida : asam nitrat 1:1) yang dapat melarutkannya dengan membentuk anion tetrakloroaurat(III), dan mendapat hidrogen dari asam nitrat yang menghasilkan gas NO yang berwarna kuning. Reaksi penambahan asam nitrat dan asam klorida pada sampel *cupel loss* adalah sebagai berikut (Svehla 1985).



Konsentrasi emas terukur pada sampel *cupel loss* diperoleh menggunakan kurva kalibrasi larutan standar emas. Data hasil pengujian larutan standar emas dan penentuan kurva kalibrasi ditunjukkan pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.8.

Tabel 4.2 Data Absorbansi Larutan Emas Standar

No	Konsentrasi Larutan Standar (mg/L)	Abs
1	1	0,0243
2	5	0,0653
3	10	0,121
4	20	0,2208
5	30	0,3227



Gambar 4.8 Larutan Standar Emas

Berdasarkan Tabel 4.2, data absorbansi larutan emas standar menunjukkan nilai absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi dengan nilai persamaan regresi linear yang diperoleh yaitu $y = 0,0103x + 0,0151$ dan koefisien determinasi (R^2) = 0,9998.

Hasil analisis untuk kadar emas dalam sampel *cupel loss* dengan metode *fire assay* secara *atomic absorption spectrophotometry* dengan pengulangan pengujian sebanyak 10 kali dapat ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Uji Konsentrasi Emas Pada *Cupel Loss* Secara *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS)

No	Berat <i>Cupel Loss</i> (g)	Absorbansi	Konsentrasi Emas Terukur (mg/L)	Konsentrasi Standar Emas (mg/L)	Konsentrasi Emas pada <i>Cupel Loss</i> (mg/L)	Konsentrasi Emas pada <i>Cupel Loss</i> (mg/g)
1	30	0,025297	0,99	0,85	0,14	$7,25 \times 10^{-6}$
2	30	0,025091	0,97	0,85	0,12	$6,21 \times 10^{-6}$
3	30	0,025297	0,99	0,85	0,14	$7,25 \times 10^{-6}$
4	30	0,023855	0,85	0,85	0	0
5	30	0,025503	1,01	0,85	0,16	$8,29 \times 10^{-6}$
6	30	0,025606	1,02	0,85	0,17	$8,80 \times 10^{-6}$
7	30	0,024885	0,95	0,85	0,1	$5,18 \times 10^{-6}$
8	30	0,024782	0,94	0,85	0,09	$4,66 \times 10^{-6}$
9	30	0,025503	1,01	0,85	0,16	$8,29 \times 10^{-6}$
10	30	0,025194	0,98	0,85	0,13	$6,73 \times 10^{-6}$
\bar{X}		0,0251013	0,97		0,121	$6,26 \times 10^{-6}$

Pengujian emas pada sampel *cupel loss* menggunakan metode adisi standar karena kadar emas yang terdapat dalam *cupel loss* sangat kecil sehingga perlu ditambahkan standar emas sebanyak 5 g. Standar emas yang ditambahkan pada pengujian *cupel loss* dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$\text{Konsentrasi Standar Emas} = \frac{\text{Berat Standar logam emas}}{\text{Berat Sampel} + \text{Standar emas}} \times 5,96 \text{ mg/L}$$

Keterangan : 5,96 mg/L = Kadar sampel STD G yang disertifikasi.

Hasil persamaan tersebut diperoleh konsentrasi emas yang ditambahkan sebesar 0,85 mg/L. Konsentrasi emas pada sampel *cupel loss* diperoleh dari pengurangan hasil konsentrasi emas terukur dan konsentrasi standar emas.

Berdasarkan Tabel 4.3 konsentrasi emas rata-rata pada *cupel loss* yang didapatkan sebesar $6,26 \times 10^{-6}$ mg/g.

4.1.4 Konsentrasi Emas Total

Hasil analisis konsentrasi emas pada sampel konsentrat ditambahkan dengan hasil konsentrasi emas pada *cupel loss* untuk menentukan konsentrasi emas total pada sampel uji. Hasil kadar emas total ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Konsentrasi Emas Total

No	Konsentrasi Emas pada Konsentrat (mg/g)	Konsentrasi Emas pada <i>Cupel Loss</i> (mg/g)	Konsentrasi Emas Total (mg/g)
1	14,85	$7,25 \times 10^{-6}$	14,85
2	14,58	$6,21 \times 10^{-6}$	14,58
3	14,38	$7,25 \times 10^{-6}$	14,38
4	13,65	0	13,65
5	14,45	$8,29 \times 10^{-6}$	14,45
6	14,64	$8,80 \times 10^{-6}$	14,64
7	14,80	$5,18 \times 10^{-6}$	14,80
8	14,84	$4,66 \times 10^{-6}$	14,84
9	13,44	$8,29 \times 10^{-6}$	13,44
10	14,50	$6,73 \times 10^{-6}$	14,50
	14,41	$6,26 \times 10^{-6}$	14,41

Berdasarkan Tabel 4.4 didapatkan kadar rata-rata emas total sebesar 14,41 mg/g. Hasil analisis tersebut akan dibandingkan dengan konsentrasi sampel standar emas yang telah disertifikasi. Rata-rata konsentrasi emas pada standar konsentrat sebesar 14,86 mg/g seperti ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Konsentrasi Emas Pada Standar Konsentrat

No Job	Kode Sampel	Berat Sampel (g)	Berat Emas (g)	Konsentrasi Emas (mg/g)
239	391503	15	0,221	14,73
239	391503	15	0,225	15,00
	\bar{X}		0,223	14,86

Hasil ini menyatakan bahwa nilai kadar sampel uji emas masuk dalam standar yang ditetapkan oleh perusahaan yaitu maksimal 14,86 mg/g.

4.2 Penentuan Presisi Dan Akurasi Pada Sampel Konsentrat Menggunakan Metode *Fire Assay* Secara Gravimetri

Presisi adalah derajat kedekatan kesamaan pengukuran antara satu dengan lainnya. Penentuan presisi penting dilakukan untuk mengetahui baik atau tidaknya suatu pengukuran berdasarkan kedekatan hasil pengukuran satu dengan pengulangan pengukuran (Riyanto, 2014). Akurasi adalah kedekatan hasil pengukuran dengan kadar sebenarnya, sehingga akurasi perlu ditentukan untuk mengetahui keakuratan hasil pengujian (Riyanto, 2014). Nilai presisi pengujian kadar emas dengan menggunakan gravimetri dapat ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Presisi Dan Akurasi Konsentrasi Emas Pada Sampel Konsentrat Menggunakan Gravimetri

Kode Sampel	Berat Sampel (g)	Berat Emas (g)	Konsentrasi Emas (mg/g)	$(X - \bar{X})^2$
391503	15,02	0,223	14,85	0,190969
391503	15,02	0,219	14,58	0,027889
391503	15,02	0,216	14,38	0,001089
391503	15,02	0,205	13,65	0,582169
391503	15,02	0,217	14,45	0,001369
391503	15,03	0,22	14,64	0,051529
391503	15,00	0,222	14,80	0,149769
391503	15,03	0,223	14,84	0,182329
391503	15,03	0,202	13,44	0,946729
391503	15,03	0,218	14,50	0,007569
	\bar{X}	0,216	14,41	
		$\Sigma (X - \bar{X})^2$		2,1414
		SD		0,4877
		%RSD		3,3850
		CV Horwitz		10,7078

Pengujian dikatakan presisi apabila nilai %RSD < 2% dan pada pengujian ini diperoleh nilai %RSD sebesar 3,3850%. Nilai %RSD yang diperoleh lebih besar dari 2% sehingga perlu adanya penentuan nilai CV Horwitz untuk menentukan tingkat presisi pada pengujian ini. Nilai CV Horwitz yang didapatkan sebesar 10,7078% yang menunjukkan bahwa pengujian kadar emas dengan metode *fire assay* secara gravimetri dikatakan presisi karena nilai %RSD < CV Horwitz (Riyanto, 2014).

Penentuan emas dengan gravimetri dilakukan pula uji akurasi. Akurasi merupakan kedekatan hasil pengujian dengan nilai benar, sehingga akurasi dikatakan baik apabila nilai akurasi masuk antara rentang 80-110% (Riyanto, 2014). Uji nilai akurasi pada standar konsentrat secara gravimetri menggunakan sampel standar ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Uji Akurasi Konsentrasi Emas Pada Standar Konsentrat

Kode Sampel	Berat Sampel (g)	Berat Emas (g)	Konsentrasi Emas (mg/g)
391503	15	0,221	14,73
391503	15	0,225	15,00
	\bar{X}	0,223	14,86
	% <i>Trueness</i>		99,06%

Berdasarkan Tabel 4.7 pengujian akurasi pada penentuan emas dengan gravimetri menggunakan standar emas 15 mg/g. Akurasi pada penentuan emas dengan gravimetri adalah sebesar 99,06%. Hasil ini menunjukkan pengujian memiliki tingkat akurasi yang baik karena nilai akurasi masuk dalam rentang nilai 80-110% (Riyanto, 2014). Tujuan penentuan akurasi adalah untuk mengetahui keakuratan atau kedekatan hasil pengujian dengan nilai benar.

4.3 Penentuan Presisi Dan Akurasi Pada *Cupel Loss* Menggunakan Metode *Fire Assay Secara Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)*

Presisi adalah derajat kedekatan kesamaan pengukuran antara satu dengan lainnya. Penentuan presisi penting dilakukan untuk mengetahui baik atau tidaknya suatu pengukuran berdasarkan kedekatan hasil pengukuran satu dengan pengulangan pengukuran. Sedangkan akurasi adalah kedekatan hasil pengukuran dengan kadar sebenarnya, sehingga akurasi perlu ditentukan untuk mengetahui keakuratan hasil pengujian. Penentuan nilai presisi dan akurasi emas dengan menggunakan AAS dapat ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Presisi Dan Akurasi *Cupel Loss* Menggunakan Metode *Fire Assay* Secara *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS)

No	Berat <i>Cupel Loss</i> (g)	Absorbansi	Konsentrasi Emas Terukur (mg/L)	Konsentrasi Standar Emas (mg/L)	Konsentrasi Emas pada <i>Cupel Loss</i> (mg/L)	Konsentrasi Emas pada <i>Cupel Loss</i> (mg/g)	$(X - \bar{X})^2$
1	30	0,025297	0,99	0,85	0,14	$7,25 \times 10^{-6}$	$9,6915 \times 10^{-13}$
2	30	0,025091	0,97	0,85	0,12	$6,22 \times 10^{-6}$	$2,7440 \times 10^{-15}$
3	30	0,025297	0,99	0,85	0,14	$7,25 \times 10^{-6}$	$9,6803 \times 10^{-13}$
4	30	0,023855	0,85	0,85	0	0	$3,9312 \times 10^{-11}$
5	30	0,025503	1,01	0,85	0,16	$8,29 \times 10^{-6}$	$4,0810 \times 10^{-12}$
6	30	0,025606	1,02	0,85	0,17	$8,81 \times 10^{-6}$	$6,4429 \times 10^{-12}$
7	30	0,024885	0,95	0,85	0,1	$5,18 \times 10^{-6}$	$1,1851 \times 10^{-12}$
8	30	0,024782	0,94	0,85	0,09	$4,66 \times 10^{-6}$	$2,5817 \times 10^{-12}$
9	30	0,025503	1,01	0,85	0,16	$8,29 \times 10^{-6}$	$4,0810 \times 10^{-12}$
10	30	0,025194	0,98	0,85	0,13	$6,74 \times 10^{-6}$	$2,1692 \times 10^{-12}$
	\bar{X}	0,025103	0,97		0,121	$6,27 \times 10^{-6}$	
						$\Sigma (X - \bar{X})^2$	$5,9841 \times 10^{-11}$
						SD	$2,5785 \times 10^{-6}$
						%RSD	41,1290
						CV Horwitz	34,3292
						% Recovery	99,88 %

Pengujian dikatakan presisi apabila nilai %RSD < 2% dan pada pengujian ini diperoleh nilai %RSD sebesar 41,1290%. Nilai %RSD yang diperoleh lebih besar dari 2% sehingga perlu adanya penentuan nilai CV Horwitz untuk menentukan tingkat presisi pada pengujian ini. Nilai CV Horwitz yang didapatkan sebesar 34,3292% yang menunjukkan bahwa pengujian kadar emas dengan metode *fire assay* secara gravimetri dikatakan presisi karena nilai %RSD < CV Horwitz (Riyanto, 2014).

Uji akurasi penentuan emas pada *cupel loss* dengan AAS menggunakan metode perolehan kembali (% recovery). *Recovery* merupakan penentuan akurasi berdasarkan nilai perolehan kembali analit atau standar yang ditambahkan pada sampel. Penentuan akurasi dengan metode *recovery* dilakukan dengan menambahkan standar emas. Hasil uji dikatakan akurat apabila nilai %recovery mendekati angka 100%. Nilai % recovery yang didapatkan pada penentuan emas

dengan AAS sebesar 99,88%, sehingga hasil ini dikatakan akurat karena nilai %recovery yang didapatkan mendekati angka 80-110% (Riyanto, 2014).

4.4 Penentuan LOD Dan LOQ Pada *Pengujian Cupel Loss Menggunakan Metode Fire Assay Secara Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)*

Pengujian emas pada *cupel loss* dengan menggunakan metode *fire assay* secara *Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)*, perlu dilakukan penentuan *limit of detection (LOD)* adalah konsentrasi atau jumlah terkecil/terendah dari analit dalam sampel yang dapat terdeteksi, dan *limit of quantitation (LOQ)* merupakan batas kuantifikasi didefinisikan sebagai konsentrasi analit terendah dalam sampel, yang dapat ditentukan dengan presisi dan akurasi yang dapat diterima pada kondisi operasional metode yang digunakan (Yulia, 2010). Penentuan LOD dan LOQ untuk mengetahui sensitifitas alat AAS. Penentuan nilai LOD dan LOQ dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Penentuan Nilai LOD dan LOQ

No	Konsentrasi Larutan Standar (mg/L)	Abs	y	(yi-y) ²
1	1	0,0243	0,0254	0,00000121
2	5	0,0653	0,0666	1,69x10 ⁻⁶
3	10	0,121	0,1181	8,41x10 ⁻⁶
4	20	0,2208	0,2211	9x10 ⁻⁸
5	30	0,3227	0,3241	1,96x10 ⁻⁶
$\Sigma (y_i - \bar{y})^2$				4,4533x10 ⁻⁶
Sy/x				0,00211
LOD				0,6146
LOQ				2,0488

Nilai LOD untuk pengukuran konsentrasi larutan emas adalah sebesar 0,6146 mg/L, dan nilai LOQ pada konsentrasi larutan emas adalah sebesar 2,0488 mg/L, sedangkan konsentrasi emas pada *cupel loss* sebelum penambahan standar emas yaitu sebesar 0,121 mg/L. Konsentrasi emas pada sampel *cupel loss* terlalu kecil untuk memenuhi batas minimal konsentrasi pada LOD dan LOQ, oleh karena itu sampel *cupel loss* perlu ditambahkan adisi standar emas dengan konsentrasi sebesar 0,85 mg/L sehingga *cupel loss* dapat dideteksi oleh AAS. Hasil pengujian *cupel loss* setelah penambahan adisi standar emas mempunyai konsentrasi sebesar 0,97 mg/L.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Kadar emas rata-rata pada sampel konsentrat yang diuji menggunakan metode *fire assay* secara gravimetri sebesar 14,41 mg/g. sedangkan kadar emas rata-rata pada sampel uji *cupel loss* menggunakan metode *fire assay* secara *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) sebesar $6,27 \times 10^{-06}$ mg/g.
2. Hasil pengujian kadar emas dengan metode *fire assay* berdasarkan gravimetri dengan nilai presisi %RSD sebesar 3,3850% sedangkan nilai CV Horwitz sebesar 10,7078, dan akurasi dengan nilai *trueness* sebesar 99,06%. Hasil pengujian dengan AAS nilai presisi %RSD sebesar 41,1290 sedangkan CV Horwitz sebesar 34,3292, sedangkan nilai akurasi %*recovery* sebesar 99,88%, kemudian untuk nilai LOD sebesar 0,6146 dan nilai LOQ sebesar 2,0488.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian ini disarankan hal sebagai berikut :

1. Peralatan yang digunakan untuk pengujian rutin sebaiknya harus dikalibrasi terlebih dahulu dan kalibrasi dilakukan secara berkala.
2. Pengujian validasi metode sebaiknya dilakukan pada tempat khusus serta menggunakan alat dan bahan yang mempunyai kualitas paling baik untuk meminimalisir kesalahan yang mungkin terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, M.D.Ed. 2005. *Advances in Gold Processing*. Wastern: Mutis Liber Pty Ltd.
- Darusman L K. 2001. *Diktat Kimia Analitik 1 jilid 1*. Bogor: Departemen Kimia FMIPA-IPB.
- Day RA dan Underwood. AL. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Lis Sopyan, penerjemah. Jakarta: Erlangga.
- Haffty J, Riley L B, dan Goss W D. 1977. *A Manual On Fire Assaying and Determination of The Noble Metals In Geological Materials*. New York: Geological Survey Bulletin 1445.
- Harmita. 2006. *Petunjuk pelaksanaan validasi metode dan cara perhitungannya*. Depok: Departemen Farmasi FMIPA Universitas Indonesia.
- Klein, C. dan Hurbult, C.S. 1985. *Manual of Mineralogy 20th edition*. New York: John Willey & Sons Inc.
- Khopkar S.M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*, diterjemahkan oleh Saptorahardjo dan Agus Nurhadi, Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Lutvi M. & Damayanti R. 2009. *Karakterisasi Merkuri dalam Sedimen dan Air Pada Pengolahan Tailing Amalgamasi di Kegiatan Pertambangan Emas Rakyat Secara Sianidasi*, Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral.
- Riyanto, 2014, *Validasi & Verifikasi Metode Uji*, Yogyakarta: Deepublish.
- Smith, D.W. 1990. *Inorganic Substances Prelude to Study of Discriptive Inorganic Chemistry*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Summerfield S. 2010. *Introduction to Atomic Spectrometry*. New York: Loughborough University.
- Steele, I. M., Gaspar, L.J., J. C., McMahon, G., Marquez, M. A. dan Vasconcellos, M. A. Z. 2000. Comparative Analysis of Sulfides for Gold using SXRF and SIMS. *The Canadian Mineralogist*, 38: 1 – 10.
- Supriadijaja, A. 2007. Penentuan Kadar Emas (Au) Dan Perak (Ag) Metoda Fire Assay: Perbandingan Hasil Analisis Peleburan Tungku Gas Terhadap Tungku Solar. *Jurnal Riset Geologi & Pertambangan*. 1 (1): 51-59.

- Sutardi. 2006. *Kimia Bahan Galian*. Malang : Jurusan Kimia Universitas Negeri Malang.
- Svehla G. 1985. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Setiono L, Pudjaatmaka AH, penerjemah. Jakarta: PT Kalman Media Pusaka.
- Turan A, dan Yucel O. 2011. The Effect Iron and Oxidizing Flux Addition On The Fire Assay Of Low Grade Pyritic Refractory Gold Ores. *Journal of Mining and Metallurgy*. 47(2): 219-227.
- Ronaldo, I dan Kurnia. 2015. Optimasi Kondisi Peleburan, Komposisi Fluks Dan Kupelasi Fire Assaying Untuk Menentukan Kadar Logam Mulia Dalam Contoh Kuarsa. *Prosiding PPIS*. 4 Juni 2015, Manado. Laboratorium Geologi-Pusat Survei Geologi: ISSN 0853-9677, 173-182
- Yulia. 2010. *Validasi Metode*. Bandung: Diktat Validasi Metode, Pusat Penelitian Kimia-LIPI.



LAMPIRAN



Lampiran 1
Perhitungan Kadar Emas pada Konsentrat

Tabel 1.2 Konsentrasi Emas Pada Sampel Konsentrat Menggunakan Gravimetri

Berat Sampel (g)	Berat Emas (g)	Konsentrasi Emas (mg/g)	$(X - \bar{X})^2$
15,02	0,223	14,85	0,190969
15,02	0,219	14,58	0,027889
15,02	0,216	14,38	0,001089
15,02	0,205	13,65	0,582169
15,02	0,217	14,45	0,001369
15,03	0,22	14,64	0,051529
15,00	0,222	14,80	0,149769
15,03	0,223	14,84	0,182329
15,03	0,202	13,44	0,946729
15,03	0,218	14,50	0,007569
\bar{X}	0,216	14,41	
		$\Sigma (X - \bar{X})^2$	2,1414
		SD	0,4877
		%RSD	3,3850
		CV Horwitz	10,7078

Tabel 1.3 Konsentrasi Emas Pada Standar Konsentrat

No Job	Kode Sampel	Berat Sampel (g)	Berat Emas (g)	Konsentrasi Emas (mg/g)
239	391503	15	0,221	14,73
239	391503	15	0,225	15,00
		\bar{X}		14,86
		% Trueness		99,06 %

1.1 Perhitungan Konsentrasi Emas Secara Gravimetri

$$\text{Konsentrasi Emas (mg/g)} = \frac{\text{Berat Emas (g)} \times 1000 \text{ mg/g}}{\text{Berat Sampel (g)}}$$

Dimana :

Berat Emas (g) : Berat Emas dalam miligram

Berat Sampel (g) : Berat sampel dalam gram

$$1. \text{Konsentrasi Emas} = \frac{0,233 \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}}{15,02 \text{ g}} = 14,85 \text{ mg/g}$$

$$2. \text{Konsentrasi Emas} = \frac{0,219 \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}}{15,02 \text{ g}} = 14,58 \text{ mg/g}$$

$$3. \text{Konsentrasi Emas} = \frac{0,216 \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}}{15,02 \text{ g}} = 14,38 \text{ mg/g}$$

$$4. \text{Konsentrasi Emas} = \frac{0,205 \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}}{15,02 \text{ g}} = 13,65 \text{ mg/g}$$

$$5. \text{Konsentrasi Emas} = \frac{0,217 \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}}{15,02 \text{ g}} = 14,45 \text{ mg/g}$$

$$6. \text{Konsentrasi Emas} = \frac{0,220 \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}}{15,03 \text{ g}} = 14,64 \text{ mg/g}$$

$$7. \text{Konsentrasi Emas} = \frac{0,222 \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}}{15,00 \text{ g}} = 14,80 \text{ mg/g}$$

$$8. \text{Konsentrasi Emas} = \frac{0,223 \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}}{15,03 \text{ g}} = 14,84 \text{ mg/g}$$

$$9. \text{Konsentrasi Emas} = \frac{0,202 \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}}{15,03 \text{ g}} = 13,44 \text{ mg/g}$$

$$10. \text{Konsentrasi Emas} = \frac{0,218 \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}}{15,03 \text{ g}} = 14,50 \text{ mg/g}$$

1.2 Penentuan Presisi

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{2,1414}{10 - 1}} = 0,4877$$

$$RSD = \frac{SD}{\bar{X} \text{ emas}} \times 100 \%$$

$$RSD = \frac{0,4877}{14,41} \times 100 \% = 3,3850$$

$$\begin{aligned} \text{CV Horwitz} &= 2^{1-0.5 \log \text{Konsentrasi Emas}} \\ &= 2^{1-0.5 (\log 0,00001441)} \\ &= 2^{1-0.5 (-4,8413)} \\ &= 2^{3,4206} \\ &= 10,7078 \end{aligned}$$

1.3 Penentuan Nilai Akurasi

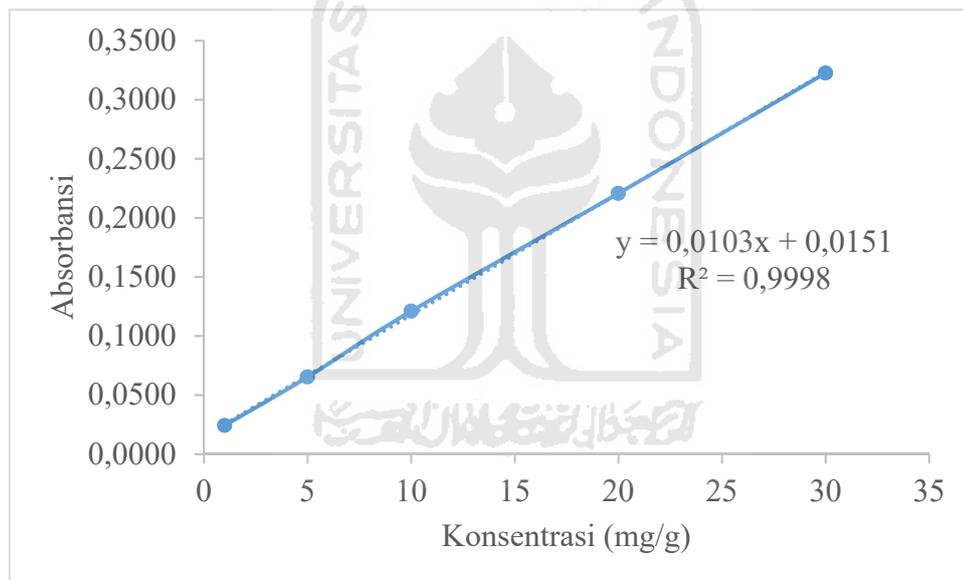
$$\text{Trueness} = \frac{\text{Konsentrasi Emas Terukur}}{\text{Konsentrasi Standar Emas Konsentrat}} \times 100 \%$$

$$\begin{aligned} \% \text{Trueness} &= \frac{14,86 \text{ mg/g}}{15 \text{ mg/g}} \times 100 \% \\ &= 99,06 \% \end{aligned}$$

Lampiran 2
Perhitungan Kadar Emas pada *Cupel Loss*

Tabel 1.1 Standar Kurva Kalibrasi

No	Konsentrasi Larutan Standar (mg/L)	Abs	y	(yi-y) ²	
1	1	0,0243	0,0254	0,00000121	
2	5	0,0653	0,0666	1,69x10 ⁻⁶	
3	10	0,121	0,1181	8,41x10 ⁻⁶	
4	20	0,2208	0,2211	9x10 ⁻⁸	
5	30	0,3227	0,3241	1,96x10 ⁻⁶	
				Σ(yi-y) ²	4,4533x10 ⁻⁶
				Sy/x	0,00211
				LOD	0,6146
				LOQ	2,0488



Gambar 1.1 Kurva Kalibrasi

2.1 Penentuan LoD & LoQ

$$\frac{S_y}{\bar{X}} = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n - 2}} = \frac{4,4533 \times 10^{-6}}{3} = 0,00211$$

$$LOD = \frac{3 S_y/x}{Slope} = \frac{3 \times 0,00211}{0,0103} = 0,6146 \text{ mg/L}$$

$$LOQ = \frac{10 S_y/x}{Slope} = \frac{10 \times 0,00211}{0,0103} = 2,0488 \text{ mg/L}$$

Tabel 1.4 Cupel Loss Menggunakan Metode Fire Assay Secara Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)

No	Berat Cupel Loss (g)	Absorbansi	Konsentrasi Emas Terukur (mg/L)	Konsentrasi Standar Emas (mg/L)	Konsentrasi Emas pada Cupel Loss (mg/L)	Konsentrasi Emas pada Cupel Loss (mg/g)	$(X - \bar{X})^2$	
1	30	0,025297	0,99	0,85	0,14	$7,25 \times 10^{-6}$	$9,6915 \times 10^{-13}$	
2	30	0,025091	0,97	0,85	0,12	$6,22 \times 10^{-6}$	$2,7440 \times 10^{-15}$	
3	30	0,025297	0,99	0,85	0,14	$7,25 \times 10^{-6}$	$9,6803 \times 10^{-13}$	
4	30	0,023855	0,85	0,85	0	0	$3,9312 \times 10^{-11}$	
5	30	0,025503	1,01	0,85	0,16	$8,29 \times 10^{-6}$	$4,0810 \times 10^{-12}$	
6	30	0,025606	1,02	0,85	0,17	$8,81 \times 10^{-6}$	$6,4429 \times 10^{-12}$	
7	30	0,024885	0,95	0,85	0,1	$5,18 \times 10^{-6}$	$1,1851 \times 10^{-12}$	
8	30	0,024782	0,94	0,85	0,09	$4,66 \times 10^{-6}$	$2,5817 \times 10^{-12}$	
9	30	0,025503	1,01	0,85	0,16	$8,29 \times 10^{-6}$	$4,0810 \times 10^{-12}$	
10	30	0,025194	0,98	0,85	0,13	$6,74 \times 10^{-6}$	$2,1692 \times 10^{-12}$	
\bar{X}		0,025103	0,97		0,121	$6,27 \times 10^{-6}$		
							$\Sigma (X - \bar{X})^2$	$5,9841 \times 10^{-11}$
							SD	$2,5785 \times 10^{-6}$
							%RSD	41,1290
							CV Horwitz	34,3292
							%Recovery	99,88 %

2.2 Perhitungan Konsentrasi Emas Terukur Menggunakan AAS

$$\text{Rumus : } y = ax + b$$

$$x = \frac{y - b}{a}$$

$$1. \text{ konsentrasi Emas sampel 1} = \frac{0,025297 - 0,0151}{0,0103} = 0,99 \text{ mg/L}$$

$$2. \text{ Konsentrasi Emas sampel 2} = \frac{0,025091 - 0,0151}{0,0103} = 0,97 \text{ mg/L}$$

$$3. \text{ Konsentrasi Emas sampel 3} = \frac{0,025297 - 0,0151}{0,0103} = 0,99 \text{ mg/L}$$

$$4. \text{ Konsentrasi Emas sampel 4} = \frac{0,023855 - 0,0151}{0,0103} = 0,85 \text{ mg/L}$$

$$5. \text{ Konsentrasi Emas sampel 5} = \frac{0,025503 - 0,0151}{0,0103} = 1,01 \text{ mg/L}$$

$$6. \text{Konsentrasi Emas sampel 6} = \frac{0,025606 - 0,0151}{0,0103} = 1,02 \text{ mg/L}$$

$$7. \text{Konsentrasi Emas sampel 7} = \frac{0,024885 - 0,0151}{0,0103} = 0,95 \text{ mg/L}$$

$$8. \text{Konsentrasi Emas sampel 8} = \frac{0,024782 - 0,0151}{0,0103} = 0,94 \text{ mg/L}$$

$$9. \text{Konsentrasi Emas sampel 9} = \frac{0,025503 - 0,0151}{0,0103} = 1,01 \text{ mg/L}$$

$$10. \text{Konsentrasi Emas sampel 10} = \frac{0,025194 - 0,0151}{0,0103} = 0,98 \text{ mg/L}$$

2.3 Konsentrasi Emas pada *Cupel Loss*

Konsentrasi Emas terukur (mg/L) – Konsentrasi Standar Emas (mg/L)

$$1. \text{Konsentrasi Emas} = 0,99 \text{ mg/L} - 0,85 \text{ mg/L} = 0,14 \text{ mg/L}$$

$$2. \text{Konsentrasi Emas} = 0,97 \text{ mg/L} - 0,85 \text{ mg/L} = 0,12 \text{ mg/L}$$

$$3. \text{Konsentrasi Emas} = 0,99 \text{ mg/L} - 0,85 \text{ mg/L} = 0,14 \text{ mg/L}$$

$$4. \text{Konsentrasi Emas} = 0,85 \text{ mg/L} - 0,85 \text{ mg/L} = 0 \text{ mg/L}$$

$$5. \text{Konsentrasi Emas} = 1,01 \text{ mg/L} - 0,85 \text{ mg/L} = 0,16 \text{ mg/L}$$

$$6. \text{Konsentrasi Emas} = 1,02 \text{ mg/L} - 0,85 \text{ mg/L} = 0,17 \text{ mg/L}$$

$$7. \text{Konsentrasi Emas} = 0,95 \text{ mg/L} - 0,85 \text{ mg/L} = 0,1 \text{ mg/L}$$

$$8. \text{Konsentrasi Emas} = 0,94 \text{ mg/L} - 0,85 \text{ mg/L} = 0,09 \text{ mg/L}$$

$$9. \text{Konsentrasi Emas} = 1,01 \text{ mg/L} - 0,85 \text{ mg/L} = 0,16 \text{ mg/L}$$

$$10. \text{Konsentrasi Emas} = 0,98 \text{ mg/L} - 0,85 \text{ mg/L} = 0,13 \text{ mg/L}$$

2.4 Faktor Konversi Konsentrasi Emas pada *Cupel Loss*

$$\text{Rumus : } \rho = \frac{kg}{L}$$

Keterangan : ρ emas = 19,3 kg/L

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= 19,3 \text{ kg} \times 1000 \text{ g/kg} \\ &= 19300 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\text{konsentrasi emas pada cupel loss} = \frac{mg}{g} = \frac{0,14}{19300} = 7,25 \times 10^{-6} \text{ mg/g}$$

2.5 Penentuan Adisi Standar Emas

$$\text{Konsentrasi Standar Emas} = \frac{\text{Berat Standar logam Emas}}{\text{Berat Sampel} + \text{Standar Emas}} \times 5,96 \text{ mg/L}$$

$$\text{Konsentrasi Standar Emas} = \frac{5 \text{ (g)}}{35 \text{ (g)}} \times 5,96 \text{ mg/L} = 0,85 \text{ mg/L}$$

Keterangan: Konsentrasi Standar Emas pada sertifikat G,905-6 = 5,96 mg/g

2.6 Perhitungan Penentuan Presisi

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{5,9841 \times 10^{-11}}{10 - 1}} = 2,5785 \times 10^{-6}$$

$$RSD = \frac{SD}{\bar{X} \text{ emas}} \times 100 \%$$

$$RSD = \frac{2,5785 \times 10^{-11}}{6,27 \times 10^{-6}} \times 100 \% = 41,1290$$

$$\begin{aligned} \text{CV Horwitz} &= 2^{1-0,5 (\log \text{Konsentrasi Emas})} \\ &= 2^{1-0,5 (6,27 \times 10^{-9})} \\ &= 2^{1-0,5 (-8,202)} \\ &= 34,3292 \end{aligned}$$

2.7 Penentuan Nilai Akurasi

$$\% \text{ Recovery} = \frac{C_{\text{Emas Terukur}} - C_{\text{Emas Cupel Loss}}}{\text{konsentrasi standar emas}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ Recovery} = \frac{0,97 \text{ mg/L} - 0,121 \text{ mg/L}}{0,85 \text{ mg/L}} \times 100 \%$$

$$= 99,88 \%$$

Lampiran 3
Perhitungan Konsentrasi Emas Total

Tabel 1.5 Konsentrasi Emas Total

No	Kode Sampel	Konsentrasi Emas pada Konsentrat (mg/g)	Konsentrasi Emas pada <i>Cupel Loss</i> (mg/g)	Konsentrasi Emas Total (mg/g)
1	319503	14,85	$7,25 \times 10^{-6}$	14,85
2	319503	14,58	$6,21 \times 10^{-6}$	14,58
3	319503	14,38	$7,25 \times 10^{-6}$	14,38
4	319503	13,65	0	13,65
5	319503	14,45	$8,29 \times 10^{-6}$	14,45
6	319503	14,64	$8,80 \times 10^{-6}$	14,64
7	319503	14,80	$5,18 \times 10^{-6}$	14,80
8	319503	14,84	$4,66 \times 10^{-6}$	14,84
9	319503	13,44	$8,29 \times 10^{-6}$	13,44
10	319503	14,50	$6,73 \times 10^{-6}$	14,50
	\bar{X}	14,41	$6,26 \times 10^{-6}$	14,41

3.1 Penentuan Konsentrasi Emas Total

Emas Total = Emas pada Konsentrat (mg/g) + Emas pada Cupel Loss (mg/g)

1. *Emas Total = 14,85 mg/g + $7,25 \times 10^{-6}$ mg/g = 14,85 mg/g*
2. *Emas Total = 14,58 mg/g + $6,21 \times 10^{-6}$ mg/g = 14,58 mg/g*
3. *Emas Total = 14,38 mg/g + $7,25 \times 10^{-6}$ mg/g = 14,38 mg/g*
4. *Emas Total = 14,65 mg/g + 0 mg/g = 14,65 mg/g*
5. *Emas Total = 14,45 mg/g + $8,29 \times 10^{-6}$ mg/g = 14,45 mg/g*
6. *Emas Total = 14,64 mg/g + $8,80 \times 10^{-6}$ mg/g = 14,64 mg/g*
7. *Emas Total = 14,80 mg/g + $5,18 \times 10^{-6}$ mg/g = 14,80 mg/g*
8. *Emas Total = 14,84 mg/g + $4,66 \times 10^{-6}$ mg/g = 14,84 mg/g*
9. *Emas Total = 13,44 mg/g + $8,29 \times 10^{-6}$ mg/g = 13,44 mg/g*
10. *Emas Total = 14,50 mg/g + $6,73 \times 10^{-6}$ mg/g = 14,50 mg/g*