



**EKSTRAKSI EMAS DARI BATUAN MENGGUNAKAN METODE SIANIDASI
DAN AMALGAMASI DENGAN PENAMBAHAN KETELA POHON**

SKRIPSI

Oleh
Dian Wahyuningtyas Puspitaningrum
NIM: 071810301069

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2013



**EKSTRAKSI EMAS DARI BATUAN MENGGUNAKAN METODE SIANIDASI
DAN AMALGAMASI DENGAN PENAMBAHAN KETELA POHON**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1) dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

Dian Wahyuningtyas Puspitaningrum

NIM 071810301069

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2013

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Kastumi dan Ayahanda Sugeng Widodo yang tercinta;
2. guru-guru di TK Perwanida II Siliragung, SDN KESILIR V, SMPN 3 PETERONGAN, SMAN 3 JEMBER dan dosen-dosen Kimia di Fakultas MIPA Universitas Jember;
3. Almamater tercinta Universitas Jember;

MOTTO

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.

(Terjemahan Surat *Al Mujadalah* ayat 11)*

Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.

(Terjemahan Surat *Ar-Ra'd* ayat 11)*

*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2010. *Al Qur'anul Karim: Terjemahan dan Tafsir per Kata*. Bandung: Sygma Publishing.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dian Wahyuningtyas Puspitaningrum

NIM : 071810301069

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “*Ekstraksi Emas dari Batuan Menggunakan Metode Sianidasi dan Amalgamasi dengan Penambahan Ketela Pohon*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Mei 2013

Yang menyatakan,

Dian Wahyuningtyas Puspitaningrum

NIM 071810301069

SKRIPSI

**EKSTRAKSI EMAS DARI BATUAN MENGGUNAKAN METODE SIANIDASI
DAN AMALGAMASI DENGAN PENAMBAHAN KETELA POHON**

Oleh

Dian Wahyuningtyas Puspitaningrum

NIM 071810301069

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Mukh. Mintadi, M.Sc

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Ekstraksi Emas dari Batuan Menggunakan Metode Sianidasi dan Amalgamsi dengan Penambahan Ketela Pohon*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

Hari, tanggal : **RABU** 12 JUN 2013

Tempat : Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Tim Penguji

Dosen Pembimbing Utama

(DPU),

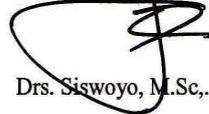


Drs. Mukh. Mintadi, M.Sc

NIP 196410261991031001

Dosen Pembimbing Anggota

(DPA),



Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D

NIP 196605291993031003

Anggota Tim Penguji

Penguji I,



Ir. Neran M.Kes

NIP 194808071974121003

Penguji II,



Novita Andarini, S.Si, M.Si

NIP 107211122000032001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Universitas Jember

Drs. Kusno, DEA., Ph.D

NIP 196101081986021001

RINGKASAN

Ekstraksi Emas dari Batuan Menggunakan Metode Sianidasi dan Amalgamasi dengan Penambahan Ketela Pohon; Dian Wahyuningtyas Puspitaningrum, 071810301069, 2013; 44 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Amalgamasi adalah proses penyelaputan partikel emas oleh raksa dan membentuk amalgam (Au-Hg). Penambahan ketela pohon adalah salah satu bentuk inovasi baru pada proses amalgamasi. Penambahan ketela pohon berfungsi sebagai zat adiktif yang diharapkan mampu memperbaiki efektivitas ekstraksi emas. Tujuan penelitian ini untuk: (1) meneliti kinerja metode sianidasi dan amalgamasi dalam mengisolasi emas dalam bentuk senyawanya; (2) membandingkan keefektifan antara metode sianidasi dan amalgamasi; (3) menentukan metode yang efektif dan efisien untuk isolasi emas bentuk senyawa pada kegiatan penambangan emas rakyat.

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap secara berkesinambungan. Tahap pertama dibuat kurva kalibrasi emas dari larutan standar emas. Tahap kedua dilakukan analisis kadar emas meliputi kadar emas dalam batuan, amalgamasi dengan penambahan ketela pohon, amalgamasi tanpa penambahan ketela pohon, amalgamasi dengan variasi waktu, sianidasi.

Proses Sianidasi terdiri dari dua tahap penting, yaitu proses pelarutan dan proses pemisahan emas dari larutannya. Metode sianidasi dikerjakan dalam kondisi basa yaitu pada pH 10-11. Penentuan kondisi basa bertujuan untuk mengoptimalkan ekstraksi atau pelarutan emas. Jika pH < dari 10 maka gas HCN yang terbentuk semakin banyak, gas HCN tidak mempunyai kemampuan untuk melarutkan emas sehingga recovery emas akan menurun. Jika pH > 11 maka akan terbentuk H₂O₂ yang juga bisa menurunkan recovery emas. Disamping kemampuan merecovery emas yang lemah, gas tersebut juga berbahaya bagi tubuh (Andik, 2011).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil sianidasi sebesar 2,55 ppm, hasil amalgamasi tanpa ketela pohon sebesar 0,39 ppm, hasil amalgamasi penambahan ketela pohon sebesar 0,98 ppm. Kadar emas optimum adalah 0,98 ppm, artinya kadar emas yang diserap ketela pohon sebesar 0,98 gram/ton. Variasi waktu mempengaruhi amalgamasi emas, hal ini terlihat pada waktu amalgamasi yang paling optimum adalah 72 jam. Perbandingan kadar emas (Au) dalam batuan antara metode amalgamasi dengan metode sianidasi diperoleh nilai t_{eks} 17,978 lebih besar dibanding t_{tabel} ($t_{tabel} = 2,78$) dengan selang kepercayaan 95 % dan derajat kebebasan sebesar 4. Kondisi demikian berarti H_0 ditolak dan H_1 diterima artinya ada perbedaan yang signifikan antara kedua metode dalam menentukan kadar emas (Au) dalam batuan baik menggunakan metode sianidasi maupun amalgamasi. Perbandingan kadar emas (Au) dalam batuan antara amalgamasi penambahan ketela pohon dan tanpa ketela pohon diperoleh nilai t_{eks} lebih besar dibanding t_{tabel} ($t_{tabel} = 2,78$) dengan selang kepercayaan 95 % dan derajat kebebasan sebesar 4. Nilai t_{eks} yang diperoleh sebesar 23,576. Kondisi demikian berarti H_0 ditolak dan H_1 diterima artinya ada perbedaan yang signifikan antara kedua metode dalam menentukan kadar emas (Au) dalam batuan baik menggunakan amalgamasi penambahan ketela pohon maupun amalgamasi tanpa ketela pohon.

PRAKATA

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmad, ridha, karunia dan nikmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “*Ekstraksi Emas dari Batuan Menggunakan Metode Sianidasi dan Amalgamasi dengan Penambahan Ketela Pohon*”. Skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. terselesainya penyusunan skripsi ini, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan, terutama penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Kusno, DEA., Ph.D. selaku dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Bapak Drs. Achmad Sjaifullah M.Sc., Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember;
3. Bapak Drs. Mukh. Mintadi M.Sc selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Drs. Siswoyo M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing anggota terimakasih atas bimbingan dan pengarahan dalam penulisan skripsi ini;
4. Bapak Ir. Neran M.Kes dan Ibu Novita Andarini S.Si, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyusunan skripsi ini;
5. Mas Edi dan Teknisi Kimia (Mbak Sari, Mas Maryono, Mas Darma, Mas Dzulkolim) terimakasih atas bantuannya;
6. Sinta dan Meli 2007 yang telah menjadi patner penelitian serta semua teman teman 2007 terimakasih dukungannya;

Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca sekalian. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan penelitian dalam skripsi ini.

Jember, Mei 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN BIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Emas	5
2.2 Raksa	7
2.3 Amalgamasi	10
2.4 Sianidasi	10
2.5 Spektrometri Serapan Atom	11
2.6 Uji-t	14
2.7 Ketela Pohon	15

2.8 Asam Sianida	19
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.2.1 Alat	21
3.2.2 Bahan	21
3.3 Diagram Alir Penelitian	22
3.4 Prosedur Kerja	23
3.4.1 Pengambilan Sampel	23
3.4.2 Pengolahan Sampel	23
3.4.3 Amalgamasi	23
3.4.4 Sianidasi	24
3.4.5 Amalgamasi + NaCN	25
3.4.6 Serbuk Batuan + Ketela Pohon	25
3.4.7 Penyiapan Sampel Laboratorium	26
3.5 Analisis Data	27
3.5.1 Data Penelitian	27
3.5.2 Uji-t	27
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pembuatan Larutan Standard an Kurva Kalibrasi	29
4.2 Hasil Penentuan Kadar Emas Dalam Batuan	30
4.2.1 Kadar Emas Menggunakan Metode Sianidasi.....	30
4.2.2 Kadar Emas Menggunakan Metode Amalgamasi	32
4.2.3 Perbandingan Kinerja Metode Sianidasi dan Metode Amalgamasi.....	34
4.3 Efek Variasi Waktu Terhadap Hasil Amalgamasi	36
4.4 Pengaruh Penambahan Ketela Pohon Pada Proses Amalgamasi Emas	37

BAB 5. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	45

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Sifat Fisik dan Sifat Kimia Emas	6
2.2 Sifat Fisik dan Sifat Kimia Raksa	9
2.3 Kadar HCN Dalam Beberapa Jenis/ Varietas Singkong	18
4.1 Data Hasil Analisa Emas Dalam Batuan	30
4.2 Data Perbandingan Nilai t_{eks} dan t_{tabel} Kadar Emas (Au) antara Metode Amalgamasi dengan Metode Sianidasi	35
4.3 Data Perbandingan Nilai t_{eks} dan t_{tabel} Kadar Emas (Au) antara Metode Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon dan Tanpa Ketela Pohon	38

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Bentuk Fisika Emas	5
2.2 Bentuk Fisik Raksa	9
2.3 Proses Atomisasi	12
2.4 Ketela Pohon	16
3.1 Diagram Alir Penelitian	22
4.1 Kurva Kalibrasi Emas	29
4.2 Ekstraksi Emas Metode Sianidasi	31
4.3 Ekstraksi Emas Metode Amalgamasi Tanpa Ketela Pohon	33
4.4 Ekstraksi Emas Metode Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon	33
4.5 Ekstraksi Emas Metode Sianidasi dan Amalgamasi Tanpa Ketela	34
4.6 Ekstraksi Emas Metode Sianidasi dan Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon.....	34
4.7 Efek Variasi Waktu Terhadap Amalgamasi	36
4.8 Efek Penambahan Ketela Pohon Terhadap Hasil Amalgamasi	38

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Identifikasi Ketela Pohon	45
B. Pengukuran Kurva Kalibrasi Standar Emas dan Pengukuran Sampel Emas Dengan AAS	46
C. Perhitungan Pembuatan Larutan Standar Emas	49
D. Perhitungan Analisis Kadar Emas	52
E. Perhitungan Uji Statistik (Uji-t)	66

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Emas adalah logam mulia yang banyak beredar di masyarakat dan memiliki peran penting dalam kehidupan, khususnya dalam hal finansial karena nilainya yang menjanjikan. Emas juga dikatakan logam mulia karena keterdapatannya di bumi sangat langka dan memiliki sifat yang spesifik. Emas banyak digunakan untuk membuat koin dan dijadikan sebagai standar moneter di banyak negara. Unsur ini juga banyak digunakan untuk perhiasan dan gigi buatan. Emas ditemukan dalam bentuk logam (*native*) yang terdapat di dalam retakan-retakan batuan kwarsa dan dalam bentuk mineral. Emas juga ditemukan dalam bentuk batuan aluvial (tanah liat) karena proses pelapukan terhadap batuan-batuan yang mengandung emas (*gold-bearing rocks*) (Lucas, 1985 dalam Rusdiarso, B., 2007).

Sebagai salah satu unsur kimia, emas memiliki simbol Au (*bahasa Latin: 'aurum'*) dan nomor atom 79. Sebuah logam transisi (*trivalen dan univalen*) yang bersifat lembek, mengkilap, kuning dan berat. Emas merupakan logam yang bersifat lunak dan mudah ditempa, serta berat jenisnya tergantung pada jenis dan kandungan logam lain yang berpadu dengannya.

Kelimpahan relatif emas didalam kerak bumi diperkirakan sebesar 0,004 g/ton, termasuk sekitar 0,001 g/ton terdapat didalam perairan laut (Rusdiarso, 2007). Emas dapat di kategorikan dalam dua tipe deposit, pertama sebagai urat (vein) dalam batuan beku, kaya besi dan berasosiasi dengan urat kuarsa. Kedua yaitu endapan atau placer deposit, dimana emas dari batuan asal yang tererosi terangkut oleh aliran sungai dan terendapkan karena berat jenis yang tinggi. Emas native terbentuk karena adanya kegiatan vulkanisma, bergerak berdasarkan adanya panas di dalam bumi, tempat pembentukan emas primer, sedangkan sekudernya merupakan hasil transportasi dari endapan primer umum disebut dengan emas endapan flaser (Anonim,2011) .

Emas diperoleh dengan cara mengisolasi dari batuan bijih emas. Menurut Greenwood dkk (1989), Proses isolasi emas yang dilakukan pada industri berasal dari batuan bijih emas. Batuan bijih emas yang layak untuk dieksploitasi sebagai industri tambang emas, kandungannya sekitar 25 g/ton.

Metode isolasi emas sangat beragam baik secara pirometalurgi maupun hidrometalurgi. Pirometalurgi adalah teknik metalurgi paling tua, dimana logam diolah dan dimurnikan menggunakan panas yang sangat tinggi. Panas didapatkan dari tanur berbahan bakar batubara (kokas) yang sekaligus bertindak sebagai reduktan. Suhu pada proses ini bias mencapai ribuan derajat Celcius (Ladelta, 2008). Karena prosesnya yang rumit, biaya operasional yang tinggi dan berpotensi menimbulkan pencemaran sehingga beralih ke metode hidrometalurgi.

Metode hidrometalurgi yang biasa digunakan untuk *recovery* logam emas adalah metode amalgamasi (Widodo, 2008). Metode hidrometalurgi lain yang banyak digunakan untuk isolasi emas adalah proses sianidasi (Bayraktar, 1995; Zhang et., 1997). Sampai saat ini, reagen sebagai pelarut emas yang banyak digunakan dalam industri adalah sianida. Hal ini disebabkan oleh perolehan emas yang tinggi (95%), waktu proses yang relatif singkat dan lebih ekonomis. Sianida juga dapat mengestrak emas dalam rentang ukuran bijih dari yang kasar sampai halus. Namun larutan sianida juga bersifat racun sehingga menyebabkan masalah pembuangan limbah (Wadsworth et al., 2000; Turkel et al, 1996).

Untuk emas dalam bentuk senyawa tidak bisa diisolasi menggunakan teknik amalgamasi. Solusi yang akan dilakukan adalah dengan penambahan bahan alam yang mengandung senyawa sianida. Masyarakat di Bogor menggunakan daun bambu untuk mengatasi masalah isolasi emas dalam bentuk senyawa. (Puspitarini, 2011) sudah meneliti penambahan daun bambu memberikan hasil yang berbeda dalam isolasi emas bentuk senyawa dibandingkan dengan tanpa penambahan daun bambu. Ditengarai dalam daun bambu terdapat senyawa sianida, sehingga perlu diteliti untuk

tumbuhan yang mengandung sianida diantaranya, ketela pohon, ubi gadung dan talas juga dapat digunakan untuk amalgamasi emas bentuk senyawa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, beberapa permasalahan yang akan diungkap dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Apa efek penambahan ketela pohon terhadap hasil amalgamasi dalam mengisolasi emas pada sampel batuan?
2. Metode apakah yang dapat disarankan untuk isolasi emas pada kegiatan penambangan emas rakyat skala industri rumah tangga?
3. Bagaimana efek variasi waktu terhadap hasil amalgamasi emas?

1.3 Tujuan Penelitian

Selaras dengan permasalahan yang dirumuskan di atas beberapa tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui efek penambahan ketela pohon terhadap hasil amalgamasi dalam mengisolasi emas pada sampel batuan.
2. Mengetahui metode yang dapat disarankan untuk isolasi emas pada kegiatan penambangan emas rakyat skala industri rumah tangga.
3. Mengetahui efek variasi waktu terhadap hasil amalgamasi emas.

1.4 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini sebagai berikut :

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat ataupun pihak-pihak terkait tentang keefektifan metoda amalgamasi dan sianidasi.
2. Diperoleh metode yang mudah dan murah dalam pemisahan emas bentuk senyawa melalui proses amalgamasi dan sianidasi.

1.5 Batasan Masalah

Agar tidak terjadi salah persepsi dalam pelaksanaan penelitian ini, maka perlu diberikan batasan masalah. Adapun permasalahan dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut :

1. Sampel batuan berupa batuan yang mengandung bijih emas diperoleh dari tambang emas di Banyuwangi.
2. Dihaluskan dengan ukuran 200 mesh sehingga diperoleh sampel berupa bubuk.
3. Tumbuhan yang dipakai adalah ketela pohon (*Manihot Utilisima*) bagian batang dan kulitnya.
4. Variasi waktu yang digunakan adalah 24, 48 dan 72 jam.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Emas

Emas adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Au (bahasa Latin: 'aurum') dan nomor atom 79. Sebuah logam transisi (*trivalen dan univalen*) yang lembek, mengkilap, kuning dan berat (gambar 2.1). Melebur dalam bentuk cair pada suhu sekitar 1000 derajat celcius. 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. 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 asli, hanya kandungan perak di dalamnya >20% . Data sifat fisik dan sifat kimia dapat dilihat pada tabel 2.1.



Gambar 2.1 Bentuk Fisik Emas

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Sifat Kimia Emas

Sifat	Keterangan
Nama, Lambang, Nomor Atom	Emas, Au, 79
Golongan, Periode, Blok	11, 6, d
Jenis Unsur	Logam transisi
Massa atom	196.966569(4) g/mol
Konfigurasi elektron	[Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ¹
Jumlah elektron tiap kulit	2, 8, 18, 32, 18, 1
Fase	Padat
Massa jenis (sekitar suhu kamar)	19,3 g/cm ³
Massa jenis cair pada titik lebur	17,31 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	324 kJ/mol
Kapasitas kalor	25,418 J/(mol-K)
Struktur kristal	Kubus pusat muka
Bilangan oksidasi	5, 4, 3, 2, 1, -1, -2 (oksida amfoter)
Elektronegativitas	2,54 (skala Pauling)
Energi ionisasi	Pertama: 890,1 kJ/mol Kedua: 1980 kJ/mol
Jari-jari atom	144 pm
Jari-jari kovalen	136 ± 6 pm
Jari-jari Van der Waals	166 pm

Sumber : <http://en.wikipedia.org/wiki/emas>

Emas merupakan logam yang sangat mudah dibentuk dan berdaya hantar listrik dan panas yang sangat tinggi. Selain itu emas, juga sangat tahan terhadap zat kimia, tetapi sangat langka sehingga mahal. Logam ini dapat dipisahkan dari kotorannya dengan cara menghaluskan dan dikocok dengan air. Partikelnya akan jatuh ke dasar bejana karena kerapatannya sangat tinggi. Emas tidak larut dalam larutan HNO₃, kecuali dalam air raja (campuran HNO₃ dan HCl dengan perbandingan 3:1). Bilangan oksidasi Au dalam senyawa adalah +1 dan +3, tetapi larutan Au⁺ cenderung mengalami reaksi disproporsionasi :



Kebanyakan senyawa emas mudah terurai bila dipanaskan, contohnya :



(Syukri,1999)

Logam ini termasuk golongan native elemen yang sedikit kandungan perak, tembaga, besi dengan bentuk kristal isometric octahedron atau dodecahedron. Makin besar kandungan perak makin berwarna keputih-putihan. Terdapat di alam dalam dua tipe deposit, yang pertama sebagai urat (vein) dalam batuan beku, kaya besi dan berasosiasi dengan urat kuarsa. Lainnya yaitu endapan atau placer deposit, dimana emas dari batuan asal tererosi terangkat oleh aliran sungai dan terendapkan karena berat jenisnya yang tinggi (Liana, 2011).

2.2 Raksa

Raksa merupakan unsur logam yang berbentuk cair pada suhu ruangan. Ia jarang ditemukan tanpa terikat dengan unsur lain. Logam yang sangat berat, berwarna putih keperakan, pengantar kalor yang buruk dibandingkan logam lain, dan pengantar listrik yang biasa saja. Unsur ini mudah membentuk campuran logam dengan logam-logam yang lain seperti emas, perak, dan timah (disebut juga amalgam).

Kemudahannya bercampur dengan emas digunakan dalam pengambilan emas dari bijihnya (Mohsin, 2006).

Merkuri, ditulis dengan simbol kimia (Hg) atau hydragyum yang berarti ”perak cair” (liquid silver) adalah jenis logam sangat berat yang berbentuk cair pada temperatur kamar, berwarna putih keperakan, memiliki sifat sebagai berikut

(Pallar, 1994 dalam Sismanto *et al.*, 2007) :

1. Berwujud cair pada temperatur kamar. Zat cair ini tidak sangat mudah menguap (tekanan gas/uapnya adalah 0,0018 mm Hg pada 25°C).
2. Terjadi pemuaiian secara menyeluruh pad temperatur 396°C.
3. Merupakan logam yang paling mudah menguap.
4. Logam yang sangat baik untuk menghantar listrik.
5. Dapat melarutkan berbagai logam untuk membentuk alloy yang disebut juga amalgam.
6. Unsur yang sangat beracun bagi hewan dan manusia.

Sifat penting merkuri lainnya adalah kemampuannya untuk melarutkan logam lain dan membentuk logam paduan yang dikenal sebagai amalgam. Emas dan perak adalah logam yang dapat terlarut dengan merkuri, sehingga merkuri dipakai untuk mengikat emas dalam proses pengolahan bijih sulfida mengandung emas melalui proses amalgamasi. Amalgamasi merkuri–emas dilakukan dengan memanaskannya sehingga merkuri menguap meninggalkan logam emas dan campurannya. Merkuri sangat jarang dijumpai sebagai logam murni (*native mercury*) di alam (Sismanto *et al.*, 2007).



Gambar 2.2 Bentuk Fisik Raksa

Tabel 2.2 Sifat Fisik dan Sifat Kimia Raksa

Sifat	Keterangan
Jenis Unsur	Logam transisi
Golongan, Periode, Blok	12, 6, d
Massa atom standar	200,59(2) g/mol
Konfigurasi elektron	[Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ²
Jumlah elektron tiap kulit	2, 8, 18, 32, 18, 2
Fase	Cair
Massa jenis (sekitar suhu kamar)	13,534 g/cm ³
Titik lebur	234,32 K (-38,83 °C; -37,89 °F)
Titik didih	629,88 K (356,73 °C; 674,11 °F)
Kalor peleburan	2,29 kJ/mol
Kalor penguapan	59,11 kJ/mol
Kapasitas kalor	27,983 J/(mol-K)
Struktur kristal	Rhombohedral
Bilangan oksidasi	4, 2 (mercuric), 1 (Mercurous)
Elektronegativitas	2,00 (skala Pauling)
Energi ionisasi	Pertama: 1007,1 kJ/mol Kedua: 1810 kJ/mol Ketiga: 3300 kJ/mol

Jari-jari atom	151 pm
Jari-jari kovalen	132±5 pm
Jari-jari Van der Waals	155 pm

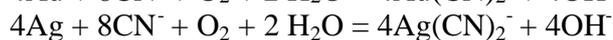
Sumber : <http://en.wikipedia.org/wiki/raksa>

2.3 Amalgamasi

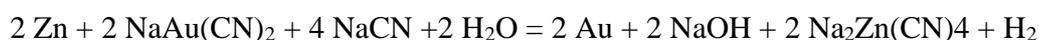
Amalgamasi adalah proses penyeloputan partikel emas oleh air raksa dan membentuk amalgam (Au – Hg). Amalgam masih merupakan proses ekstraksi emas yang paling sederhana dan murah, akan tetapi proses efektif untuk bijih emas yang berkadar tinggi dan mempunyai ukuran butir kasar (> 74 mikron) dan dalam membentuk emas murni yang bebas (free native gold). Proses amalgamasi merupakan proses kimia fisika, apabila amalgamnya dipanaskan, maka akan terurai menjadi elemen-elemen yaitu air raksa dan bullion emas. Amalgam dapat terurai dengan pemanasan di dalam sebuah retort, air raksanya akan menguap dan dapat diperoleh kembali dari kondensasi uap air raksa tersebut. Sementara Au-Ag tetap tertinggal di dalam retort sebagai logam (<http://en.wikipedia.org/wiki/emas>).

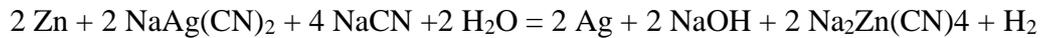
2.4 Sianidasi

Proses Sianidasi terdiri dari dua tahap penting, yaitu proses pelarutan dan proses pemisahan emas dari larutannya. Pelarut yang biasa digunakan dalam proses sianidasi adalah NaCN, KCN, Ca(CN)₂, atau campuran ketiganya. Pelarut yang paling sering digunakan adalah NaCN, karena mampu melarutkan emas lebih baik dari pelarut lainnya. Secara umum reaksi pelarutan Au dan Ag adalah sebagai berikut:



Pada tahap kedua yakni pemisahan logam emas dari larutannya dilakukan dengan pengendapan dengan menggunakan serbuk Zn (Zinc precipitation). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:





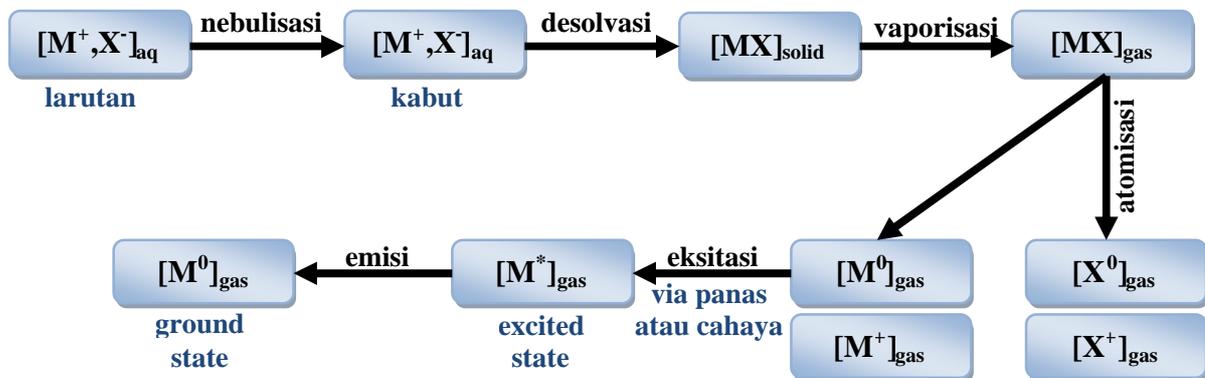
Penggunaan serbuk Zn merupakan salah satu cara yang efektif untuk larutan yang mengandung konsentrasi emas kecil. Serbuk Zn yang ditambahkan kedalam larutan akan mengendapkan logam emas dan perak. Prinsip pengendapan ini mendasarkan deret Clenel, yang disusun berdasarkan perbedaan urutan aktivitas elektro kimia dari logam-logam dalam larutan cyanide, yaitu Mg, Al, Zn, Cu, Au, Ag, Hg, Pb, Fe, Pt. setiap logam yang berada disebelah kiri dari ikatan kompleks sianidanya dapat mengendapkan logam yang digantikannya. Jadi sebenarnya tidak hanya Zn yang dapat mendesak Au dan Ag, tetapi Cu maupun Al dapat juga dipakai, tetapi karena harganya lebih mahal maka lebih baik menggunakan Zn. Proses pengambilan emas-perak dari larutan kaya dengan menggunakan serbuk Zn ini disebut “Proses Merrill Crowe” (<http://en.wikipedia.org/wiki/emas>).

2.5 Spektrometri Serapan Atom

Spektrofotometri serapan atom (AAS) adalah suatu metode analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (*ground state*). Penyerapan tersebut menyebabkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkat energi yang lebih tinggi. Keadaan ini bersifat labil, elektron akan kembali ke tingkat energi dasar sambil mengeluarkan energi yang berbentuk radiasi (Chica, 2010).

Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Cahaya pada panjang gelombang ini mempunyai cukup energi untuk mengubah tingkat elektronik suatu atom. Transisi elektronik suatu unsur bersifat spesifik. Dengan absorpsi energi berarti memperoleh lebih banyak energi, suatu atom pada keadaan dasar dinaikkan tingkat energinya ke tingkat eksitasi (Khopkar, 2008).

Ringkasan proses atomisasi dan absorpsi yang terjadi pada spektrometri serapan atom dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.3 Proses Atomisasi

Suatu senyawa logam yang dipanaskan akan membentuk atom logam pada suhu ± 1700 °C atau lebih. Sampel yang berbentuk cairan akan dilakukan atomisasi dengan cara memasukan cairan tersebut ke dalam nyala campuran gas bakar. Tingginya suhu nyala yang diperlukan untuk atomisasi setiap unsur berbeda. Beberapa unsur dapat ditentukan dengan nyala dari campuran gas yang berbeda tetapi penggunaan bahan bakar dan oksidan yang berbeda akan memberikan sensitivitas yang berbeda pula (Wiro, 2011)

Peralatan spektrofotometer serapan atom sebagai berikut :

1. Sumber radiasi

Sumber radiasi resonansi yang digunakan adalah lampu katoda berongga (Hollow Cathode Lamp) atau Electrodeless Discharge Tube (EDT). Elektroda lampu katoda berongga biasanya terdiri dari wolfram dan katoda berongga dilapisi dengan unsur murni atau campuran dari unsur murni yang dikehendaki. Tanung lampu dan jendela (window) terbuat dari silika atau kuarsa, diisi dengan gas pengisi yang dapat menghasilkan proses ionisasi. Gas pengisi yang biasanya digunakan ialah Ne, Ar atau He.

Pemancaran radiasi resonansi terjadi bila kedua elektroda diberi tegangan, arus listrik yang terjadi menimbulkan ionisasi gas-gas pengisi. Ion-ion gas yang bermuatan positif ini menembaki atom-atom yang terdapat pada katoda yang

menyebabkan tereksitasinya atom-atom tersebut. Atom-atom yang tereksitasi ini bersifat tidak stabil dan akan kembali ke tingkat dasar dengan melepaskan energi eksitasinya dalam bentuk radiasi. Radiasi ini yang dilewatkan melalui atom yang berada dalam nyala.

2. Atomizer yang terdiri dari pengabut dan pembakar

Atomizer terdiri atas nebulizer (sistem pengabut), spray chamber dan burner (sistem pembakar). Nebulizer berfungsi untuk mengubah larutan menjadi aerosol (butir-butir kabut dengan ukuran partikel 15–20 μm) dengan cara menarik larutan melalui kapiler (akibat efek dari aliran udara) dengan pengisapan gas bahan bakar dan oksidan, disemprotkan ke ruang pengabut. Partikel-partikel kabut yang halus kemudian bersama-sama aliran campuran gas bahan bakar, masuk ke dalam nyala, sedangkan titik kabut yang besar dialirkan melalui saluran pembuangan. Spray chamber berfungsi untuk membuat campuran yang homogen antara gas oksidan, bahan bakar dan aerosol yang mengandung contoh sebelum memasuki burner. Burner merupakan sistem tepat terjadi atomisasi yaitu pengubahan kabut atau uap garam unsur yang akan dianalisis menjadi atom-atom normal dalam nyala.

3. Monokromator

Setelah radiasi resonansi dari lampu katoda berongga melalui populasi atom di dalam nyala, energi radiasi ini sebagian diserap dan sebagian lagi diteruskan. Fraksi radiasi yang diteruskan dipisahkan dari radiasi lainnya. Pemilihan atau pemisahan radiasi tersebut dilakukan oleh monokromator. Monokromator berfungsi untuk memisahkan radiasi resonansi yang telah mengalami absorpsi tersebut dari radiasi-radiasi lainnya. Radiasi lainnya berasal dari lampu katoda berongga, gas pengisi lampu katoda berongga atau logam pengotor dalam lampu katoda berongga. Monokromator terdiri atas sistem optik yaitu celah, cermin dan kisi.

4. Detektor

Detektor berfungsi mengukur radiasi yang ditransmisikan oleh sampel dan mengukur intensitas radiasi tersebut dalam bentuk energi listrik.

5. Rekorder

Sinyal listrik yang keluar dari detektor diterima oleh piranti yang dapat menggambarkan secara otomatis kurva absorpsi.

2.6 Uji-t

Uji-t adalah jenis pengujian statistika untuk mengetahui apakah ada perbedaan dari nilai yang diperkirakan dengan nilai hasil perhitungan statistika. Nilai perkiraan ini bermacam-macam asalnya, ada yang kita tentukan sendiri, berdasarkan isu, dan nilai persyaratan.

Uji- t dapat diperoleh dengan menghitung nilai x untuk respon metode pertama dan nilai y untuk respon metode kedua. Nilai t-eksperimen diperoleh melalui persamaan berikut :

$$S^2 = \frac{\{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2\}}{(n_1 + n_2 - 2)} \quad (1)$$

$$t_{\text{eks}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (2)$$

dimana \bar{x}_1 = mean data metode pertama

\bar{x}_2 = mean data metode kedua

S_1 = standar deviasi rata-rata metode pertama,

S_2 = standar deviasi rata-rata metode kedua

S = standar deviasi total

n_1 = jumlah pengulangan percobaan metode pertama

n_2 = jumlah pengulangan percobaan metode kedua

(Miller, J.C, dan Miller, J.N, 1991)

Jika nilai t-eksperimen lebih kecil dibandingkan dengan nilai t-tabel, maka secara statistik kedua metode tersebut tidak mempunyai perbedaan signifikan pada selang kepercayaan 95 % ($\alpha = 0,05$) (Sudjana, 1996).

Analisis data untuk dua metode dibandingkan dengan menguji sampel yang berbeda menggunakan uji statistik salah satunya uji-t, dimana untuk menghitung nilai dari hasil eksperimen didapatkan melalui persamaan 1 dan 2.

2.7 Ketela Pohon

Ketela pohon atau ubi kayu merupakan tanaman perdu. Ketela pohon berasal dari benua Amerika, tepatnya dari Brasil. Penyebarannya hampir ke seluruh dunia, terutama di negara-negara yang terkenal dengan wilayah pertaniannya (Purwono, 2009).

Ketela pohon merupakan umbi atau akar pohon yang panjang dengan sifat fisik rata-rata bergaris tengah 2-3 cm dan panjang 50-80 cm. Daging umbinya berwarna putih atau kekuning-kuningan. Umbi singkong tidak tahan disimpan meskipun ditempatkan di lemari pendingin. Gejala kerusakan ditandai dengan keluarnya warna biru gelap akibat terbentuknya asam sianida yang bersifat racun bagi manusia. Umbi akar singkong banyak mengandung glukosa dan dapat dimakan mentah. Rasanya sedikit manis, ada pula yang pahit tergantung pada kandungan racun glukosida yang dapat membentuk asam sianida. Umbi yang rasanya manis menghasilkan paling sedikit 20 mg HCN per kilogram umbi akar yang masih segar, dan 50 kali lebih banyak pada umbi yang rasanya pahit. Pada jenis singkong yang manis, proses pemasakan sangat diperlukan untuk menurunkan kadar racunnya (http://en.wikipedia.org/wiki/ketela_pohon).



Gambar 2.4 Ketela Pohon

Adapun taksonomi ketela pohon dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae (tumbuh- tumbuhan)

Subkingdom : Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)

Super Divisi: Spermatophyta (Menghasilkan biji)

Divisi: Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)

Kelas: Magnoliopsida (berkeping dua / dikotil)

Sub Kelas: Rosidae

Ordo: Euphorbiales

Famili: [Euphorbiaceae](#)

Genus: [Manihot](#)

Spesies: *Manihot esculenta* Crantz

(Anonim, 2013)

Kandungan gizi yang terdapat dalam singkong sudah kita kenal sejak dulu. Umbi singkong merupakan sumber energi yang kaya karbohidrat namun miskin akan protein. Berbagai macam upaya penanganan singkong yang telah banyak dilakukan adalah dengan mengolahnya menjadi berbagai macam produk olahan baik basah maupun kering. Selain kandungan gizi, singkong juga mengandung racun yang dalam jumlah besar cukup berbahaya. Racun singkong yang selama ini kita kenal adalah Asam biru atau Asam sianida. Baik daun maupun umbinya mengandung suatu

glikosida cyanogenik, artinya suatu ikatan organik yang dapat menghasilkan racun biru atau HCN yang bersifat sangat toksik (Sosrosoedirdjo, 1993).

Kandungan sianida dalam singkong sangat bervariasi. Kadar sianida rata-rata dalam singkong manis dibawah 50 mg/kg berat asal, sedangkan singkong pahit/ racun diatas 50 mg/kg. Menurut FAO, singkong dengan kadar 50 mg/kg masih aman untuk dikonsumsi manusia

Tumbuhan singkong berdasarkan deskripsi varietas singkong, maka penggolongan jenisnya dapat dibedakan menjadi dua macam :

a. Jenis singkong manis

Yaitu jenis singkong yang dapat dikonsumsi langsung.

b. Jenis singkong pahit

Yaitu jenis singkong untuk diolah atau prosesing.

Singkong dapat dibedakan menurut warna, rasa, umur dan kandungan sianidanya (HCN). Bila rasa pahit maka kandungan sianidanya tinggi (Winarno F.G, 2008).

Berdasarkan kadar Asam Sianida (HCN) dalam singkong, tidak semua jenis singkong dapat dikonsumsi ataupun diolah secara langsung. Singkong dengan kadar HCN kurang dari 100 mg/kg (ditandai dengan adanya rasa manis), merupakan singkong yang layak dan aman dikonsumsi ataupun diolah sebagai bahan makanan secara langsung. Adapun kadar HCN dalam beberapa jenis/ varietas singkong dapat dilihat dalam Tabel 2.3 Kadar HCN dalam Beberapa Jenis/ Varietas Singkong

No	Jenis / Varietas	Rasa	Kadar HCN mg/kg	
			Umbi	Daun
1	Mangi (di tanah subur)	Enak	32	136
2	Mangi (di tanah kering)	Pahit	289	542
3	Betawi	Enak	33	146
4	Valenka	Enak	39	158
5	Singapura	Enak	60	201
6	Basiorao	Agak pahit	82	230
7	Bogor	Agak pahit	90	324
8	Tapi kuru	Pahit	130	230
9	SPP	Pahit	206	468

Sumber: Rahmat Rukmana, 1997.

Kadar HCN dalam umbi, ketela pohon dibedakan menjadi empat kelompok, yaitu :

a. Ketela Pohon Manis

Ketela pohon manis banyak dikonsumsi secara langsung atau digunakan untuk jajanan tradisional, misalnya gethuk, sawut, utri (lemet), dan lain- lain. Rasa manis ketela pohon disebabkan oleh kandungan asam sianida yang sangat rendah, hanya sebesar 0,04% atau 40mg HCN/ kg ketela pohon. Jenis ketela pohon manis antara lain adalah Gading, Adira I, Mangi, Betawi, Mentega, Randu Ranting, dan Kaliki.

b. Ketela Pohon Agak Beracun

Jenis ketela pohon agak beracun memiliki kandungan HCN antara 0,05 - 0,08% atau 50 – 80 mg HCN / kg ketela pohon.

c. Ketela Pohon Beracun

Ketela pohon beracun, kandungan HCN antara 0,08 - 0,10% atau 80 – 100 mg HCN / kg ketela pohon.

d. Ketela Pohon Sangat Beracun

Ketela pohon termasuk kategori sangat beracun apabila mengandung HCN lebih dari 0,1 % atau 100 mg/kg ketela pohon. Jenis ketela pohon sangat beracun antara lain adalah Bogor, SPP, dan Adira II. Menurut Coursen (1973), kadar HCN dapat dikurangi / diperkecil (detoksifikasi sianida) dengan cara perendaman, ekstraksi pati dalam air, pencucian, perebusan, fermentasi, pemanasan, pengukusan, pengeringan dan penggorengan (Unimus digilib, 2011).

2.8 Asam Sianida (HCN)

Glikosida sianogenetik merupakan senyawa yang terdapat dalam bahan makanan nabati dan secara potensial sangat beracun karena dapat terurai dan mengeluarkan hidrogen sianida. Hidrogen sianida dikeluarkan bila komoditi tersebut dihancurkan, dikunyah, mengalami pengirisan, atau rusak. Glikosida sianogenetik terdapat pada berbagai tanaman dengan nama senyawa yang berbeda seperti amigladin pada biji almonds, aprikot dan apel, dhurin pada biji shorgum, dan linamarin pada kara (lima bean) dan singkong. Nama kimia bagi amigladin adalah glukosida benzaldehida sianohidrin; dhurin; glukosida p-hidroksida-benzaldehida sianohidrin; linamarin; glukosida aseton sianohidrin (Winarno F.G, 2008).

Zat glikosida ini diberi nama linamarin yang berasal dari aseton sianidrin yang bila dihidrolisis akan terurai menjadi glukosa, aseton dan HCN. Rumus molekul linamarin $C_{10}H_{17}O_6N$ dan mempunyai sifat yang mudah larut dalam air (Sosrosoedirdjo, 1993).

Asam sianida disebut juga Hidrogen sianida (HCN), biasanya terdapat dalam bentuk gas atau larutan dan terdapat pula dalam bentuk garam-garam alkali seperti potasium sianida. Sifat-sifat HCN murni mempunyai sifat tidak berwarna, mudah menguap pada suhu kamar dan mempunyai bau khas. HCN mempunyai berat

molekul yang ringan, sukar terionisasi, mudah berdifusi dan lekas diserap melalui paru-paru, saluran cerna dan kulit (Dep Kes RI, 1987 dalam Unimus digilib).

HCN dikenal sebagai racun yang mematikan. HCN akan menyerang langsung dan menghambat sistem antar ruang sel, yaitu menghambat sistem cytochrom oxidase dalam sel-sel, hal ini menyebabkan zat pembakaran (oksigen) tidak dapat beredar ketiap-tiap jaringan sel-sel dalam tubuh. Dengan sistem keracunan ini maka menimbulkan tekanan dari alat-alat pernafasan yang menyebabkan kegagalan pernafasan, menghentikan pernafasan dan jika tidak tertolong akan menyebabkan kematian. Bila dicerna, HCN sangat cepat terserap oleh alat pencernaan masuk ke dalam saluran darah. Tergantung jumlahnya HCN dapat menyebabkan sakit hingga kematian (dosis yang mematikan 0,5 - 3,5 mg HCN/kg berat badan) (Winarno, F.G. 2008).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Anorganik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada bulan Agustus sampai Januari 2013.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain :

- beaker glass 600 mL
- erlenmeyer 250 mL
- kertas saring
- corong pisah
- pipet tetes
- pipet volume
- ball pipet
- aluminium foil
- neraca analitik dan instrumen AAS (Buck Scientific 205 AAS).
- pengaduk
- stirrer
- ayakan 0,15 mm (\pm 200 mesh)
- lumpang besi
- labu ukur 50 mL
- gelas ukur 50 mL
- shaker
- pH meter

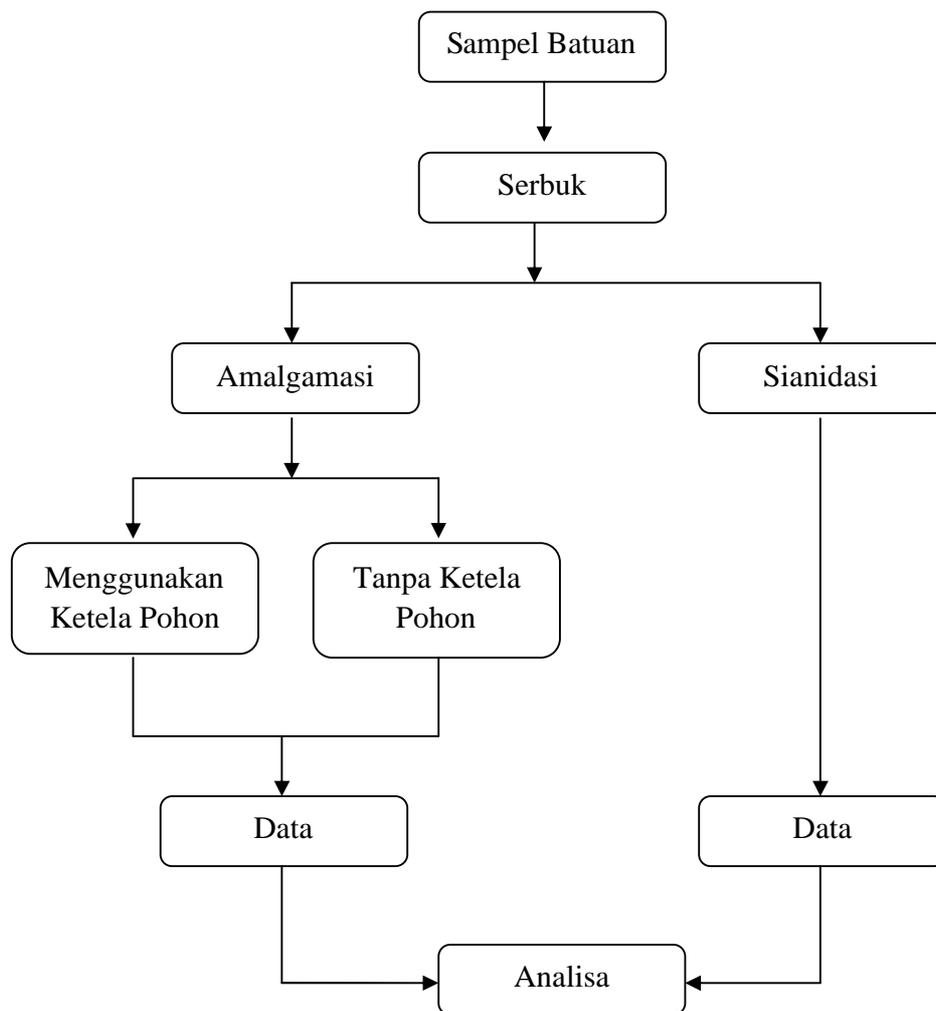
3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain :

- batuan emas dari tambang emas Banyuwangi,
- larutan standar emas (Au) 1000 ppm dari Baker Instra Analyzed,
- air raksa (Hg) khusus emas 99,99% dari PT. Taman Eden Bali,
- ketela pohon (*manihot utilissima*) bagian batang dan kulit,
- aquades
- asam nitrat pekat (HNO_3) 65% dari Merck

- asam klorida pekat (HCl) 36,5-38% dari Mallinckrodt.
- Sianida dari NaCN

3.3 Diagram Alir Penelitian



3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Pengambilan Sampel

Sampel batuan berupa barang tambang yang mengandung bijih emas diperoleh dari tambang emas di Banyuwangi. Proses pengambilan batuan dengan cara penggalian berupa sumur-sumur yang dilakukan dengan cara sederhana. Setelah di dapat, batuan selanjutnya dibersihkan dan dicuci dengan air.

3.4.2 Pengolahan Sampel

Batuan emas dipecah-pecah sampai berukuran kecil, dihaluskan dengan menggunakan lumpang besi, diayak menggunakan ayakan 0,15 mm (\pm 200 mesh), dihomogenkan dan ditimbang sebanyak 50 gram untuk masing-masing sampel analisis.

3.4.3 Amalgamasi

a. Tanpa Ketela Pohon

Batuan emas yang telah dihomogenkan sebanyak 50 gram dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL, ditambahkan 150 mL aquades, 25 gram air raksa, diatur pH sampai menunjukkan pH 9-10 dengan penambahan NaOH 1M, dishaker menggunakan kecepatan putar 100 rpm selama 24 jam. Hasil amalgamasi dituang ke dalam piring, dialiri air kran dengan menggunakan botol semprot, endapan ditampung ke dalam baki sehingga air raksa dan endapan terpisah. Sisa endapan dikeringkan sampai didapat berat konstan kemudian dilarutkan ke dalam 25 mL larutan aqua regia, disaring, diambil sebanyak 10 mL, diencerkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diukur kadar emas menggunakan spektrometri serapan atom.

b. Menggunakan Ketela Pohon

Batuan emas yang telah dihomogenkan sebanyak 50 gram dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL, ditambahkan 150 mL aquades, 25 gram air

raksa, 10 gram ketela pohon bagian umbi beserta kulitnya yang sudah dihaluskan dengan ditumbuk, diatur pH sampai menunjukkan pH 9-10 dengan penambahan NaOH 1M, dishaker menggunakan kecepatan putar 100 rpm selama 24 jam. Hasil amalgamasi dituang ke dalam piring, dialiri air kran dengan menggunakan botol semprot, endapan ditampung ke dalam baki sehingga air raksa dan endapan terpisah. Sisa endapan dikeringkan sampai didapat berat konstan kemudian dilarutkan ke dalam 25 mL larutan aqua regia, disaring, diambil sebanyak 10 mL, diencerkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diukur kadar emas menggunakan spektrometri serapan atom.

c. Amalgamasi Menggunakan Variasi Waktu

Batuan emas yang telah dihomogenkan sebanyak 50 gram dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL, ditambahkan 150 mL aquades, 25 gram air raksa, 10 gram ketela pohon bagian umbi beserta kulitnya yang sudah dihaluskan dengan ditumbuk, diukur pH sampai menunjukkan pH 9-10, dengan penambahan NaOH 1M, dishaker menggunakan kecepatan putar 100 rpm selama 24 jam, 48 jam dan 72 jam. Hasil amalgamasi dituang ke dalam piring, dialiri air kran dengan menggunakan botol semprot, endapan ditampung ke dalam baki sehingga air raksa dan endapan terpisah. Sisa endapan dikeringkan sampai didapat berat konstan kemudian dilarutkan ke dalam 25 mL larutan aqua regia, disaring, diambil sebanyak 10 mL, diencerkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diukur kadar emas menggunakan spektrometri serapan atom.

3.4.4 Sianidasi

Batuan emas yang telah dihomogenkan sebanyak 50 gram dimasukkan ke dalam gelas piala 500 mL, ditambahkan 100 ml aquades, ditambahkan

sianida 0,3% sebanyak 25 ml sambil diaduk selama 48 jam sambil dijaga pH larutan (10-11). Bila pH dibawah 10, ditambahkan NaOH 1M secukupnya. Larutan disaring, filtrat yang didapat di analisis kadar emasnya menggunakan AAS.

3.4.5 Amalgamasi + NaCN

Batuan emas yang telah dihomogenkan sebanyak 50 gram dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL, ditambahkan 150 mL aquades, 25 gram air raksa, 25 ml NaCN 0,3%, diatur pH sampai menunjukkan pH 9-10 dengan penambahan NaOH 1M, dishaker menggunakan kecepatan putar 100 rpm selama 24 jam. Hasil amalgamasi dituang ke dalam piring, dialiri air kran dengan menggunakan botol semprot, endapan ditampung ke dalam baki sehingga air raksa dan endapan terpisah. Sisa endapan dikeringkan sampai didapat berat konstan kemudian dilarutkan ke dalam 25 mL larutan aqua regia, disaring, diambil sebanyak 10 mL, diencerkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diukur kadar emas menggunakan spektrometri serapan atom.

3.4.6 Serbuk Batuan + Ketela Pohon

Batuan emas yang telah dihomogenkan sebanyak 50 gram dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL, ditambahkan 150 mL aquades, 10 gram ketela pohon bagian umbi beserta kulitnya yang sudah dihaluskan dengan ditumbuk, diatur pH sampai menunjukkan pH 9-10 dengan penambahan NaOH 1M, dishaker menggunakan kecepatan putar 100 rpm selama 24 jam. Hasil analisa dituang ke dalam piring, endapan ditampung ke dalam baki. Sisa endapan dikeringkan sampai didapat berat konstan kemudian dilarutkan ke dalam 25 mL larutan aqua regia, disaring, diambil sebanyak 10 mL, diencerkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diukur kadar emas menggunakan spektrometri serapan atom.

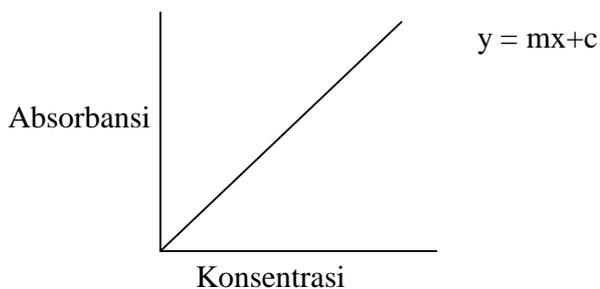
3.4.7 Penyiapan Sampel Laboratorium

a. Pembuatan Larutan Standar Emas

Larutan standar emas 1000 ppm diambil 1 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Larutan standar emas 10 ppm diambil 0 mL; 1 mL, 2 mL; 3 mL; 4 mL ; 5 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL serta diencerkan dengan aquades sampai tanda batas, sehingga diperoleh larutan standar emas 0 ppm ; 0,2 ppm ; 0,4 ppm ; 0,6 ppm ; 0,8 ppm dan 1 ppm.

b. Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Standar Emas

Larutan standar emas 0 ppm ; 0,2 ppm ; 0,4 ppm ; 0,6 ppm ; 0,8 ppm dan 1 ppm diukur absorbansi menggunakan spektrometri serapan atom serta dibuat kurva kalibrasi dengan sumbu x sebagai konsentrasi larutan standar dan sumbu y sebagai absorbansi. Kurva kalibrasi sebagai berikut :



dimana : x = konsentrasi larutan

y = absorbansi.

c. Analisis Kadar Emas (Au) dalam Batuan

Batuan emas yang telah dihomogenkan sebanyak 50 gram dimasukkan ke dalam beaker glass 600 mL, ditambahkan 25 mL larutan aqua regia dan 150 mL aquades, disaring, diambil sebanyak 10 mL, diencerkan ke dalam

labu ukur 100 mL dan diukur kadar emas menggunakan spektrometri serapan atom.

3.5 Analisis Data

3.5.1 Data Penelitian

Data yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

- a. Kadar analisa mula-mula emas dalam batuan
- b. Kadar analisa metode sianidasi
- c. Kadar analisa metode amalgamasi tanpa ketela pohon
- d. Kadar analisa metode amalgamasi penambahan ketela pohon

Data tersebut digunakan untuk menjawab masalah yang terdapat pada rumusan masalah.

3.5.2 Uji-t

Uji-t merupakan prosedur pengujian parameter rata-rata dua kelompok data terkait maupun dua kelompok data bebas. Uji- t pada penelitian ini dapat diperoleh dengan menghitung nilai x untuk respon metode pertama dan nilai y untuk respon metode kedua. Nilai t-eksperimen diperoleh melalui persamaan berikut :

$$S^2 = \frac{\{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2\}}{(n_1 + n_2 - 2)} \quad (1)$$

$$t_{\text{eks}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (2)$$

dimana \bar{x}_1 = mean data metode pertama

\bar{x}_2 = mean data metode kedua

S_1 = standar deviasi rata-rata metode pertama,

S_2 = standar deviasi rata-rata metode kedua

S = standar deviasi total

n_1 = jumlah pengulangan percobaan metode pertama

n_2 = jumlah pengulangan percobaan metode kedua

(Miller, J.C, dan Miller, J.N, 1991)

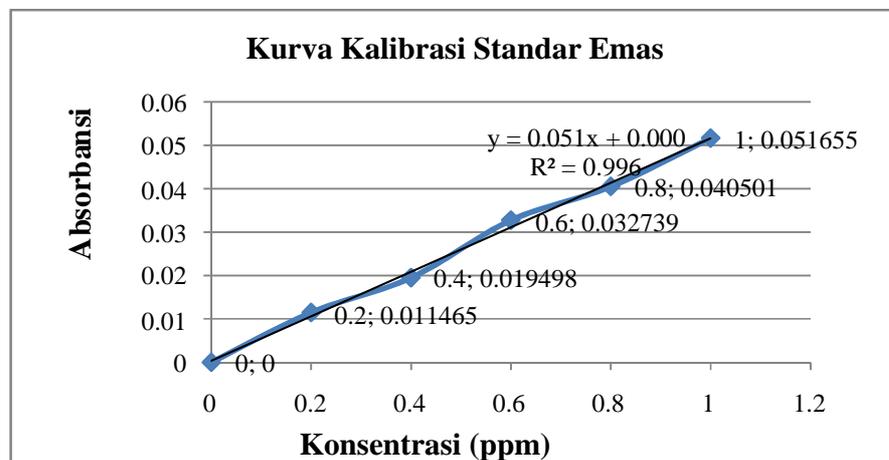
Jika nilai t-eksperimen lebih kecil dibandingkan dengan nilai t-tabel, maka secara statistik kedua metode tersebut tidak mempunyai perbedaan signifikan pada selang kepercayaan 95 % ($\alpha = 0,05$) (Sudjana, 1996).

Analisis data untuk dua metode dibandingkan dengan menguji sampel yang berbeda menggunakan uji statistik salah satunya uji-t, dimana untuk menghitung nilai dari hasil eksperimen didapatkan melalui persamaan 1 dan 2.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Larutan Standar dan Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi emas dibuat dengan memplotkan konsentrasi larutan standar emas dengan absorbansi. Larutan standar emas yang digunakan 0 ppm ; 0,2 ppm ; 0,4 ppm ; 0,6 ppm ; 0,8 ppm dan 1 ppm. Pembuatan larutan standar emas (Au) dapat dilakukan dengan mengambil 1 mL larutan standar emas (Au) 1000 ppm, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Larutan standar emas 10 ppm diambil 0 mL; 1 mL, 2 mL; 3 mL; 4 mL ; 5 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL serta diencerkan dengan aquades sampai tanda batas, sehingga diperoleh larutan standar emas 0 ppm ; 0,2 ppm ; 0,4 ppm ; 0,6 ppm ; 0,8 ppm dan 1 ppm. Larutan standar emas diukur dengan menggunakan spektrometri serapan atom pada panjang gelombang 267 nm. Hasil dari plot konsentrasi larutan standar emas dengan absorbansi dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kurva Kalibrasi Emas

Berdasarkan gambar diatas diperoleh persamaan regresi linear yang merupakan hubungan antara absorbansi (y) dengan konsentrasi (x) larutan standar sebagai berikut: $y = 0.051x + 0.000$ dengan nilai R^2 sebesar 0.996 yang artinya nilai variabel dependen (absorbansi) yang dapat dijelaskan oleh variabel independen

(konsentrasi) sebesar 99,6%, sedangkan 0,4% sisanya dijelaskan oleh kesalahan. Kadar emas dalam sampel diperoleh dengan cara mensubstitusikan nilai absorbansi larutan sampel pada persamaan $y = 0.051x + 0.000$.

4.2 Hasil Penentuan Kadar Emas Dalam Batuan

Berdasarkan hasil analisa kadar emas dalam batuan menggunakan metode sianidasi dan amalgamasi dapat dilihat dalam tabel 4.1

No	Proses	Kadar Emas (ppm)
1.	Mula - mula	3,53
2.	Amalgamasi tanpa ketela pohon	0,39
		0,39
		0,2
3.	Amalgamasi penambahan ketela pohon	0,98
		0,78
		0,78
4.	Sianidasi	2,55
		2,36
		2,55

Tabel 4.1 Data Hasil Analisa Emas Dalam Batuan

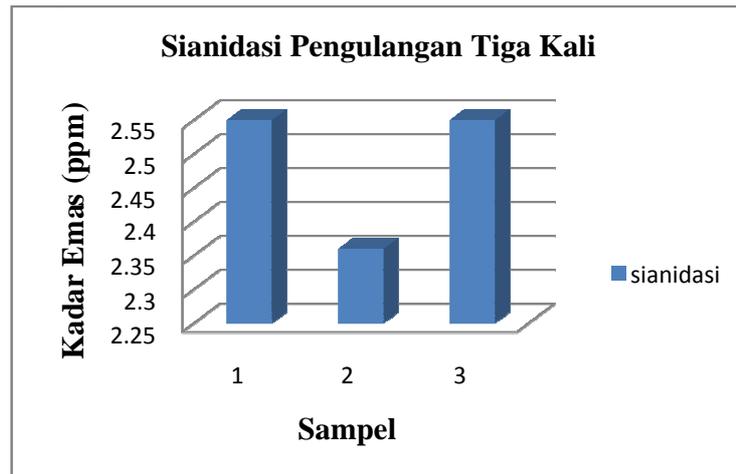
Penjelasan dari kondisi masing-masing data dapat dijelaskan sebagai berikut.

4.2.1 Kadar Emas Menggunakan Metode Sianidasi

Metode sianidasi dikerjakan dalam kondisi basa yaitu pada pH 10-11. Penentuan kondisi basa bertujuan untuk mengoptimalkan ekstraksi atau pelarutan emas. Jika $\text{pH} < 10$ maka gas HCN yang terbentuk semakin banyak, gas HCN tidak mempunyai kemampuan untuk melarutkan emas sehingga recovery emas akan menurun. Jika $\text{pH} > 11$ maka akan terbentuk H_2O_2 yang juga bisa menurunkan

recovery emas. Disamping kemampuan merecovery emas yang lemah, gas tersebut juga berbahaya bagi tubuh (Andik, 2011).

Hasil ekstraksi metode sianidasi dapat dilihat pada grafik 4.2 perhitungan selengkapnya pada lampiran D.



Gambar 4.2 Ekstraksi Emas Metode Sianidasi

Dari grafik dapat diketahui bahwa nilai untuk sampel satu dan tiga adalah sama yaitu sebesar 2,55 ppm sedangkan untuk sampel kedua sebesar 2,36 ppm. Terdapat perbedaan pada hasil tersebut, hal ini dikarenakan kurang homogennya sampel ketika proses sianidasi dilakukan. Metode sianidasi memiliki keuntungan lebih dalam hal ekstraksi emas, hal ini disebabkan karena kemampuan recovery emas yang tinggi. Nilai yang dihasilkan dari proses sianidasi adalah 72,237% atau setara dengan 2,55 ppm. Kemampuannya yang tinggi dalam hal merecovery emas termasuk dalam bentuk senyawa sehingga tidak perlu membuang sampel yang masih mengandung emas. Disamping keuntungan metode ini juga memiliki kerugian yang perlu dihindari, yaitu sifat sianida sendiri sebagai racun. Apabila pengolahan limbah sianida tidak ditangani dengan baik maka lingkungan akan rusak dan mengganggu komponen didalamnya.

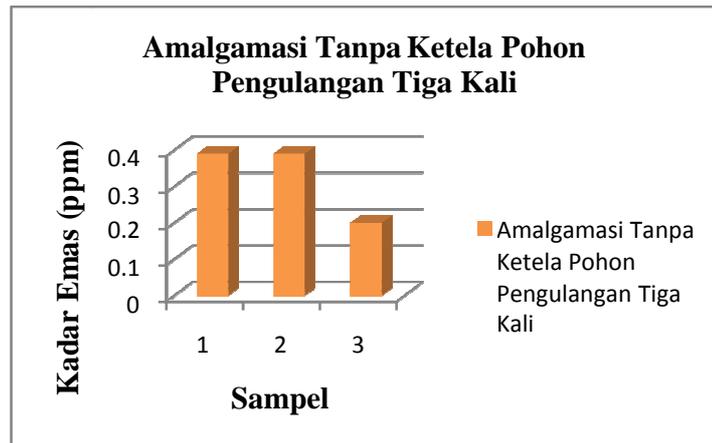
4.2.2 Kadar Emas Menggunakan Metode Amalgamasi

Amalgamasi adalah suatu metode pengolahan emas yang menggunakan air raksa. Teknologi ini dapat berdiri sendiri tanpa ada kombinasi dengan metode lain. Air raksa atau merkuri (Hg) pada suhu kamar adalah zat cair. Bila terjadi kontak antara merkuri (zat cair) dengan logam (zat padat) maka air raksa akan melarutkan logam untuk membentuk larutan paduan merkuri-logam yang disebut amalgam. Proses yang terjadi disebut amalgamasi.

Butiran emas yang bebas, tidak terselubung mineral induk menjadi syarat dalam proses amalgamasi, dengan demikian batuan yang mengandung bijih emas perlu dipecah dan digerus sampai diperoleh butiran emas yang bebas. Kenyataan menjelaskan bahwa butiran emas yang berukuran > 74 mikron dapat diolah dengan baik oleh metode amalgamasi. Metode amalgamasi memberikan solusi yang mudah untuk pengaplikasian cara kerja dengan biaya investasi dan produksi rendah sehingga metode ini biasa digunakan untuk pengolahan emas skala kecil. Sedangkan kekurangan dari metode ini adalah dampak penggunaan merkuri (Hg) bagi lingkungan. Pada proses amalgamasi, akan terjadi kehilangan merkuri cair yang terbawa sisa amalgamasi. Apabila merkuri cair yang larut dalam air masuk ke sumber air di alam (sungai, danau, laut dll), merkuri yang terlarut kemudian masuk ke tubuh ikan atau manusia dan persenyawaan merkuri masuk ke tubuh manusia. Gas merkuri yang terhirup akan diserap dengan sempurna oleh paru-paru dan dioksida menjadi Hg^{2+} sehingga dapat membentuk garam merkuri. Merkuri uap dapat menembus membran jauh lebih cepat selanjutnya gas Hg dapat masuk ke otak sebelum dioksidasi. Keracunan sistem saraf pusat terjadi apabila korban telah menghisap gas Hg. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. Kep-51/Menklh/10/95, tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri, tanggal 23 Oktober 1995 menyatakan untuk mencegah keracunan merkuri dan persenyawaannya cairan limbah industri tidak lebih dari 0,005 mg/L dan mempunyai tempat pengolahan limbah yang

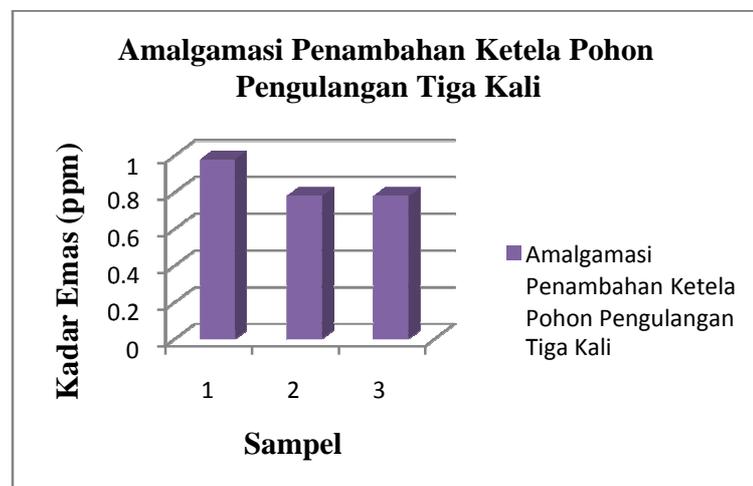
baik (Irwansyah, 2010). Grafik analisa dari metode amal gamasi dapat dilihat pada gambar 4.3 dan gambar 4.4 perhitungan selengkapnya pada lampiran D.

Amalgamasi Tanpa Ketela Pohon



Gambar 4.3 Ekstraksi Emas Metode Amalgamasi Tanpa Ketela Pohon

Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon



Gambar 4.4 Ekstraksi Emas Metode Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon

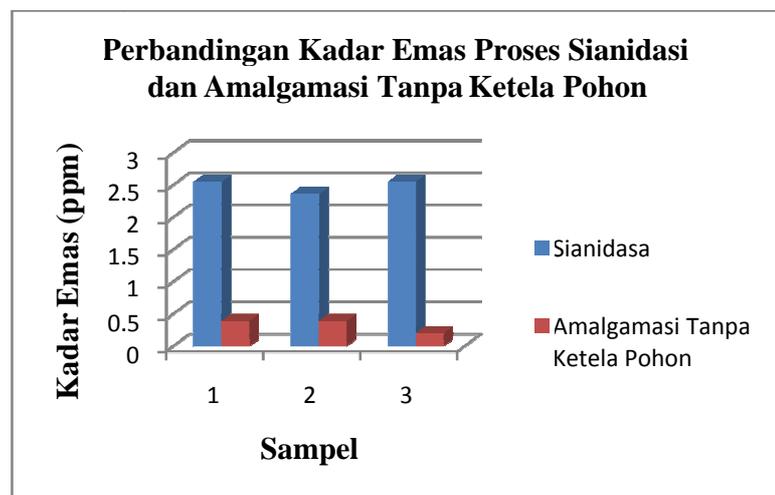
Dari kedua grafik diatas diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai untuk metode amalgamasi, nilai untuk amalgamasi tanpa penambahan ketela pohon dari sampel pertama sampai ketiga adalah 0,39 ; 0,39; 0,2 ppm. Sedangkan untuk hasil dari amalgamsi penambahan ketela pohon didapat nilai sebesar 0,98 ; 0,78 ; 0,78 ppm yang artinya dengan penambahan ketela pohon kadar emas meningkat 0,59 ppm

dimana kadar emas yang diserap ketela pohon sebesar 0,98 gram/ton untuk sampel pertama dan 0,78 gram/ton untuk sampel kedua dan ketiga.

4.2.3 Perbandingan Kinerja Metode Sianidasi dan Metode Amalgamasi

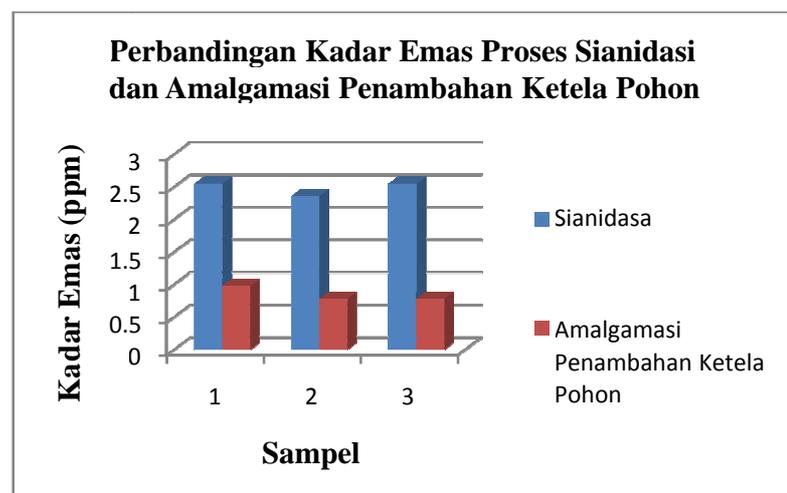
Kedua metode perlu dibandingkan untuk mengetahui hasil yang terbaik dalam penentuan hasil analisa data.

Sianidasi dan Amalgamasi Tanpa Ketela Pohon



Gambar 4.5 Ekstraksi Emas Metode Sianidasi dan Amalgamasi Tanpa Ketela Pohon

Sianidasi dan Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon



Gambar 4.6 Ekstraksi Emas Metode Sianidasi dan Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon

Dari grafik dapat diketahui bahwa metode sianidasi lebih efektif untuk ekstraksi batuan emas. Nilai yang dihasilkan lebih tinggi bila dibandingkan dengan metode amalgamasi baik dengan penambahan ketela pohon maupun tanpa ketela pohon. Terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua metode tersebut. Berdasarkan kondisi tersebut maka ada perbedaan yang signifikan antara kadar emas yang diperoleh dengan proses amalgamasi dan sianidasi. Hal ini ditunjukkan pada uji-t pada tabel 4.2 berikut.

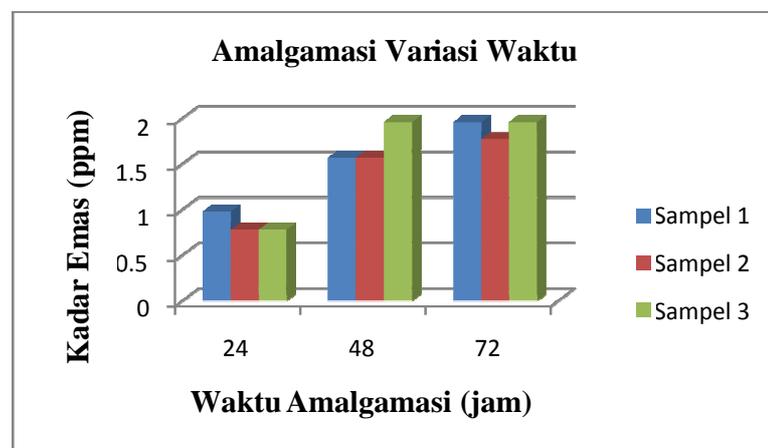
Tabel 4.2 Data Perbandingan Nilai t_{eks} dan t_{tabel} Kadar Emas (Au) antara Metode Amalgamasi dengan Metode Sianidasi

Metode	Nilai t_{eks}	Nilai t_{tabel}
Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon dan Sianidasi	17,978	2,78
Amalgamasi Tanpa Ketela Pohon dan Sianidasi	23,576	2,78

Berdasarkan tabel 4.2, Perbandingan kadar emas (Au) dalam batuan antara metode amalgamasi dengan metode sianidasi diperoleh nilai t_{eks} lebih besar dibanding t_{tabel} ($t_{tabel} = 2,78$) dengan selang kepercayaan 95 % dan derajat kebebasan sebesar 4. Kondisi demikian berarti H_0 ditolak dan H_1 diterima artinya ada perbedaan yang signifikan antara kedua metode dalam menentukan kadar emas (Au) dalam batuan baik menggunakan metode sianidasi maupun amalgamasi. Sianidasi sebagaimana disebutkan diatas, metode ini sangat efektif untuk ekstraksi emas bahkan dalam bentuk senyawa, karena kemampuannya merecovery hampir 95%. Sedangkan untuk amalgamasi, metode ini relative mudah dan murah tetapi kemampuannya dibawah sianidasi karena dia hanya mampu mengekstrak emas dalam bentuk logam bebas yang ukurannya > 74 mikron.

4.3 Efek Variasi Waktu Terhadap Hasil Amalgamasi

Pada proses ini data didapatkan sebagaimana dijelaskan pada bab tiga prosedur kerja, batuan emas yang telah dihomogenkan sebanyak 50 gram dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL, ditambahkan 150 mL aqua des, 25 gram air raksa, 10 gram ketela pohon, diukur pH sampai menunjukkan pH 9-10, dishaker menggunakan kecepatan putar 100 rpm selama 24 jam, 48 jam dan 72 jam. Hasil amalgamasi dituang ke dalam piring, dialiri air kran dengan menggunakan botol semprot, endapan ditampung ke dalam baki sehingga air raksa dan endapan terpisah. Sisa endapan dilarutkan ke dalam 25 mL larutan aqua regia, disaring, diambil sebanyak 10 mL, diencerkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diukur kadar emas menggunakan spektrometri serapan atom. Diketahui kadar emas tertinggi 1,96 ppm dan kadar terendah sebesar 0,78 ppm. Berikut adalah grafik dari nilai tersebut:



Gambar 4.7 Efek Variasi Waktu Terhadap Amalgamasi

Dapat diketahui waktu yang paling optimal adalah 72 jam pada sampel pertama dan ketiga. Hal ini disebabkan karena dengan memperpanjang waktu amalgamasi kemungkinan akan mempermudah sianida keluar dari ketela pohon. Proses penyekeran tidak merubah partikel emas karena itu interaksi yang terjadi sedikit lebih lama. Selain itu raksa yang dipakai untuk melarutkan emas akan semakin bagus bila

waktu yang dipakai semakin lama hal ini dikarenakan interaksi emas dengan raksa semakin intens.

4.4 Pengaruh Penambahan Ketela Pohon Pada Proses Amalgamasi Emas

Amalgamasi adalah proses penyeloputan partikel emas oleh air raksa dan membentuk amalgam (Au – Hg). Amalgam masih merupakan proses ekstraksi emas yang paling sederhana dan murah, akan tetapi proses ini hanya efektif untuk bijih emas yang berkadar tinggi dan mempunyai ukuran butir kasar (> 74 mikron) dan dalam membentuk emas murni yang bebas (free native gold).

Perolehan jumlah emas yang diekstraksi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$C = a - b$$

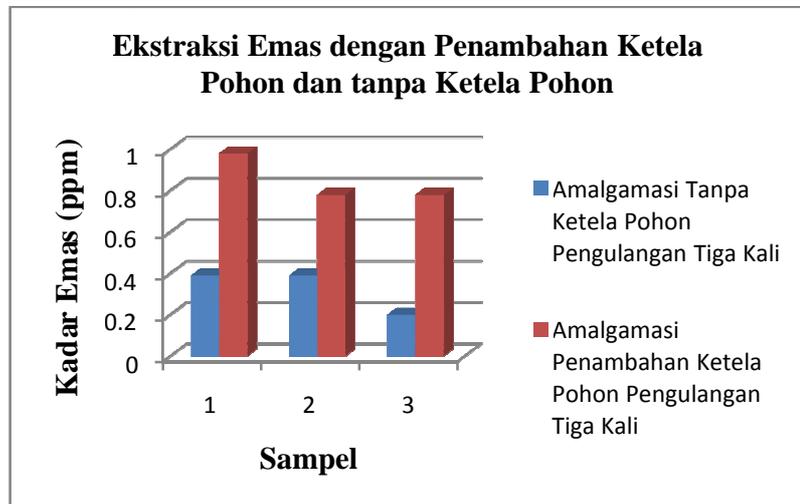
Dimana, C adalah jumlah emas yang diekstraksi

b adalah kadar emas batuan

c adalah kadar emas dalam batuan setelah amalgamasi.

Untuk kadar emasnya dapat ditentukan dengan mensubtitusikan nilai absorbansi larutan sampel ke dalam persamaan regresi linear $y = 0.051x + 0.000$.

Nilai kadar emas dengan dan tanpa ketela pohon dapat dilihat pada gambar 4.8 perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran D.



Gambar 4.8 Efek Penambahan Ketela Pohon Terhadap Hasil Amalgamasi

Data yang diperoleh menunjukkan bahwa kadar emas paling tinggi adalah hasil amalgamasi penambahan ketela pohon yaitu sebesar 0,98 ppm pada perlakuan sampel pertama, artinya kadar emas yang diserap ketela pohon sebesar 0,98 gram/ton. Sedangkan untuk amalgamasi tanpa ketela pohon, kadar yang diperoleh lebih kecil yaitu 0,39 ppm hasil yang konstan untuk pengulangan satu dan dua, artinya kadar emas yang diserap ketela pohon sebesar 0,39 gram/ton. Berdasarkan kondisi tersebut maka ada perbedaan antara kadar emas yang diperoleh penambahan ketela pohon dan tanpa ketela pohon. Hal ini ditunjukkan pada uji-t pada tabel 4.2 perhitungan selengkapnya pada lampiran E.

Tabel 4.3 Data Perbandingan Nilai t_{eks} dan t_{tabel} Kadar Emas (Au) antara Metode Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon dan Tanpa Ketela Pohon

Metode	Nilai t_{eks}	Nilai t_{tabel}
Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon dan Amalgamasi Tanpa Ketela Pohon	23,576	2,78

Berdasarkan tabel 4.3, Perbandingan kadar emas (Au) dalam batuan antara amalgamasi penambahan ketela pohon dan tanpa ketela pohon diperoleh nilai t_{eks}

lebih besar dibanding t_{tabel} ($t_{\text{tabel}} = 2,78$) dengan selang kepercayaan 95 % dan derajat kebebasan sebesar 4. Nilai t_{eks} yang diperoleh sebesar 23,576. Kondisi demikian berarti H_0 ditolak dan H_1 diterima artinya ada perbedaan yang signifikan antara kedua metode dalam menentukan kadar emas (Au) dalam batuan baik menggunakan amalgamasi penambahan ketela pohon maupun amalgamasi tanpa ketela pohon.

Diketahui bahwa tumbuhan memiliki kemampuan untuk mengikat logam, salah satu contohnya adalah emas. Percobaan dilakukan pada limbah hasil ekstraksi emas, dimana tumbuhan bisa mereduksi Au(III) menjadi Au(0). Percobaan menunjukkan Au (III) pada konsentrasi tinggi diserap oleh tumbuhan (Parson, JG. *et al*, 2000). Kemampuan ini dapat dimanfaatkan untuk memperoleh kembali ion emas(III) dari larutannya. Ketela pohon adalah salah satu jenis tumbuhan yang mengandung asam sianida, asam sianida yang terkandung dalam ketela pohon akan bereaksi dengan emas membentuk anion disiano aurat (I). Reaksi yang terjadi antara asam sianida dan emas sebagai berikut :



Anion disiano aurat (I) akan mengalami reaksi reduksi menjadi logam emas dan ion sianida. Pada proses ini adalah pengaruh penambahan ketela pohon pada amalgamasi. Ketela pohon adalah tumbuhan yang mengandung asam sianida (HCN). Dengan adanya senyawa HCN diharapkan mampu membantu meningkatkan perolehan emas dalam proses amalgamasi, oleh karena itu penelitian dengan penambahan ketela pohon pada amalgamasi dilakukan. Penelitian sebelumnya (Puspitarini, R 2011) menyatakan, bahwa hasil amalgamasi dengan penambahan daun bambu meningkat dengan nilai yang signifikan dibandingkan dengan nilai amalgamasi tanpa penambahan daun bambu. Hal ini dikarenakan pada daun bambu mengandung HCN yang membantu memaksimalkan proses amalgamasi. Berdasarkan kenyataan tersebut maka dilakukan penelitian berikutnya yang menggunakan ketela pohon. Berdasarkan kondisi tersebut, diperkirakan ketela pohon mampu mengekstrak emas dari batuan. Tanaman melepas sianida melalui proses glikosida sianogenik yang pada akhirnya

menghasilkan CN^- yang nantinya jika berikatan dengan emas akan membentuk AuCN. Pada ketela pohon proses ini terlihat sedikit lebih sulit dibandingkan tanaman lain dikarenakan banyaknya rantai polisakarida yang dimiliki. Faktor lain penyebab kurang efektifnya ketela pohon adalah kandungan sianida dalam ketela pohon lebih sedikit dibandingkan pada batang bambu (rebung) (M. Rezaul Haque, J dan Howard Bradburry, 2002).

Dengan demikian penelitian tentang ekstraksi emas menggunakan ketela pohon pada proses amalgamasi kurang disarankan. Karena kandungan sianida yang dimiliki ketela pohon masih lebih sedikit bila dibandingkan dengan batang bambu (rebung), sehingga hasilnya kurang maksimal dan perlu adanya penelitian lebih lanjut menggunakan tumbuhan lain yang mengandung sianida.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan ketela pohon memberikan efek peningkatan perolehan emas terhadap hasil amalgamsi dalam mengisolasi emas pada sampel batuan.
2. Metode yang disarankan dari hasil penelitian ini adalah amalgamsi penambahan ketela pohon.
3. Efek variasi waktu memberikan hasil yang berbeda pada setiap perlakuan, semakin lama waktu yang digunakan semakin bagus hasil yang didapat.

5.2 Saran

Beberapa hal yang perlu dilakukan untuk penyempurnaan penelitian ini antara lain :

1. Karena sianida beracun maka perlu pengembangan lebih lanjut untuk senyawa dengan kemampuan yang sama tetapi lebih ramah lingkungan.
2. Perlu adanya cara untuk mereduksi raksa (ampas) yang terbuang agar tidak berbahaya bagi lingkungan.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan spesies ketela pohon yang lain dan perlu adanya pembandingan dengan tumbuhan lain yang mempunyai kandungan sianida.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai analisis kandungan sianida pada tumbuhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andik. 2011. *Proses Pengolahan Emas (Au) dan Perak (Ag)*. <http://www.scribd.com/doc/46100691/proses-pengolahan-emas> [30 November 2011].
- Anonim. 2011. *Emas, Amalgamsi, Sianidasi*. <https://id.wikipedia.org/wiki/Emas> [30 November 2011].
- Anonim. 2011. *Ketela Pohon*. http://id.wikipedia.org/wiki/Ketela_pohon [30 November 2011].
- Anonim. 2013. *Ketela Pohon*. <http://www.plantamor.com/index.php?plant=814> [28 Mei 2023].
- Anonim. 2011. *Raksa*. <http://id.wikipedia.org/wiki/Raksa> [30 November 2011].
- Chica. 2010. *Spektrofotometri Serapan Atom*. <http://chicamayonnaise.blogspot.com/2010/03/spektrofotometri-serapan-atom-aas.html> [15 November 2011].
- Day, R. A Jr dan Underwood, A. L. 1989. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta : Erlangga.
- Irwansyah, A., Khotimah, H., Sari D.I., Josman F.L., dan Marzaman . 2010. *Makalah Bahan Galian Emas*. <http://www.scribd.com/doc/33920112/Bahan-galian-Emas>. [15 November 2011].
- Khopkar, S.M. 2008. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta : Universitas Indonesia Press.
- Ladelta, Viko. 2008. *Hidrometalurgi*. http://www.chem-is-try.org/artikel_kimia/kimia_material/hidrometalurgi/. [15 November 2011].
- Liana, S.A. *Sifat Logam 2*. <http://shintaaaprilliana.blogspot.com/2009/02/sifat-kimia-logam-2.html> [15 November 2011].

- Miller, J.C., dan Miller, J.N . 1991. *Statistika untuk Kimia Analitik*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Mohsin, Y. 2006. *Raksa*. (online) http://www.chem-is-try.org/tabel_periodik/raksa/ [11 November 2011].
- J.G. Parsons, G. Gamez, K.J. Tiemann, and J.L. Gardea-Torresdey. 2000. *Determination Of Trace-Level Gold (III) Biding To Afafa Biomass Using GFAAS With Zeeman Background Correction*. Texas: University of Texas.
- Purwono. 2009. *Budidaya 8 Jenis Tanaman Unggul*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Puspitarini, R. 2011, *Pemanfaatan Daun Bambu (Gigantochloa hasskarliana (Kurz) Backer ex Heyne) Untuk Pengolahan Emas Dalam Bentuk Senyawa Secara Amalgamsi*. Jember : Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember.
- Rezaul Haque M, J. Horward Bradburry. 2002. *Total Cyanide Determination of Plants and Foods Using The Picrate and Acid Hydrolysis Methods*. Canberra: Division of Botany and Zoology, Australia National University.
- Rukmana, Rahmat. 1997. *Ubi Kayu Budi daya dan Pascapanen* : Kanisius.
- Rusdiarso, B. 2007. *Studi Ekstraksi Pelarut Emas (III) dalam Larutan Konsentrat Tembaga PT Freeport dengan 8-Metylxantin*. Yogyakarta : Kimia MIPA UGM
- Sismanto, Hakim,L., Oktavianti, N. E., dan Suharto, S. 2007. *Remidiasi Elektrokinetik Menggunakan Elektroda 2-D Hexagonal Pada Tanah Limbah Pertambangan Emas yang Mengandung Tembaga (Cu) dan Merkuri (Hg) di Kokap Kulon Progo*. Yogyakarta : Laboratorium Geofisika FMIPA Universitas Gajah Mada.
- Sosrosoedirdjo, R.S.. 1993. *Bercocok Tanam Ketela Pohon*. Jakarta : CV. Yasaguna.
- Sudjana.1996. *Metode Statistika*. Bandung : Tarsito.
- Syukri. 1999. *Kimia Dasar 3*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Unimus, Digilib. 2011. <http://digilib.unimus.ac.id/files/disk1/124/jtptunimus-gdl-arumprimas-6196-2-bab2.pdf> [11 November 2011].

- Widodo. 2008a. Pencemaran Air Raksa (Hg) sebagai Dampak Pengolahan Bijih Emas di Sungai Ciliunggunung, Waluran, Kabupaten Sukabumi, UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon - LIPI, *Jurnal Geologi Indonesia Vol. 3 No.3 September 2008* : 139-149.
- Widodo. 2008b. Pengaruh Perlakuan Amalgamasi Terhadap Tingkat Perolehan Emas dan Kehilangan Merkuri, UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon- LIPI *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan jilid 18 No.1*: 47-54.
- Winarno, F.G. 2008. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta : PT. Gramedia.
- Wiro. 2011. <http://wiro-pharmacy.blogspot.com/2011/03/kuliah-spektrometri-serapan-atom-aas.html> [11 November 2011].

LAMPIRAN A

Identifikasi Ketela Pohon

**HERBARIUM JEMBERIENSE (JR)
JURUSAN BIOLOGI-FMIPA UNIVERSITAS JEMBER
JEMBER, INDONESIA**

SURAT KETERANGAN IDENTIFIKASI

Berdasarkan hasil pengamatan pada spesimen tumbuhan yang dikirimkan ke Herbarium Jemberiense, Laboratorium Botani dan Kultur Jaringan, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Jember oleh :

Nama/NIM : Dian Wahyuning Tyas P / 071810301069
Jur./Fak./PT : Jurusan Kimia/Fak. MIPA /Universitas Jember

maka dapat disampaikan hasilnya bahwa spesimen tersebut adalah :

1. *Manihot esculenta* Crantz (Family – Euphorbiaceae ;
Synonyms : *Janipha manihot*, *Jatropha dulcis*,
Jatropha janipha, *Jatropha loureiri*, *Jatropha manihot*,
Manihot dulcis, *Manihot loureiri*, *Manihot manihot*,
Manihot melanobasis)

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jember, 12 Nopember 2012
Ka. Laboratorium,



Dra. Dwi Setyati, MSi
NIP 196404171991032001

Determined by Dra. Umiyah, MSc.agr.

Lampiran B

Pengukuran Kurva Kalibrasi Standar Emas

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0
0,2	0,011465
0,4	0,019498
0,6	0,032739
0,8	0,040501
1	0,051655

Pengukuran Sampel Emas Dengan AAS

1. Analisa Kadar Emas Dalam Batuan (mula-mula)

	Absorbansi		
	Sampel I	Sampel II	Sampel III
	0,018	0,018	0,020
	0,020	0,019	0,017
0,016	0,017	0,017	
Jumlah	0,054	0,054	0,054
Rata-rata	0,018	0,018	0,018

2. Analisa Kadar Emas Serbuk Batuan Ditambah Ketela Pohon

	Absorbansi		
	Sampel I	Sampel II	Sampel III
	0,018	0,017	0,017
	0,018	0,018	0,015
0,015	0,016	0,016	
Jumlah	0,051	0,051	0,048
Rata-rata	0,017	0,017	0,016

3. Analisa Kadar Emas Dengan Sianidasi

	Absorbansi		
	Sampel I	Sampel II	Sampel III
	0,005	0,006	0,005
	0,006	0,006	0,004
	0,004	0,006	0,006
Jumlah	0,015	0,018	0,015
Rata-rata	0,005	0,006	0,005

4. Analisa Kadar Emas Setelah Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon

	Absorbansi		
	Sampel I	Sampel II	Sampel III
	0,014	0,014	0,015
	0,012	0,013	0,015
	0,013	0,015	0,012
Jumlah	0,039	0,042	0,042
Rata-rata	0,013	0,014	0,014

5. Analisa Kadar Emas Menggunakan Variasi Waktu 24 Jam

	Absorbansi		
	Sampel I	Sampel II	Sampel III
	0,014	0,014	0,015
	0,012	0,013	0,015
	0,013	0,015	0,012
Jumlah	0,039	0,042	0,042
Rata-rata	0,013	0,014	0,014

6. Analisa Kadar Emas Menggunakan Variasi Waktu 48 Jam

	Absorbansi		
	Sampel I	Sampel II	Sampel III
	0,010	0,011	0,008
	0,012	0,010	0,007
	0,008	0,009	0,009
Jumlah	0,030	0,030	0,024
Rata-rata	0,010	0,010	0,008

7. Analisa Kadar Emas Menggunakan Variasi Waktu 72 Jam

	Absorbansi		
	Sampel I	Sampel II	Sampel III
	0,007	0,009	0,008
	0,009	0,009	0,008
0,008	0,009	0,008	
Jumlah	0,024	0,027	0,024
Rata-rata	0,008	0,009	0,008

8. Analisa Kadar Emas Setelah Amalgamasi Tanpa Ketela Pohon

	Absorbansi		
	Sampel I	Sampel II	Sampel III
	0,016	0,015	0,016
	0,015	0,016	0,016
0,017	0,017	0,019	
Jumlah	0,048	0,048	0,051
Rata-rata	0,016	0,016	0,017

9. Analisa Kadar Emas Setelah Amalgamasi Ditambah NaCN

	Absorbansi		
	Sampel I	Sampel II	Sampel III
	0,009	0,005	0,006
	0,007	0,006	0,008
0,008	0,007	0,004	
Jumlah	0,024	0,018	0,018
Rata-rata	0,008	0,006	0,006

Lampiran C

1. Perhitungan Pembuatan Larutan Standar Emas

Larutan standar 1000 ppm

- Pembuatan Larutan Standar Emas (Au) 10 ppm

$$\begin{aligned}V_1 M_1 &= V_2 M_2 \\V_1 \times 1000 \text{ ppm} &= 100 \text{ mL} \times 10 \text{ ppm}\end{aligned}$$

$$V_1 = \text{—————}$$

$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

- Pembuatan Larutan Standar Emas (Au) 0,2 ppm

$$\begin{aligned}V_1 M_1 &= V_2 M_2 \\V_1 \times 10 \text{ ppm} &= 50 \text{ mL} \times 0,2 \text{ ppm}\end{aligned}$$

$$V_1 = \text{—————}$$

$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

- Pembuatan Larutan Standar Emas (Au) 0,4 ppm

$$\begin{aligned}V_1 M_1 &= V_2 M_2 \\V_1 \times 10 \text{ ppm} &= 50 \text{ mL} \times 0,4 \text{ ppm}\end{aligned}$$

$$V_1 = \text{—————}$$

$$V_1 = 2 \text{ mL}$$

➤ Pembuatan Larutan Standar Emas (Au) 0,6 ppm

$$\begin{aligned}
 V_1 M_1 &= V_2 M_2 \\
 V_1 \times 10 \text{ ppm} &= 50\text{mL} \times 0,6 \text{ ppm} \\
 V_1 &= \frac{50 \times 0,6}{10} \\
 V_1 &= 3 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

➤ Pembuatan Larutan Standar Emas (Au) 0,8 ppm

$$\begin{aligned}
 V_1 M_1 &= V_2 M_2 \\
 V_1 \times 10 \text{ ppm} &= 50\text{mL} \times 0,8 \text{ ppm} \\
 V_1 &= \frac{50 \times 0,8}{10} \\
 V_1 &= 4 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

➤ Pembuatan Larutan Standar Emas (Au) 1 ppm

$$\begin{aligned}
 V_1 M_1 &= V_2 M_2 \\
 V_1 \times 10 \text{ ppm} &= 50\text{mL} \times 1 \text{ ppm} \\
 V_1 &= \frac{50 \times 1}{10} \\
 V_1 &= 5 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

2. Pembuatan Larutan NaCN 0,3%

$$0,3 \% = \frac{\text{————}}{\text{————}} \times 100 \%$$

$$X = \frac{\text{————}}{\text{————}}$$

$$X = \text{————}$$

$$X = 0,3 \text{ gr}$$

3. Pembuatan NaOH IM

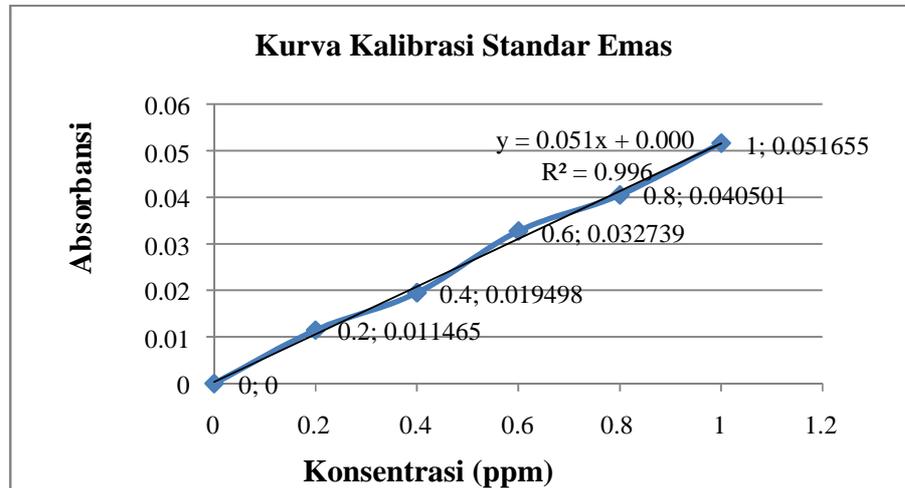
$$1M = n/L$$

$$\begin{aligned}n &= M \times L \\ &= 1 \text{ L/mol} \times 0,1L \\ &= 0,1 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}g &= n \times Mr \\ &= 0,1 \text{ mol} \cdot 40 \text{ gr/mol} \\ &= 4 \text{ gram}\end{aligned}$$

4 gram NaOH dilarutkan dalam 100 mL aquades

LAMPIRAN D



Perhitungan Analisis Kadar Emas

1. Kadar Emas Dalam Batuan (mula-mula)

Sampel	Absorbansi
1	0,018
2	0,018
3	0,018

Sampel 1

$$y = 0.051x + 0.000$$

$$0,018 = 0.051x + 0.000$$

$$0,051x = 0,018 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,353 \text{ ppm}$$

Faktor pengenceran 10 kali = 3,53 ppm

Sampel 2

$$y = 0.051x + 0.000$$

$$0,018 = 0.051x + 0.000$$

$$0,051x = 0,018 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,353 \text{ ppm}$$

Faktor pengenceran 10 kali = 3,53 ppm

Sampel 3

$$y = 0,051x + 0,000$$

$$0,018 = 0,051x + 0,000$$

$$0,051x = 0,018 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,353 \text{ ppm}$$

Faktor pengenceran 10 kali = 3,53 ppm

Sampel	Absorbansi	Kadar Emas (ppm)
1	0,018	3,53
2	0,018	3,53
3	0,018	3,53

2. Amalgamasi Tanpa Ketela Pohon

Sampel	Absorbansi
1	0,016
2	0,016
3	0,017

Sampel 1

$$y = 0,051x + 0,000$$

$$0,016 = 0,051x + 0,000$$

$$0,051x = 0,016 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,314 \text{ ppm}$$

$$\text{Faktor pengenceran 10 kali} = 3,14 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar emas} &= \text{kadar emas batuan} - \text{kadar emas setelah amalgamasi} \\ &= 3,53 \text{ ppm} - 3,14 \text{ ppm} \\ &= 0,39 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Sampel 2

$$y = 0,051x + 0,000$$

$$0,016 = 0,051x + 0,000$$

$$0,051x = 0,016 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,314 \text{ ppm}$$

$$\text{Faktor pengenceran 10 kali} = 3,14 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar emas} &= \text{kadar emas batuan} - \text{kadar emas setelah amalgamasi} \\ &= 3,53 \text{ ppm} - 3,14 \text{ ppm} \\ &= 0,39 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Sampel 3

$$y = 0,051x + 0,000$$

$$0,017 = 0,051x + 0,000$$

$$0,051x = 0,017 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,333 \text{ ppm}$$

$$\text{Faktor pengenceran 10 kali} = 3,33 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar emas} &= \text{kadar emas batuan} - \text{kadar emas setelah amalgamasi} \\ &= 3,53 \text{ ppm} - 3,33 \text{ ppm} \\ &= 0,2 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Sampel	Absorbansi	Kadar Emas (ppm)
1	0,016	0,39
2	0,016	0,39
3	0,017	0,2

3. Amalgamasi penambahan ketela pohon

Sampel	Absorbansi
1	0,013
2	0,014
3	0,014

Sampel 1

$$y = 0.051x + 0.000$$

$$0,013 = 0.051x + 0.000$$

$$0,051x = 0,013 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,255 \text{ ppm}$$

Faktor pengenceran 10 kali = 2,55 ppm

Kadar emas = kadar emas batuan – kadar emas setelah amalgamasi

$$= 3,53 \text{ ppm} - 2,55 \text{ ppm}$$

$$= 0,98 \text{ ppm}$$

Sampel 2

$$y = 0.051x + 0.000$$

$$0,014 = 0.051x + 0.000$$

$$0,051x = 0,014 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,275 \text{ ppm}$$

Faktor pengenceran 10 kali = 2,75

$$\begin{aligned} \text{Kadar emas} &= \text{kadar emas batuan} - \text{kadar emas setelah amalgamasi} \\ &= 3,53 \text{ ppm} - 2,75 \text{ ppm} \\ &= 0,78 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Sampel 3

$$y = 0,051x + 0,000$$

$$0,014 = 0,051x + 0,000$$

$$0,051x = 0,014 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,275 \text{ ppm}$$

Faktor pengenceran 10 kali = 2,75

$$\begin{aligned} \text{Kadar emas} &= \text{kadar emas batuan} - \text{kadar emas setelah amalgamasi} \\ &= 3,53 \text{ ppm} - 2,75 \text{ ppm} \\ &= 0,78 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Sampel	Absorbansi	Kadar Emas (ppm)
1	0,013	0,98
2	0,014	0,78
3	0,014	0,78

4. Amalgamasi penambahan ketela pohon variasi waktu 24 jam

Sampel	Absorbansi
1	0,013
2	0,014
3	0,014

Sampel 1

$$y = 0,051x + 0,000$$

$$0,013 = 0,051x + 0,000$$

$$0,051x = 0,013 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,255 \text{ ppm}$$

Faktor pengenceran 10 kali = 2,55

Kadar emas = kadar emas batuan – kadar emas setelah amalgamasi

$$= 3,53 \text{ ppm} - 2,55 \text{ ppm}$$

$$= 0,98 \text{ ppm}$$

Sampel 2

$$y = 0,051x + 0,000$$

$$0,014 = 0,051x + 0,000$$

$$0,051x = 0,014 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,275 \text{ ppm}$$

Faktor pengenceran 10 kali = 2,75

Kadar emas = kadar emas batuan – kadar emas setelah amalgamasi

$$= 3,53 \text{ ppm} - 2,75 \text{ ppm}$$

$$= 0,78 \text{ ppm}$$

Sampel 3

$$y = 0,051x + 0,000$$

$$0,014 = 0,051x + 0,000$$

$$0,051x = 0,014 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,275 \text{ ppm}$$

Faktor pengenceran 10 kali = 2,75

Kadar emas = kadar emas batuan – kadar emas setelah amalgamasi

$$= 3,53 \text{ ppm} - 2,75 \text{ ppm}$$

$$= 0,78 \text{ ppm}$$

Sampel	Absorbansi	Kadar Emas (ppm)
1	0,013	0,98
2	0,014	0,78
3	0,014	0,78

5. Amalgamasi penambahan ketela pohon variasi waktu 48 jam

Sampel	Absorbansi
1	0,010
2	0,010
3	0,008

Sampel 1

$$y = 0.051x + 0.000$$

$$0,010 = 0.051x + 0.000$$

$$0,051x = 0,010 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,196 \text{ ppm}$$

Faktor pengenceran 10 kali = 1,96 ppm

Kadar emas = kadar emas batuan – kadar emas setelah amalgamasi

$$= 3,53 \text{ ppm} - 1,96 \text{ ppm}$$

$$= 1,57 \text{ ppm}$$

Sampel 2

$$y = 0.051x + 0.000$$

$$0,010 = 0.051x + 0.000$$

$$0,051x = 0,010 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,196 \text{ ppm}$$

Faktor pengenceran 10 kali = 1,96 ppm

Kadar emas = kadar emas batuan – kadar emas setelah amalgamasi

$$= 3,53 \text{ ppm} - 1,96 \text{ ppm}$$

$$= 1,57 \text{ ppm}$$

Sampel 3

$$y = 0,051x + 0,000$$

$$0,008 = 0,051x + 0,000$$

$$0,051x = 0,008 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,157 \text{ ppm}$$

Factor pengenceran 10 kali = 1,57 ppm

Kadar emas = kadar emas batuan – kadar emas setelah amalgamasi

$$= 3,53 \text{ ppm} - 1,57 \text{ ppm}$$

$$= 1,96 \text{ ppm}$$

Sampel	Absorbansi	Kadar Emas (ppm)
1	0,010	1,57
2	0,010	1,57
3	0,008	1,96

6. Amalgamasi penambahan ketela pohon variasi waktu 72 jam

Sampel	Absorbansi
1	0,008
2	0,009
3	0,008

Sampel 1

$$y = 0,051x + 0,000$$

$$0,008 = 0,051x + 0,000$$

$$0,051x = 0,008 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,157 \text{ ppm}$$

Faktor pengenceran 10 kali = 1,57

$$\begin{aligned} \text{Kadar emas} &= \text{kadar emas batuan} - \text{kadar emas setelah amalgamasi} \\ &= 3,53 \text{ ppm} - 1,57 \text{ ppm} \\ &= 1,96 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Sampel 2

$$y = 0.051x + 0.000$$

$$0,009 = 0.051x + 0.000$$

$$0,051x = 0,009 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,176 \text{ ppm}$$

Faktor pengenceran 10 kali = 1,76 ppm

$$\begin{aligned} \text{Kadar emas} &= \text{kadar emas batuan} - \text{kadar emas setelah amalgamasi} \\ &= 3,53 \text{ ppm} - 1,76 \text{ ppm} \\ &= 1,77 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Sampel 3

$$y = 0.051x + 0.000$$

$$0,008 = 0.051x + 0.000$$

$$0,051x = 0,008 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,157 \text{ ppm}$$

Faktor pengenceran 10 kali = 1,57 ppm

$$\begin{aligned} \text{Kadar emas} &= \text{kadar emas batuan} - \text{kadar emas setelah amalgamasi} \\ &= 3,53 \text{ ppm} - 1,57 \text{ ppm} \\ &= 1,96 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Sampel	Absorbansi	Kadar Emas (ppm)
1	0,008	1,96
2	0,009	1,77
3	0,008	1,96

7. Amalgamasi penambahan NaCN

Sampel	Absorbansi
1	0,008
2	0,006
3	0,006

Sampel 1

$$y = 0.051x + 0.000$$

$$0,008 = 0.051x + 0.000$$

$$0,051x = 0,008 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,157 \text{ ppm}$$

Faktor pengenceran 10 kali = 1,57 ppm

Kadar emas = kadar emas batuan – kadar emas setelah amalgamasi

$$= 3,53 \text{ ppm} - 1,57 \text{ ppm}$$

$$= 1,96 \text{ ppm}$$

Sampel 2

$$y = 0.051x + 0.000$$

$$0,006 = 0.051x + 0.000$$

$$0,051x = 0,006 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,118 \text{ ppm}$$

Faktor pengenceran 10 kali = 1,18 ppm

$$\begin{aligned} \text{Kadar emas} &= \text{kadar emas batuan} - \text{kadar emas setelah amalgamasi} \\ &= 3,53 \text{ ppm} - 1,18 \text{ ppm} \\ &= 2,35 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Sampel 3

$$y = 0.051x + 0.000$$

$$0,006 = 0.051x + 0.000$$

$$0,051x = 0,006 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,118 \text{ ppm}$$

Faktor pengenceran 10 kali = 1,18 ppm

$$\begin{aligned} \text{Kadar emas} &= \text{kadar emas batuan} - \text{kadar emas setelah amalgamasi} \\ &= 3,53 \text{ ppm} - 1,18 \text{ ppm} \\ &= 2,35 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Sampel	Absorbansi	Kadar Emas (ppm)
1	0,008	1,96
2	0,006	2,35
3	0,006	2,35

8. Serbuk batuan penambahan ketela pohon

Sampel	Absorbansi
1	0,017
2	0,017
3	0,016

Sampel 1

$$y = 0.051x + 0.000$$

$$0,017 = 0.051x + 0.000$$

$$0,051x = 0,017 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,333 \text{ ppm}$$

$$\text{Faktor pengenceran 10 kali} = 3,33 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar emas} &= \text{kadar emas batuan} - \text{kadar emas setelah amalgamasi} \\ &= 3,53 \text{ ppm} - 3,33 \text{ ppm} \\ &= 0,2 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Sampel 2

$$y = 0,051x + 0,000$$

$$0,017 = 0,051x + 0,000$$

$$0,051x = 0,017 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,333 \text{ ppm}$$

$$\text{Faktor pengenceran 10 kali} = 3,33 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar emas} &= \text{kadar emas batuan} - \text{kadar emas setelah amalgamasi} \\ &= 3,53 \text{ ppm} - 3,33 \text{ ppm} \\ &= 0,2 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Sampel 3

$$y = 0,051x + 0,000$$

$$0,016 = 0,051x + 0,000$$

$$0,051x = 0,016 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,314 \text{ ppm}$$

$$\text{Faktor pengenceran 10 kali} = 3,14 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar emas} &= \text{kadar emas batuan} - \text{kadar emas setelah amalgamasi} \\ &= 3,53 \text{ ppm} - 3,14 \text{ ppm} \\ &= 0,39 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Sampel	Absorbansi	Kadar Emas (ppm)
1	0,017	0,2
2	0,017	0,2
3	0,016	0,39

9. Sianidasi

Sampel	Absorbansi
1	0,005
2	0,006
3	0,005

Sampel 1

$$y = 0.051x + 0.000$$

$$0,005 = 0.051x + 0.000$$

$$0,051x = 0,005 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,098 \text{ ppm}$$

Faktor pengenceran 10 kali = 0,98 ppm

Kadar emas = kadar emas batuan – kadar emas setelah sianidasi

$$= 3,53 \text{ ppm} - 0,98 \text{ ppm}$$

$$= 2,55 \text{ ppm}$$

Sampel 2

$$y = 0.051x + 0.000$$

$$0,006 = 0.051x + 0.000$$

$$0,051x = 0,006 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,117 \text{ ppm}$$

Factor pengenceran 10 kali = 1,17 ppm

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar emas} &= \text{kadar emas batuan} - \text{kadar emas setelah sianidasi} \\
 &= 3,53 \text{ ppm} - 1,17 \text{ ppm} \\
 &= 2,36 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

Sampel 3

$$y = 0,051x + 0,000$$

$$0,005 = 0,051x + 0,000$$

$$0,051x = 0,005 - 0,000$$

$$X = \frac{\quad}{\quad}$$

$$X = 0,098 \text{ ppm}$$

Faktor pengenceran 10 kali = 0,98 ppm

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar emas} &= \text{kadar emas batuan} - \text{kadar emas setelah sianidasi} \\
 &= 3,53 \text{ ppm} - 0,98 \text{ ppm} \\
 &= 2,55 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

Sampel	Absorbansi	Kadar Emas (ppm)
1	0,005	2,55
2	0,006	2,36
3	0,005	2,55

LAMPIRAN E

Perhitungan Uji Statistik (Uji-t)

Kadar emas (Au) yang telah ditentukan digunakan untuk membandingkan dua metode, yaitu seperti yang tertera dalam tabel berikut ini :

1. Sianidasi dan amalgamasi tanpa ketela pohon

Pengulangan	Sianidasi Kadar Au (ppm)	Amalgamasi Tanpa Ketela Pohon Kadar Au (ppm)
1	2,55	0,39
2	2,35	0,39
3	2,55	0,2
Rata- rata	2,483	0,327
Standar deviasi	0,115	0,109

Nilai t_{eks} untuk kadar emas (Au) dari metode sianidasi dan metode amalgamasi tanpa ketela pohon

$$\text{Dari persamaan } S^2 = \frac{\{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2\}}{(n_1 + n_2 - 2)}$$

$$S^2 = \frac{\{(3 - 1) 0,115^2 + (3 - 1) 0,109^2\}}{(3 + 3 - 2)}$$

$$= \frac{\{(3 - 1) (0,013225) + (3 - 1) (0,011881)\}}{4}$$

$$= \frac{(0,02645) + (0,023762)}{4}$$

$$S^2 = 0,012553$$

$$S = 0,112$$

Kemudian nilai S total yang diperoleh ini digunakan untuk menghitung nilai t_{eks} seperti persamaan dibawah ini :

$$t_{\text{eks}} = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{2,483 - 0,327}{0,112 \sqrt{+ +}} = \frac{2,156}{0,112} = 19,245$$

2. Sianidasi dan amalgamasi penambahan ketela pohon

Pengulangan	Sianidasi Kadar Au (ppm)	Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon Kadar Au (ppm)
1	2,55	0,98
2	2,35	0,78
3	2,55	0,78
Rata- rata	2,483	0,847
Standar deviasi	0,115	0,115

Nilai t_{eks} untuk kadar emas (Au) dari metode sianidasi dan metode amalgamasi penambahan ketela pohon

$$\text{Dari persamaan } S^2 = \frac{\{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2\}}{(n_1 + n_2 - 2)}$$

$$S^2 = \frac{\{(3 - 1) 0,115^2 + (3 - 1) 0,115^2\}}{(3 + 3 - 2)}$$

$$= \frac{\{(3 - 1) (0,013225) + (3 - 1) (0,013225)\}}{4}$$

$$= \frac{(0,02645) + (0,02645)}{4}$$

$$S^2 = 0,013225$$

$$S = 0,115$$

Kemudian nilai S total yang diperoleh ini digunakan untuk menghitung nilai t_{eks} seperti persamaan dibawah ini :

$$t_{\text{eks}} = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{2,483 - 0,847}{0,115 \sqrt{1 + 1}} = \frac{1,636}{0,161} = 10,161$$

3. Sianidasi dan amalgamasi penambahan ketela pohon variasi waktu 24 jam

Pengulangan	Sianidasi Kadar Au (ppm)	Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon Kadar Au (ppm)
1	2,55	0,98
2	2,35	0,78
3	2,55	0,78
Rata-rata	2,483	0,847
Standar deviasi	0,115	0,011

Nilai t_{eks} untuk kadar emas (Au) dari metode sianidasi dan metode amalgamasi penambahan ketela pohon variasi waktu 24 jam

$$\text{Dari persamaan } S^2 = \frac{\{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2\}}{(n_1 + n_2 - 2)}$$

$$S^2 = \frac{\{(3 - 1) 0,115^2 + (3 - 1) 0,115^2\}}{(3 + 3 - 2)}$$

$$= \frac{\{(3 - 1) (0,013225) + (3 - 1) (0,013225)\}}{4}$$

$$= \frac{(0,02645) + (0,02645)}{4}$$

$$S^2 = 0,013225$$

$$S = 0,115$$

Kemudian nilai S total yang diperoleh ini digunakan untuk menghitung nilai t_{eks} seperti persamaan dibawah ini :

$$t_{\text{eks}} = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{2,483 - 0,847}{0,115 \sqrt{+ +}} = \frac{1,636}{0,115 \sqrt{+ +}} = 17,978$$

4. Sianidasi dan amalgamasi penambahan ketela pohon variasi waktu 48 jam

Pengulangan	Sianidasi Kadar Au (ppm)	Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon Kadar Au (ppm)
1	2,55	1,57
2	2,35	1,57
3	2,55	1,96
Rata- rata	2,483	1,7
Standar deviasi	0,115	0,225

Nilai t_{eks} untuk kadar emas (Au) dari metode sianidasi dan metode amalgamasi penambahan ketela pohon variasi 48 jam

$$\begin{aligned} \text{Dari persamaan } S^2 &= \frac{\{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2\}}{(n_1 + n_2 - 2)} \\ S^2 &= \frac{\{(3 - 1) 0,115^2 + (3 - 1) 0,225^2\}}{(3 + 3 - 2)} \\ &= \frac{\{(3 - 1) (0,013225) + (3 - 1) (0,050625)\}}{4} \\ &= \frac{(0,02645) + (0,10125)}{4} \end{aligned}$$

$$S^2 = 0,031925$$

$$S = 0,178$$

Kemudian nilai S total yang diperoleh ini digunakan untuk menghitung nilai t_{eks} seperti persamaan dibawah ini :

$$t_{eks} = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{2,483 - 1,7}{0,178 \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{1}{3}}} = \frac{0,783}{0,178 \sqrt{0,6667}} = \frac{0,783}{0,144} = 5,387$$

5. Sianidasi dan amalgamasi penambahan ketela pohon variasi waktu 72 jam

Pengulangan	Sianidasi Kadar Au (ppm)	Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon Kadar Au (ppm)
1	2,55	1,96
2	2,35	1,77
3	2,55	1,96
Rata-rata	2,483	1,897
Standar deviasi	0,115	0,109

Nilai t_{eks} untuk kadar emas (Au) dari metode sianidasi dan metode amalgamasi penambahan ketela pohon variasi waktu 72 jam

$$\text{Dari persamaan } S^2 = \frac{\{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2\}}{(n_1 + n_2 - 2)}$$

$$\begin{aligned} S^2 &= \frac{\{(3 - 1) 0,115^2 + (3 - 1) 0,109^2\}}{(3 + 3 - 2)} \\ &= \frac{\{(3 - 1) (0,013225) + (3 - 1) (0,011881)\}}{4} \\ &= \frac{(0,02645) + (0,023762)}{4} \end{aligned}$$

$$S^2 = 0,012553$$

$$S = 0,112$$

Kemudian nilai S total yang diperoleh ini digunakan untuk menghitung nilai t_{eks} seperti persamaan dibawah ini :

$$t_{eks} = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{2,483 - 0,327}{0,112 \sqrt{1 + 1}} = \frac{2,156}{0,157} = 13,732$$

6. Sianidasi dan amalgamasi penambahan NaCN

Pengulangan	Sianidasi Kadar Au (ppm)	Amalgamasi Penambahan NaCN Kadar Au (ppm)
1	2,55	1,96
2	2,35	2,35
3	2,55	2,35
Rata- rata	2,483	2,22
Standar deviasi	0,115	0,225

Nilai t_{eks} untuk kadar emas (Au) dari metode sianidasi dan metode amalgamasi penambahan NaCN

$$\text{Dari persamaan } S^2 = \frac{\{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2\}}{(n_1 + n_2 - 2)}$$

$$S^2 = \frac{\{(3 - 1) 0,115^2 + (3 - 1) 0,225^2\}}{(3 + 3 - 2)}$$

$$= \frac{\{(3 - 1) (0,013225) + (3 - 1) (0,050625)\}}{4}$$

$$= \frac{(0,02645) + (0,10125)}{4}$$

$$4$$

$$S^2 = 0,031925$$

$$S = 0,178$$

Kemudian nilai S total yang diperoleh ini digunakan untuk menghitung nilai t_{eks} seperti persamaan dibawah ini :

$$t_{eks} = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{2,483 - 1,7}{0,178 \sqrt{1 + 1}} = \frac{0,783}{0,25} = 3,132$$

7. Sianidasi dan serbuk batuan penambahan ketela pohon

Pengulangan	Sianidasi Kadar Au (ppm)	Serbuk Batuan Penambahan Ketela Pohon Kadar Au (ppm)
1	2,55	0,2
2	2,35	0,2
3	2,55	0,39
Rata- rata	2,483	0,263
Standar deviasi	0,115	0,109

Nilai t_{eks} untuk kadar emas (Au) dari metode sianidasi dan serbuk batuan penambahan ketela pohon

$$\text{Dari persamaan } S^2 = \frac{\{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2\}}{(n_1 + n_2 - 2)}$$

$$S^2 = \frac{\{(3 - 1) 0,115^2 + (3 - 1) 0,109^2\}}{(3 + 3 - 2)}$$

$$= \frac{\{(3 - 1) (0,013225) + (3 - 1) (0,011881)\}}{4}$$

$$= \frac{(0,02645) + (0,023762)}{4}$$

$$S^2 = 0,012553$$

$$S = 0,112$$

Kemudian nilai S total yang diperoleh ini digunakan untuk menghitung nilai t_{eks} seperti persamaan dibawah ini :

$$t_{\text{eks}} = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{2,483 - 0,327}{0,112 \sqrt{++}} = \frac{2,156}{0,112 \sqrt{++}} = 23,576$$

Perhitungan Uji Statistik (Uji-t)

Kadar emas (Au) yang telah ditentukan digunakan untuk membandingkan dua metode, yaitu kadar emas (Au) dari amalgamasi dengan penambahan ketela pohon dan amalgamasi tanpa ketela pohon seperti yang tertera dalam tabel berikut ini :

1. Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon dan Tanpa Ketela Pohon

Pengulangan	Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon Kadar Au (ppm)	Amalgamasi Tanpa Ketela Pohon Kadar Au (ppm)
1	0,98	0,39
2	0,78	0,39
3	0,78	0,2
Rata – rata	0,847	0,327
Standar deviasi	0,115	0,109

Nilai teks untuk kadar emas (Au) dari metode amalgamasi langsung dan metode amalgamasi tidak langsung

$$\text{Dari persamaan } S^2 = \frac{\{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2\}}{(n_1 + n_2 - 2)}$$

$$S^2 = \frac{\{(3 - 1) 0,115^2 + (3 - 1) 0,109^2\}}{(3 + 3 - 2)}$$

$$= \frac{\{(3 - 1) (0,013225) + (3 - 1) (0,011881)\}}{4}$$

$$= \frac{(0,02645) + (0,023762)}{4}$$

$$S^2 = 0,012553$$

$$S = 0,112$$

Kemudian nilai S total yang diperoleh ini digunakan untuk menghitung nilai t_{eks} seperti persamaan dibawah ini :

$$t_{\text{eks}} = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{2,483 - 0,327}{0,112 \sqrt{1+1}} = \frac{2,156}{0,157} = 13,73$$

2. Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon Variasi Waktu 24 Jam Dan Amalgamasi Tanpa Ketela Pohon

Pengulangan	Metode Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon Kadar Au (ppm)	Metode Amalgamasi Tanpa Ketela Pohon Kadar Au (ppm)
1	0,98	0,39
2	0,78	0,39
3	0,78	0,2
Rata – rata	0,847	0,327
Standar deviasi	0,115	0,109

Nilai teks untuk kadar emas (Au) dari metode amalgamasi langsung dan metode amalgamasi tidak langsung

$$\text{Dari persamaan } S^2 = \frac{\{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2\}}{(n_1 + n_2 - 2)}$$

$$S^2 = \frac{\{(3 - 1) 0,115^2 + (3 - 1) 0,109^2\}}{(3 + 3 - 2)}$$

$$= \frac{\{(3-1)(0,013225) + (3-1)(0,011881)\}}{4}$$

$$= \frac{(0,02645) + (0,023762)}{4}$$

$$S^2 = 0,012553$$

$$S = 0,112$$

Kemudian nilai S total yang diperoleh ini digunakan untuk menghitung nilai t_{eks} seperti persamaan dibawah ini :

$$t_{\text{eks}} = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{2,483 - 0,327}{0,112 \sqrt{1+1}} = \frac{2,156}{0,157} = 13,73$$

3. Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon Variasi Waktu 48 Jam Dan Amalgamasi Tanpa Ketela Pohon

Pengulangan	Metode Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon Kadar Au (ppm)	Metode Amalgamasi Tanpa Ketela Pohon Kadar Au (ppm)
1	1,57	0,39
2	1,57	0,39
3	1,96	0,2
Rata – rata	1,7	0,327
Standar deviasi	0,225	0,109

Nilai teks untuk kadar emas (Au) dari metode amalgamasi langsung dan metode amalgamasi tidak langsung

$$\text{Dari persamaan } S^2 = \frac{\{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2\}}{(n_1 + n_2 - 2)}$$

$$\begin{aligned} S^2 &= \frac{\{(3 - 1) 0,225^2 + (3 - 1) 0,109^2\}}{(3 + 3 - 2)} \\ &= \frac{\{(2) \cdot (0,050625) + (2) \cdot (0,011881)\}}{4} \\ &= \frac{(0,10125) + (0,023762)}{4} \end{aligned}$$

$$S^2 = 0,125012$$

$$S = 0,354$$

Kemudian nilai S total yang diperoleh ini digunakan untuk menghitung nilai teks seperti persamaan dibawah ini :

$$t_{\text{teks}} = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{1,7 - 0,327}{0,354 \sqrt{+ +}} = \frac{1,373}{0,45} = 3,05$$

4. Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon Variasi Waktu 72 Jam Dan Amalgamasi Tanpa Ketela Pohon

Pengulangan	Metode Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon Kadar Au (ppm)	Metode Amalgamasi Tanpa Ketela Pohon Kadar Au (ppm)
1	1,96	0,39
2	1,77	0,39
3	1,96	0,2
Rata – rata	1,897	0,327
Standar deviasi	0,109	0,109

Nilai teks untuk kadar emas (Au) dari metode amalgamasi langsung dan metode amalgamasi tidak langsung

$$\text{Dari persamaan } S^2 = \frac{\{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2\}}{(n_1 + n_2 - 2)}$$

$$\begin{aligned} S^2 &= \frac{\{(3 - 1) 0,109^2 + (3 - 1) 0,109^2\}}{(3 + 3 - 2)} \\ &= \frac{\{(3 - 1) (0,011881) + (3 - 1) (0,011881)\}}{4} \\ &= \frac{(0,023762) + (0,023762)}{4} \end{aligned}$$

$$S^2 = 0,011881$$

$$S = 0,109$$

Kemudian nilai S total yang diperoleh ini digunakan untuk menghitung nilai teks seperti persamaan dibawah ini :

$$t_{\text{eks}} = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{1,897 - 0,327}{0,109 \sqrt{+ +}} = \frac{1,57}{0,109} = 14,40$$

5. Amalgamasi Penambahan NaCN Dan Amalgamasi Tanpa Ketela Pohon

Pengulangan	Metode Amalgamasi Penambahan NaCN	Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon
	Kadar Au (ppm)	Kadar Au (ppm)
1	1,96	0,98
2	2,35	0,78
3	2,35	0,78
Rata – rata	2,22	0,847
Standar deviasi	0,225	0,115

Nilai teks untuk kadar emas (Au) dari metode amalgamasi langsung dan metode amalgamasi tidak langsung

$$\text{Dari persamaan } S^2 = \frac{\{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2\}}{(n_1 + n_2 - 2)}$$

$$S^2 = \frac{\{(3 - 1) 0,225^2 + (3 - 1) 0,115^2\}}{(3 + 3 - 2)}$$

$$= \frac{\{(2) \cdot (0,050625) + (2) \cdot (0,013225)\}}{4}$$

$$= \frac{(0,10125) + (0,02645)}{4}$$

4

$$S^2 = 0,031253$$

$$S = 0,177$$

Kemudian nilai S total yang diperoleh ini digunakan untuk menghitung nilai teks seperti persamaan dibawah ini :

$$t_{\text{eks}} = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{2,22 - 0,847}{0,177 \sqrt{1+1}} = \frac{1,373}{0,25} = 5,492$$

6. Serbuk Batuan Ditambah Ketela Pohon Dan Amalgamasi Tanpa Ketela Pohon

Pengulangan	Serbuk Batuan Ditambah Ketela Pohon Kadar Au (ppm)	Metode Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon Kadar Au (ppm)
1	0,2	0,98
2	0,2	0,78
3	0,39	0,78
Rata – rata	0,263	0,847
Standar deviasi	0,109	0,115

Nilai teks untuk kadar emas (Au) dari metode amalgamasi langsung dan metode amalgamasi tidak langsung

$$\text{Dari persamaan } S^2 = \frac{\{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2\}}{(n_1 + n_2 - 2)}$$

$$S^2 = \frac{\{(3 - 1) 0,109^2 + (3 - 1) 0,115^2\}}{(3 + 3 - 2)}$$

$$= \frac{\{(3-1)(0,011881) + (3-1)(0,013225)\}}{4}$$

$$= \frac{(0,023762) + (0,02645)}{4}$$

$$S^2 = 0,012553$$

$$S = 0,112$$

Kemudian nilai S total yang diperoleh ini digunakan untuk menghitung nilai teks seperti persamaan dibawah ini :

$$t_{\text{teks}} = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{0,263 - 0,847}{0,112 \sqrt{+ +}} = \left| \frac{-}{,} \right| = 6,386$$

7. Sianidasi Dan Amalgamasi Tanpa Ketela Pohon

Pengulangan	Sianidasi Kadar Au (ppm)	Metode Amalgamasi Penambahan Ketela Pohon Kadar Au (ppm)
1	2,55	0,98
2	2,35	0,78
3	2,55	0,78
Rata – rata	2,483	0,847
Standar deviasi	0,115	0,115

Nilai teks untuk kadar emas (Au) dari metode amalgamasi langsung dan metode amalgamasi tidak langsung

$$\text{Dari persamaan } S^2 = \frac{\{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2\}}{(n_1 + n_2 - 2)}$$

$$\begin{aligned} S^2 &= \frac{\{(3 - 1) 0,115^2 + (3 - 1) 0,115^2\}}{(3 + 3 - 2)} \\ &= \frac{\{(3 - 1) (0,013225) + (3 - 1) (0,013225)\}}{4} \\ &= \frac{(0,02645) + (0,02645)}{4} \end{aligned}$$

$$S^2 = 0,013225$$

$$S = 0,115$$

Kemudian nilai S total yang diperoleh ini digunakan untuk menghitung nilai t_{eks} seperti persamaan dibawah ini :

$$t_{\text{eks}} = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{2,483 - 0,847}{0,115 \sqrt{+ +}} = \frac{1,636}{0,157} = 10,42$$