

Lampiran
Peraturan Menteri Negara
Lingkungan Hidup
Nomor : 23 Tahun 2008
Tanggal : 31 Desember 2008

PEDOMAN TEKNIS
PENCEGAHAN PENCEMARAN DAN/ATAU KERUSAKAN LINGKUNGAN
HIDUP AKIBAT PERTAMBANGAN EMAS RAKYAT

I. PENDAHULUAN

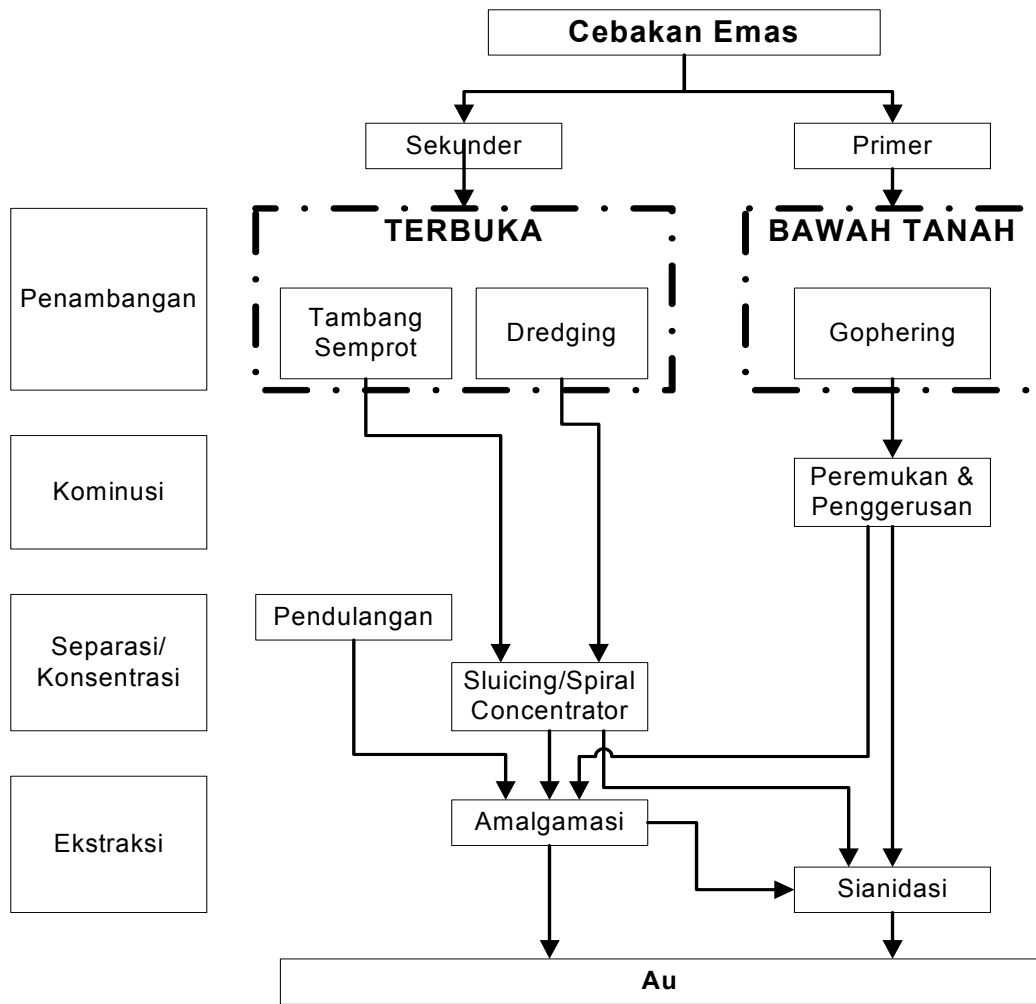
Metode penambangan sangat dipengaruhi oleh karakteristik cebakan emas primer atau sekunder yang dapat mempengaruhi cara pengelolaan lingkungan yang akan dilakukan untuk meminimalisir dampak kegiatan penambangan tersebut.

Karakteristik cebakan emas sekunder atau yang lebih dikenal sebagai endapan emas aluvial yaitu emas yang diendapkan bersama dengan material sedimen yang terbawa oleh arus sungai atau gelombang laut adalah karakteristik yang umum ditambang oleh rakyat, karena kemudahan penambangannya.

Berdasarkan karakteristik endapan emas tersebut, metode penambangan terbuka yang umum diterapkan dengan menggunakan peralatan berupa:

1. Tambang semprot (*hydraulicking*)
2. Pendulangan (*panning*)

Di beberapa tempat juga ditemukan karakteristik cebakan primer tipe vein yang umumnya dilakukan dengan teknik penambangan bawah tanah terutama metode *gophering* atau lebih dikenal dengan *coyoting* (di Indonesia disebut lubang tikus atau lubang marmot). Terhadap batuan yang ditemukan, dilakukan proses peremukan batuan atau penggerusan, selanjutnya dilakukan sianidasi atau amalgamasi, sedangkan untuk tipe penambangan sekunder umumnya dapat langsung dilakukan sianidasi atau amalgamasi karena sudah dalam bentuk butiran halus.



Gambar 1. Alur Proses pengolahan bijih emas

A. Penambangan

Cebakan emas primer dapat ditambang secara tambang terbuka maupun tambang bawah tanah. Sementara cebakan emas sekunder umumnya ditambang secara tambang terbuka.

Komponen lingkungan yang berpotensi terkena dampak akibat penambangan tergantung pada lokasi dilakukannya penambangan. Kerusakan lahan terjadi akibat dari tergerus/hilangnya lahan yang semula produktif menjadi tidak produktif. Penurunan kualitas tanah dapat terjadi karena tanah subur dipermukaan hilang atau tertutup oleh sedimen yang tidak subur. Sedangkan penurunan kualitas air diakibatkan tingginya kandungan sedimen tersuspensi sebagai akibat pembuangan tailing langsung ke badan air yang juga akan mempengaruhi kehidupan biota air.

Hubungan antara kegiatan penambangan dengan potensi kerusakan komponen lingkungan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Potensi Dampak Pada Komponen Lingkungan Akibat Penambangan

Penambangan	Komponen Lingkungan	Lahan	Kualitas Tanah	Kualitas Air	Biota		Udara
					Darat	Aquatik	
Terbuka							
Alluvial Sungai		-	-	√	-	√	
Alluvial Tepi Sungai		√	√	√	-	√	
Alluvial Darat		√	√	-/√	-	√	
Primer		√	√	-/√	√	-/√	
Bawah Tanah							
Primer		-	-	-/√	-	-	

Ket : √ = berpotensi dampak; - = tidak berpotensi dampak

B. Pengolahan

Pada pengolahan batuan hasil penambangan, yang terdiri dari tahap kominusi, separasi dan ekstraksi dengan amalgamasi dan sianidasi, potensi dampak lingkungan yang ditimbulkan mencakup kualitas tanah, kualitas air, biota dan udara. Selain itu, kandungan kimia dan logam dalam tailing juga merupakan sumber dampak yang lebih berbahaya. Dampak pada komponen udara terjadi karena penguapan logam berat dan bahan kimia lainnya.

Matrik hubungan antara kegiatan pengolahan emas dengan potensi kerusakan komponen lingkungan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Potensi Dampak Terhadap Komponen Lingkungan dari Kegiatan Pengolahan Bijih Emas

Pengolahan	Komponen Lingkungan	Lahan	Kualitas Tanah	Kualitas Air	Biota		Udara
					Darat	Aquatik	
sluice box, pendulangan		-	√	√	-	√	
Kominusi/peremukan-penggerusan		-	-	-	-	-	
Amalgamasi		-	-	√	-	√	√
Sianidasi		-	-	√	-	√	√
Pembakaran amalgam		-	-	-	-	-	√

Ket : √ = berpotensi dampak; - = tidak berpotensi dampak

II. KARAKTERISTIK PERTAMBANGAN EMAS

A. Cebakan Primer

Cebakan primer merupakan cebakan yang terbentuk bersamaan dengan proses pembentukan batuan. Salah satu tipe cebakan primer yang biasa dilakukan pada penambangan skala kecil adalah bijih tipe vein (urat). Beberapa karakteristik dari bijih tipe urat yang mempengaruhi teknik penambangan antara lain:

1. Komponen mineral atau logam tidak tersebar merata pada badan urat.
2. Mineral bijih dapat berupa kristal-kristal yang kasar.
3. Kebanyakan urat mempunyai lebar yang sempit sehingga rentan dengan pengotoran (*dilution*).
4. Kebanyakan urat berasosiasi dengan sesar, pengisi rekahan, dan zona geser (regangan), sehingga pada kondisi ini memungkinkan terjadinya efek *dilution* pada batuan samping.
5. Perbedaan assay (kadar) antara urat dan batuan samping pada umumnya tajam, berhubungan dengan kontak dengan batuan samping, impregnasi pada batuan samping, serta pola urat yang menjari (bercabang).
6. Fluktuasi ketebalan urat sulit diprediksi, dan mempunyai rentang yang terbatas, serta mempunyai kadar yang sangat *erratic* (acak/tidak beraturan) dan sulit diprediksi.
7. Kebanyakan urat relatif keras dan bersifat *brittle*.

Dengan memperhatikan karakteristik tersebut, metode penambangan yang umum diterapkan adalah tambang bawah tanah dengan metode Gophering.

Nama lain untuk cara ini adalah *coyoting* (di Indonesia disebut lubang tikus atau lubang marmot), yaitu suatu cara penambangan yang tidak sistematis, tidak perlu mengadakan persiapan-persiapan penambangan (*development works*) dan arah penggalian hanya mengikuti arah larinya cebakan bijih. Oleh karena itu ukuran lubang (*stope*) juga tidak tentu, tergantung dari ukuran cebakan bijih di tempat itu dan umumnya tanpa penyanggaan yang baik.

Cara penambangan ini umumnya tanpa penyangga yang memadai dan penggalian umumnya dilakukan tanpa alat-alat mekanis. Metode penambangan ini umum diterapkan diberbagai daerah operasi pertambangan rakyat di Indonesia, seperti di Cineam, Tasikmalaya dan Sulawesi Utara. Penambangan dilakukan secara sederhana, tanpa *development works*, dan langsung menggali cebakan bijih menurut arah dan bentuk alamiahnya. Bila cebakan

bijih tersebut tidak homogen, kadang-kadang terpaksa ditinggalkan pillar yang tak teratur dari bagian-bagian yang miskin.

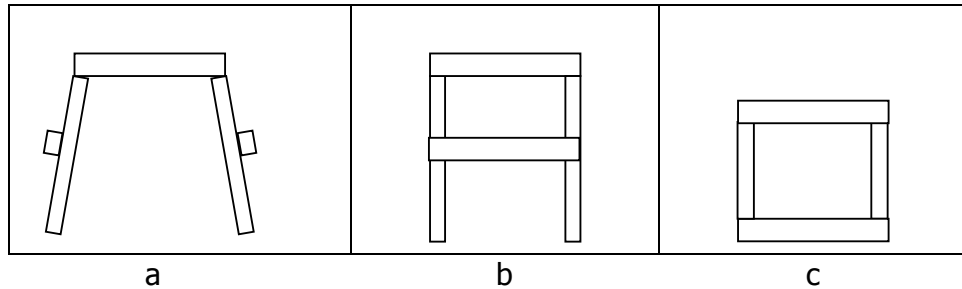
Proses yang dilakukan dalam penambangan metode *gophering*:

1. Pembangunan lubang masuk ke tambang.
Lubang masuk dibuat sangat sederhana dengan diameter umumnya hanya dapat untuk akses 1 orang saja.
2. Pembangunan akses menuju badan bijih.
Akses menuju badan bijih dibuat sesuai lokasi badan bijih yang menjadi target. Terdapat 2 cara untuk menuju badan bijih berdasarkan lokasi dari cebakan, yaitu:
 - a. Menggunakan drift (lubang masuk horizontal), jika lokasi badan bijih relatif sejajar dengan jalan masuk utama.
 - b. Menggunakan shaft (lubang masuk vertikal), jika lokasi badan bijih relatif di bawah jalan masuk utama.Seperti halnya lubang masuk ke tambang, akses menuju badan bijih dibuat secara sederhana, dengan lokasi kerja yang hanya cukup untuk dipakai satu orang saja dengan diameter sekitar 1 – 1,5 meter. Lubang masuk tersebut dibuat tanpa penyangga atau hanya dengan penyangga sederhana untuk daerah yang diperkirakan rawan runtuh.
3. Penggalian bijih emas
Penggalian bijih emas dilakukan dengan mengikuti arah kemenerusan bijih. Alat yang dipakai untuk keperluan pemberaian batuan berupa alat gali manual, seperti belincong.
4. Pengangkutan bijih emas dari dalam tambang menuju ke luar tambang dilakukan secara manual. Jalur pengangkutan menggunakan jalan masuk utama. Khusus untuk akses menggunakan shaft, pengangkutan dibantu dengan sistem katrol.

Penambangan metode *gophering* yang baik dilakukan dengan ketentuan:

1. Jalan masuk menuju urat bijih emas harus dibuat lebih dari satu buah, dan dapat dibuat datar/horizontal, miring/*inclined* maupun tegak lurus/vertikal sesuai dengan kebutuhan.
2. Ukuran jalan masuk dapat disesuaikan dengan kebutuhan, disarankan diameter > 100 cm.
3. Lokasi jalan masuk berada pada daerah yang stabil (kemiringan < 30°) dan diusahakan tidak membuat jalan masuk pada lereng yang curam.
4. Lubang bukaan harus dijaga dalam kondisi stabil/tidak runtuh, bila diperlukan dapat dipasang suatu sistem penyanggaan yang harus dapat menjamin kestabilan lubang bukaan (untuk lubang masuk dengan kemiringan > 60° disarankan untuk selalu memasang penyangga).

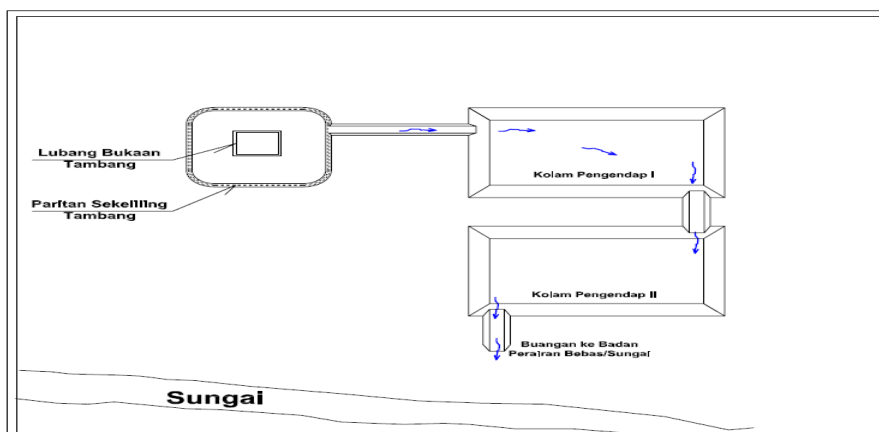
5. Kayu penyangga yang digunakan disarankan kayu kelas 1 (kayu jati, rasamala, dll). Ukuran diameter/garistengah kayu penyangga yang digunakan disarankan tidak kurang dari 7 cm. Jarak antar penyangga disarankan tidak lebih dari $0.75 \times$ diameter bukaan (tergantung kelas kayu penyangga yang digunakan dan kekuatan batuan yang disangga).



Gambar 2. Bentuk Sistem Penyangga Pada Tambang Bawah Tanah

Ket : (ukuran disesuaikan dengan lubang bukaan yang dibuat)

- Contoh bentuk penyangga kayu untuk lubang masuk mendatar/horizontal-tampak depan.
 - Contoh bentuk penyangga kayu untuk lubang masuk mendatar/horizontal-tampak samping.
 - Contoh bentuk penyangga kayu untuk lubang masuk tegak/vertikal
6. Sirkulasi udara harus terjamin sehingga dapat menjamin kebutuhan minimal $2 \text{ m}^3/\text{menit}$, bila diperlukan dapat digunakan kompresor dengan penghantar berupa selang/pipa plastik.
7. Disekitar lubang masuk dibuat paritan untuk mencegah air masuk, dan paritan diarahkan menuju ke kolam pengendap dengan pengendapan dilakukan bertahap.



Gambar 3. Skema Lokasi Lubang Masuk Tambang

Aktivitas penambangan cebakan emas primer skala kecil dengan menggunakan metode *gophering* seperti Gambar 4.



a. Lubang Masuk

b. Kegiatan Penambangan

Gambar 4. Aktivitas Penambangan Metode Gophering

B. Cebakan Sekunder

Cebakan emas sekunder atau yang lebih dikenal sebagai endapan emas aluvial merupakan emas yang diendapkan bersama dengan material sedimen yang terbawa oleh arus sungai atau gelombang laut.

Karakteristik dari endapan emas aluvial akan menentukan sistem dan peralatan dalam melakukan kegiatan penambangan. Secara umum penambangan emas aluvial dilakukan berdasarkan atas prinsip:

- a. Butir emas sudah terlepas sehingga bijih hasil galian langsung mengalami proses pengolahan.
- b. Berdasarkan lokasi keterdapatan, pada umumnya kegiatan penambangan dilakukan pada lingkungan kerja berair seperti sungai-sungai dan rawa-rawa, sehingga dengan sendirinya akan memanfaatkan air yang ada di tempat sekitarnya.

Dengan memperhatikan karakteristik endapan emas tersebut, metode penambangan yang umum diterapkan adalah dengan metode tambang terbuka dengan menggunakan peralatan berupa:

1. Tambang semprot (*hydraulicking*)
2. Pendulangan (*panning*)



a. Tambang Semprot



b. Tambang Semprot



c. Kapal Keruk



d. Pendulangan

Gambar 5. Pelaksanaan Tambang Semprot dan Pendulangan

Pada tambang semprot digunakan alat semprot (monitor) dan pompa untuk membraikan batuan dan selanjutnya lumpur hasil semprotan dialirkan atau dipompa ke instalasi pencucian. Cara ini banyak dilakukan pada pertambangan skala kecil termasuk tambang rakyat dimana tersedia sumber air yang cukup, umumnya berlokasi di atau dekat sungai. Beberapa syarat yang menjadikan endapan emas aluvial dapat ditambang menggunakan metode tambang semprot antara lain:

- a. Kondisi/jenis material memungkinkan terbraikan oleh semprotan air,
- b. Ketersediaan air yang cukup,
- c. Ketersediaan ruang untuk penempatan hasil cucian atau pemisahan bijih.

Penambangan dengan cara pendulangan banyak dilakukan oleh pertambangan rakyat di sungai atau dekat sungai. Cara ini banyak dilakukan oleh penambang perorangan dengan menggunakan nampun pendulangan untuk memisahkan konsentrat atau butir emas dari mineral pengotornya.

III. PENGOLAHAN

Pengolahan bijih emas dilakukan dengan tujuan memisahkan bijih emas dari mineral/batuan yang tidak berharga. Secara umum, emas di alam terdapat dalam bentuk terikat dalam batuan induknya maupun berupa emas *native* dalam berbagai ukuran. Pada kasus emas yang terikat dalam batuan induk, cara pengolahan yang dilakukan meliputi proses :

A. Kominusi

Kominusi merupakan kegiatan pengecilan ukuran bijih yang mengandung emas dengan tujuan untuk membebaskan (meliberasi) mineral emas dari mineral-mineral lain yang terkandung dalam batuan induk. Liberasi bijih ini menjadi sangat penting antara lain karena :

1. Dapat mengurangi kehilangan emas yang masih terperangkap dalam batuan induk.
2. Dapat dilakukan kegiatan konsentrasi bijih tanpa kehilangan emas berlebihan.
3. Dapat meningkatkan kemampuan ekstraksi emas, baik dengan amalgamasi maupun sianidasi.

Perbedaan kondisi bijih dengan derajat liberasi baik dan jelek ditunjukkan pada Gambar 6



Bijih dengan derajat liberasi yang jelek, masih banyak emas (bagian hitam) yang terikat pada batuan induk.



Bijih dengan derajat liberasi yang baik, sedikit emas (bagian hitam) yang terikat pada batuan induk.

Gambar 6. Ilustrasi Mengenai Derajat Liberasi

Proses kominusi ini terutama diperlukan pada pengolahan bijih emas primer, sedangkan pada bijih emas sekunder bijih emas merupakan emas yang terbebaskan dari batuan induk yang kemudian terendapkan.

Derajat liberasi yang diperlukan dari masing-masing bijih untuk mendapatkan perolehan emas yang tinggi pada proses ekstraksinya berbeda-beda bergantung pada ukuran mineral emas dan kondisi keterikatannya pada batuan induk.

Proses kominusi ini bisa dilakukan dengan menggunakan peralatan-peralatan mekanis seperti *jaw crusher*, *cone crusher*, *stamp mill*, *hammer mill*, *ball mill* dan lain-lain maupun dengan menggunakan peralatan manual seperti palu.



a. Kominusi Dengan Roll Crusher



b. Mesin Pengecilan Ukuran



c. Kominusi Dengan Roll Crusher



d. Kominusi Dengan Jaw Crusher



e. Kominusi Manual Dengan Palu



f. Kominusi Dengan Ball Mill

Gambar 7. Beberapa Contoh Metode Kominusi

Proses kominusi ini dilakukan bertahap bergantung pada ukuran bijih yang akan diolah. Pada Tabel 3 menunjukkan tahapan proses kominusi dengan diameter umpan dan diameter produknya.

Tabel 3. Ukuran Umpan dan Produk Pada Proses Kominusi

Tahap	Ukuran Umpan (mm)	Ukuran Produk (mm)
Peremukan I (primary)	300 - 1500	100 - 300
Peremukan II	100 - 300	50 - 100
Peremukan III	50 - 100	10 - 50
Penggerusan	10 - 50	< 0.5

B. Konsentrasi

Setelah ukuran bijih diperkecil, proses selanjutnya dilakukan proses konsentrasi dengan memisahkan mineral emas dari mineral pengotornya. Pada endapan emas aluvial, bijih hasil penggalian langsung memasuki tahap ini tanpa tahap kominusi terlebih dahulu.

Prinsip konsentrasi/separasi sederhana yang digunakan dengan metode gravitasi. Metode ini memanfaatkan perbedaan massa jenis emas (19.5 ton/m^3) dengan massa jenis mineral lain dalam batuan (yang umumnya berkisar 2.8 ton/m^3).

Metode gravitasi akan efektif bila dilakukan pada material dengan diameter yang sama/seragam, karena pada perbedaan diameter yang besar perilaku material ringan (massa jenis kecil) akan sama dengan material berat (massa jenis besar) dengan diameter kecil. Oleh karena itu proses pengecilan ukuran (kominusi) menjadi sangat penting untuk dilakukan dengan baik.

Peralatan konsentrasi yang menggunakan prinsip gravitasi yang umum digunakan pada pertambangan emas skala kecil antara lain adalah dulang, palong (*sluice box*), spiral konsentrator, meja goyang (*shaking table*) dan jig (Gambar 8).



a. Dulang



b. Sluice Box



c. Spiral Concentrator



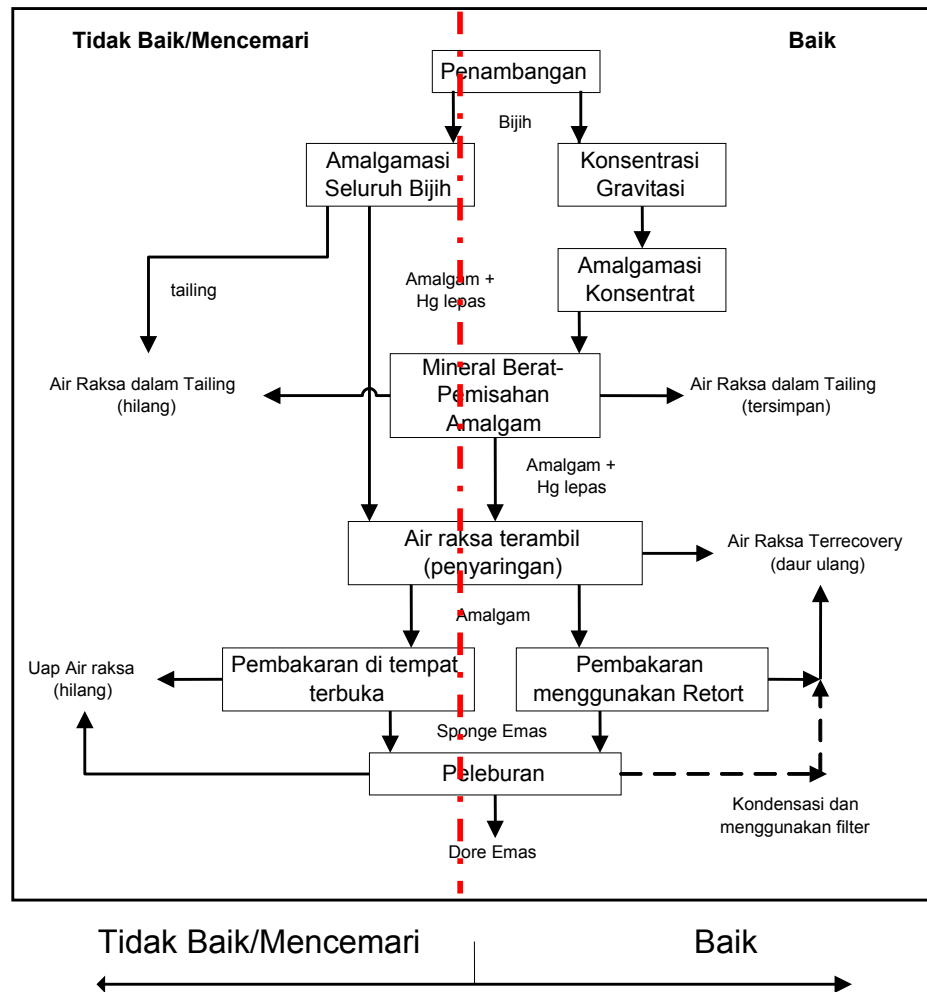
d. Meja Goyang/Shaking Table

Gambar 8. Pengolahan Limbah Sederhana Proses Amalgamasi

Palong/sluice box lebih banyak digunakan karena mempunyai efisiensi yang sama dengan peralatan konsentrasi yang lain namun mempunyai konstruksi yang lebih sederhana daripada spiral konsentrator, meja goyang dan jig, serta dapat memproses lebih banyak bijih per hari daripada dulang.

Hasil dari proses ini berupa konsentrat yang mengandung bijih emas dengan kandungan yang besar, dan lumpur pencucian yang terdiri atas mineral-mineral pengotor pada bijih emas. Konsentrat emas selanjutnya diolah dengan proses ekstraksi.

1. Sistem Pengolahan yang baik
Prinsip umum pengolahan bijih emas



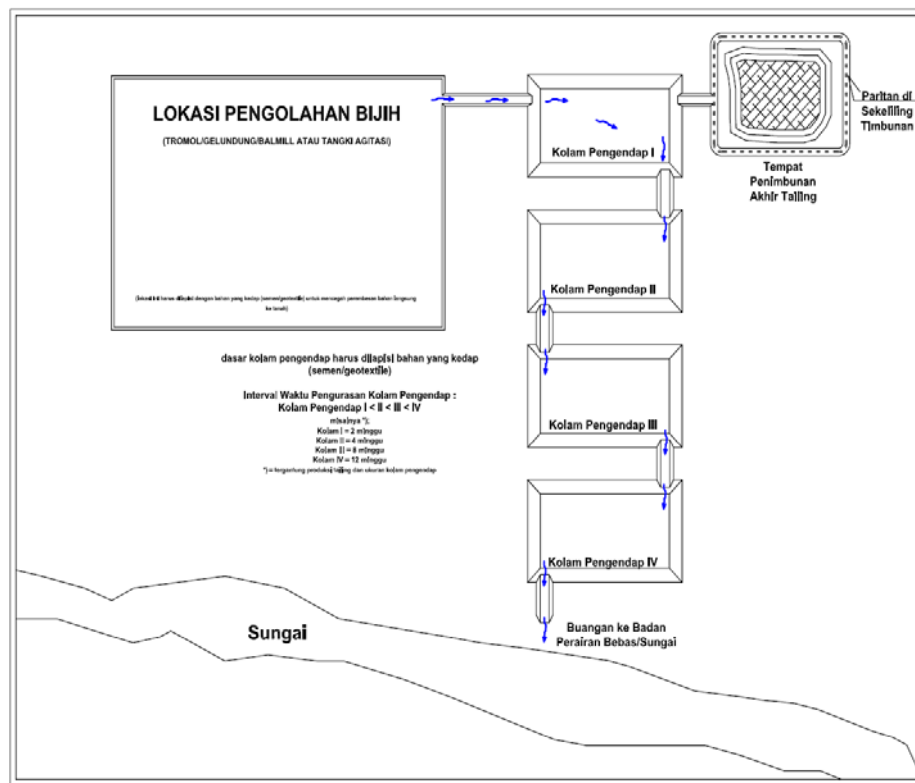
Gambar 9. Perbandingan Alur Proses pengolahan bijih emas yang baik dan tidak baik

2. Konsentrasi yang baik

- Tidak dibenarkan menggunakan merkuri dan sianida dalam proses ini.
- Dilarang menggunakan pelat amalgamasi dari tembaga.
- Konsentrat diperoleh dengan melakukan pencucian karpet yang sebaiknya dilakukan secara bertahap pada bak khusus.
- Tidak menggunakan merkuri untuk mencuci karpet.

C. Ekstraksi (Amalgamasi dan Sianidasi)

1. Ekstraksi yang baik:
 - a. Lokasi ekstraksi bijih harus terpisah dari lokasi kegiatan penambangan.
 - b. Dilakukan pada lokasi khusus baik untuk amalgamasi ataupun sianidasi untuk meminimalkan penyebab pencemar bahan berbahaya akibat peresapan kedalam tanah, terbawa aliran air permukaan maupun gas yang terbawa oleh angin.
 - c. Dilengkapi dengan kolam pengendap yang berfungsi baik untuk mengolah seluruh tailing hasil pengolahan sebelum dialirkan ke perairan bebas.



Gambar 10. Konstruksi Kolam Pengendap

- d. Lokasi pengolahan bijih dan kolam pengendap diusahakan tidak berada pada daerah banjir.

Sebagai panduan, perhitungan sederhana kebutuhan kolam pengendapan di lokasi pengolahan sebagai berikut:

Luas kolam pengendap I (m^2) = $20 \times$ volume tailing yang dihasilkan setiap proses (m^3).

Asumsi :

1. Kedalaman kolam = 2 m
2. Ukuran luas kolam pengendap II dapat lebih kecil dari kolam II (minimal 0.5 x luas kolam I).

Perkiraan Interval waktu pengerukan terutama untuk kolam pertama (hari) = (volume kolam pengendap I)/[volume tailing/hari (m^3 /hari)]

Catatan :

Kedalaman air pada titik keluaran minimal 0.5 m, kurang dari nilai tersebut kolam pengendap harus dikosongkan untuk menjaga kinerja pengendapan kolam tersebut.

Contoh Perhitungan :

Volume tailing per proses	:	1.6	m^3
Waktu proses	:	8 - 12	jam
Luas kolam pengendap	:	32	m^2
Kedalaman kolam pengendap	:	2	m
Kapasitas kolam pengendap	:	48	m^3
Perkiraan waktu pengurusan kolam pengendap, (asumsi waktu operasi : 8 jam/proses dan 2 x proses per hari)	:	30	proses
		15	hari

- e. Gunakan merkuri dan sianida secukupnya.
- f. Bahan kimia ditempatkan pada ruangan tersendiri.
- g. Menggunakan perlengkapan yang mendukung keselamatan dan kesehatan kerja.

2. Ekstraksi terdiri atas :

a. Amalgamasi

Amalgamasi merupakan proses ekstraksi emas dengan cara mencampur bijih emas dengan merkuri (Hg). Produk yang terbentuk adalah ikatan antara emas-perak dan merkuri yang dikenal sebagai amalgam.

Merkuri akan membentuk amalgam dengan semua logam kecuali besi dan platina. Amalgamasi akan efektif pada emas yang terliberasi sepenuhnya maupun sebagian pada ukuran partikel yang lebih besar dari 200 mesh (0.074 mm). Tiga bentuk utama dari amalgam adalah $AuHg_2$, Au_2Hg and Au_3Hg .

1) Metode pembentukan amalgam secara umum ada 2, yaitu :

- a) Seluruh bijih di amalgamasi pada proses menerus: merkuri dicampur dengan seluruh bijih dalam kotak

pompa, dituangkan ke dalam *sluice box* selama proses konsentrasi, ditambahkan dalam sistem penggerusan (*ball mill*) atau seluruh bijih di amalgamasi dalam papan tembaga.

- b) Amalgamasi pada konsentrasi gravitasi hanya pada proses tidak menerus: merkuri dicampur dengan konsentrat dalam pengaduk, dulang maupun drum sehingga diperlukan pemisahan amalgam dari mineral berat.

Proses penggerusan dan amalgamasi dengan *ball mill* berlangsung selama 8 hingga 12 jam. Sedangkan pada proses manual dengan dulang berkisar antara 15-30 menit. Hasil dari proses ini berupa amalgam basah (pasta) dan tailing.

Amalgam basah kemudian ditampung di dalam suatu tempat yang selanjutnya didulang untuk pemisahan merkuri dengan amalgam. Terhadap amalgam yang diperoleh dari kegiatan pendulangan kemudian dilakukan kegiatan pemerasan (*squeezing*) dengan menggunakan kain parasut untuk memisahkan merkuri dari amalgam (filtrasi). Merkuri yang diperoleh dapat dipakai untuk proses amalgamasi selanjutnya. Jumlah merkuri yang tersisa dalam amalgam tergantung pada seberapa kuat pemerasan yang dilakukan. Amalgam dengan pemerasan manual akan mengandung 60 – 70 % emas, dan amalgam yang disaring dengan alat sentrifugal dapat mengandung emas sampai lebih dari 80 %.

Pemurnian emas dari merkuri selanjutnya dilakukan dengan pembakaran amalgam untuk menguapkan merkuri, baik dengan pembakaran langsung maupun dengan retorting. Setelah merkuri menguap yang tertinggal berupa butiran emas.

2) Amalgamasi yang baik:

- a) Penambahan merkuri (amalgamasi) dilakukan hanya pada konsentrat akhir yang diperoleh dari pemisahan konsentrat dari bijih melalui proses konsentrasi gravitasi. Konsentrasi gravitasi dapat dilakukan dengan pendulangan, *sluice box*/palong, dan peralatan konsentrasi gravitasi yang lain.
- b) Untuk meningkatkan efisiensi proses amalgamasi, perlu dihindari faktor-faktor berikut:
 - (1) derajat liberasi yang buruk sehingga menyebabkan permukaan emas tidak tersingkap.
 - (2) permukaan emas kotor.

(3) merkuri tidak teraktifasi sehingga tidak dapat menangkap emas.

3) Kolam Amalgamasi

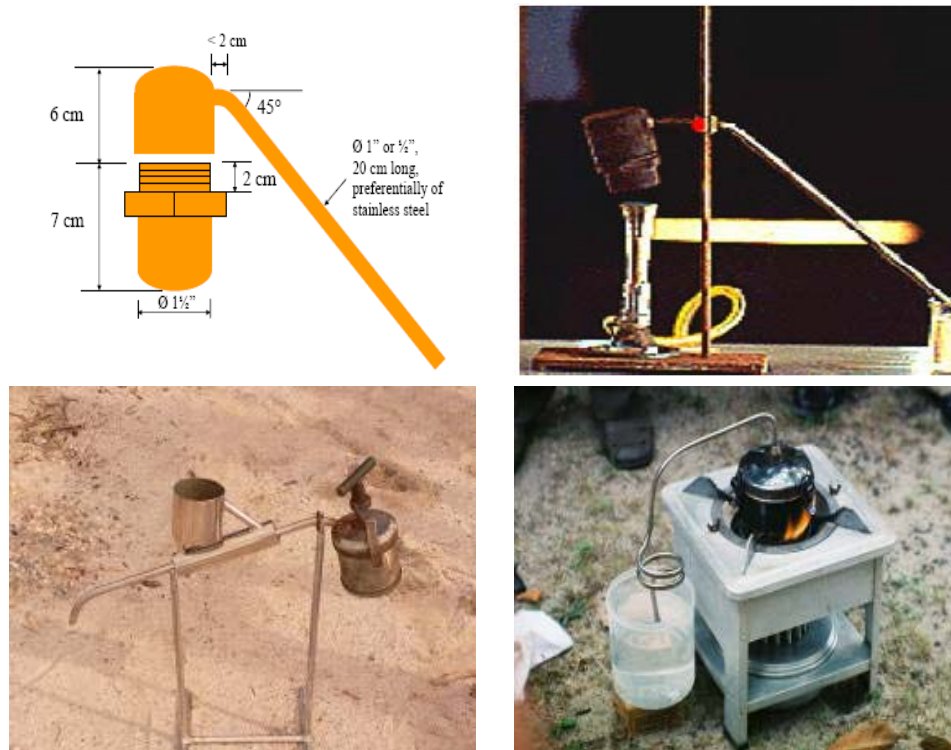
- a) Amalgamasi harus dilakukan di kolam tertutup dengan lapisan kedap (semen, plastik, dll) di bawahnya, dan diupayakan jauh (minimal 50 m dan beda tinggi dari muka air badan perairan umum > 2 m) dari badan perairan umum (sungai, mata air dll), saluran air, danau dan sumur penduduk.



Gambar 11. Contoh Kolam Amalgamasi

- b) Kolam amalgamasi ini harus diberi tanda/papan penamaan agar tidak digunakan untuk keperluan lain.
- ### 4) Penggunaan merkuri yang baik:
- a) Hindari kontak langsung ketika bekerja dengan merkuri, gunakanlah selalu sarung tangan.
 - b) Simpanlah merkuri selalu dalam tempat yang tertutup rapat (bukan wadah dari aluminium).
 - c) Selalu tambahkan air di atas cairan merkuri, kecuali pada merkuri yang sudah didaur ulang.
 - d) Jangan sampai menumpahkan merkuri karena sangat sulit untuk membersihkannya.
 - e) Gunakanlah merkuri sesedikit mungkin.
- ### 5) Pembakaran Amalgam/Retorting
- a) Selalu gunakan sistem retort yang baik.
 - b) Jangan membakar raksa atau amalgam di dalam kamar atau ruangan tertutup, lakukanlah di luar atau di ruangan yang memiliki ventilasi yang baik. Lakukan pada bangunan khusus yang dilengkapi dengan cerobong, dengan ketinggian minimal 2 meter lebih tinggi terhadap atap bangunan.

- c) Ambil posisi berlawanan dengan arah angin ketika membakar amalgam. Jangan menghirup asapnya. Jangan makan atau merokok ketika menggunakan raksa.
- d) Beberapa saran untuk proses retorting yang baik adalah sebagai berikut:
- (1) Ketika menggunakan retort untuk pertama kali, bakar seluruh bagian retort (dalam dan luar) dan dinginkan, ini akan menghilangkan minyak dan zinc (jika menggunakan baja galvanisasi). Tidak direkomendasikan untuk memakai retort baru dengan amalgam.
 - (2) Tutupi interior untuk peleburan logam dengan lapisan tipis dari *clay* atau arang.
 - (3) Tempatkan amalgam di dalam tempat peleburan (beberapa penambang membungkus dengan kertas).
 - (4) Benamkan ujung pipa pendingin ke dalam segelas air.
 - (5) Panasi seluruh bagian retort pada temperatur rendah selama 5–15 menit (jangan panaskan pipa pendingin).
 - (6) Akan terlihat gelembung udara keluar dari dalam gelas melalui bagian bawah pipa pendingin.
 - (7) Tingkatkan temperatur dan distribusikan panas keseluruhan bagian retort.
 - (8) Ketukkan pipa pendingin untuk melepaskan Hg yang mungkin berada di dalam pipa.
 - (9) Tingkatkan temperatur dan konsentrasikan api di bawah daerah peleburan.
 - (10) Ketika tidak ada lagi merkuri yang keluar (sekitar 15–20 menit), pindahkan gelas air dan kemudian matikan api.
 - (11) Dinginkan retort di dalam air sebelum membuka dan jangan buka retort yang masih hangat.



Gambar 12. Kegiatan Retorting

6) Penyimpanan Merkuri

Meskipun merkuri memiliki titik didih 357°C , namun memiliki kemampuan untuk menguap pada temperatur kamar (25°C) karena tekanan penguapannya yang rendah.

Untuk menghindari penguapan :

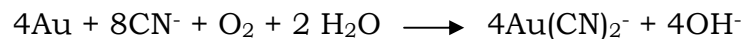
- (1) Simpan merkuri pada tempat yang teduh (temperature kamar $\pm 25^{\circ}\text{C}$) dan terhindar dari cahaya matahari secara langsung.
- (2) Simpan dalam wadah khusus (keramik, plastik atau kaca) yang tertutup dan pastikan merkuri terendam dalam air.

b. Sianidasi

Ekstraksi emas dengan menggunakan sianida saat ini telah menjadi proses utama ekstraksi emas dalam skala industri. Namun demikian, penggunaan metode ini sama halnya dengan metode ekstraksi yang lain yang masih memiliki potensi dampak berupa efek beracunnya bagi pekerja dan lingkungan.

Proses Sianidasi terdiri dari dua tahap penting, yaitu proses pelarutan dan proses pemisahan emas dari larutannya. Pelarut yang biasa digunakan dalam proses sianidasi berupa NaCN , KCN , $\text{Ca}(\text{CN})_2$, atau campuran ketiganya. Pelarut

yang paling sering digunakan adalah NaCN, karena mampu melarutkan emas lebih baik dari pelarut lainnya. Secara umum reaksi pelarutan Au adalah sebagai berikut:



1) Metode pelarutan emas dengan sianida, antara lain adalah :

a) Metode *heap leaching* (pelindian tumpukan) : pelindian emas dengan cara menyiramkan larutan sianida pada tumpukan bijih emas (diameter bijih < 10 cm) yang sudah dicampur dengan batu kapur. Air lindian yang mengalir di dasar tumpukan yang kedap kemudian di kumpulkan untuk kemudian dilakukan proses berikutnya. Kemampuan ekstraksi emas berkisar 35 – 65 %

b) *VAT leaching* : pelindian emas yang dilakukan dengan cara merendam bijih emas (diameter bijih < 5 cm) yang sudah dicampur dengan batu kapur dengan larutan sianida pada bak kedap. Air lindian yang dihasilkan kemudian dikumpulkan untuk dilakukan proses berikutnya. Proses pelindian berlangsung antara 3 – 7 hari dan setelah itu tangki dikosongkan untuk pengolahan bijih yang baru. Kemampuan ekstraksi emas berkisar 40 – 70 %

c) *Agitated tank leached* : pelindian emas yang dilakukan dengan cara merendam bijih emas (diameter < 0.15 cm) yang sudah dicampur dengan batu kapur dengan larutan sianida pada suatu tangki dan selalu diaduk atau diaerasi dengan gelembung udara. Lamanya pengadukan biasanya selama 24 jam untuk menghasilkan pelindian yang optimal. Air lindian yang dihasilkan kemudian dikumpulkan untuk kemudian dilakukan proses berikutnya. Kemampuan ekstraksi emas dapat mencapai lebih dari 90 %.

2) Pemisahan logam emas dari larutannya, dilakukan dengan cara:

a) Pengendapan dengan menggunakan serbuk Zn (*Zinc precipitation/ Process Merrill Crowe*).

Penggunaan serbuk seng (Zn) merupakan salah satu cara yang efektif untuk larutan yang mengandung konsentrasi emas kecil. Serbuk seng yang ditambahkan ke dalam larutan kaya, akan mengendapkan logam emas dan perak dalam bentuk ikatan seng emas yang berwarna hitam. Proses selanjutnya dilakukan penambahan asam sulfat

pada endapan tersebut yang akan melarutkan Seng dan meninggalkan emas sebagai residunya.

Untuk meningkatkan perolehan emas dari proses *merill crowe* dilakukan dengan cara melebur emas yang dicampur dengan borax dan *siliceous fluxing agent* pada temperatur 1200 °C.

b) Penyerapan dengan menggunakan karbon aktif.

Penyerapan dengan menggunakan karbon aktif saat ini banyak digunakan dalam proses sianidasi pada skala industri pertambangan besar maupun pertambangan rakyat di Indonesia. Karbon aktif yang dipergunakan dapat berasal dari arang batok kelapa, maupun arang kayu yang lain dengan ukuran pallet yang dipergunakan umumnya berdiameter antara 1-2 mm. Kemampuan penyerapan emas dari arang batok kelapa ini mencapai 10 – 15 g emas untuk setiap kg-nya, namun umumnya hanya berkisar 2 – 5 g emas untuk setiap kg-nya.

Karbon aktif dapat digunakan pada larutan kaya yang sudah jernih melalui kolom maupun pada tangki pelindian, baik itu dengan cara menggantungkan karbon yang terletak pada kantong permeable (*carbon in leach-CIL*) maupun dengan mencampurkan karbon aktif langsung pada bubur campuran bijih (*carbon in pulp-CIP*).

Proses selanjutnya dilakukan pemisahan emas dari karbon yang dapat dilakukan dengan beberapa cara:

- (1) Membakar karbon yang mengandung emas sehingga yang akan tertinggal berupa abu dan logam emas. Cara ini paling sederhana namun sulit dikontrol apabila dilakukan di tempat terbuka. Jika terdapat kandungan merkuri dalam karbon tersebut akan menghasilkan asap merkuri yang beracun yang akan membayakan penambang dan lingkungan.
- (2) Merendam karbon (*carbon stripping*) tersebut pada larutan yang mengandung 2 g sianida per liter larutan dan dipanaskan sampai mendekati temperatur didih air (80 – 90 °C) pada tangki baja (*stainless steel*) selama paling tidak 2 hari. Larutan hasil proses ini kemudian diolah dengan proses *merill crowe* di atas atau dengan cara *electro winning*.

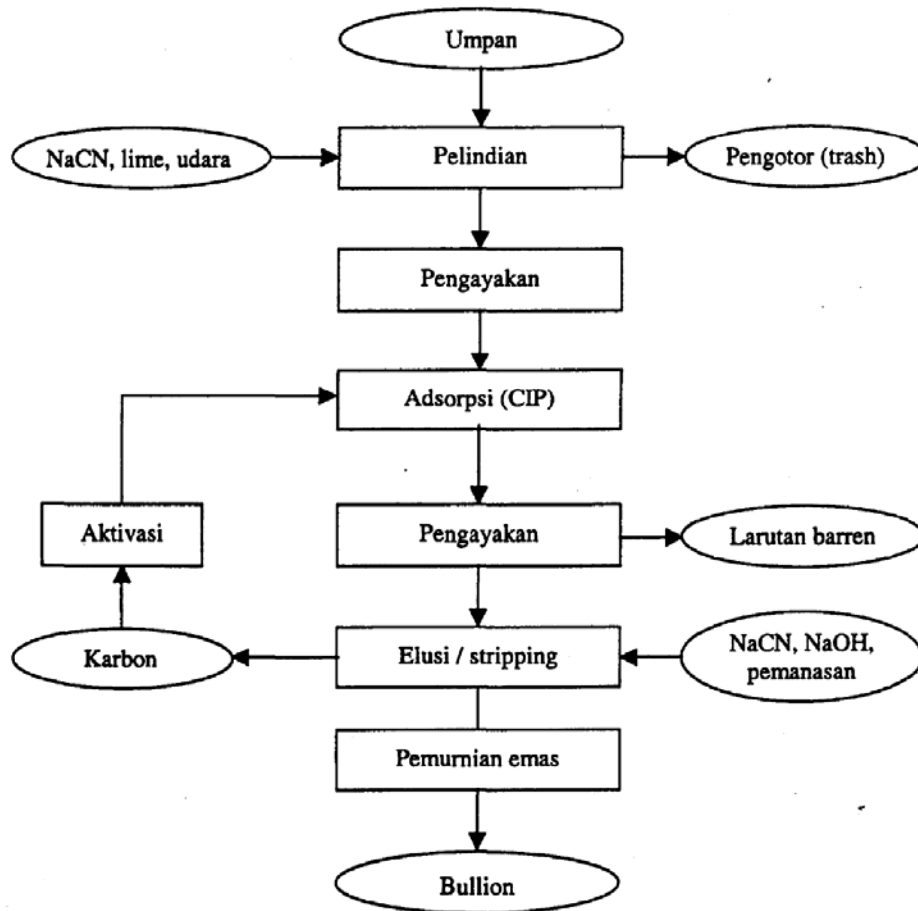
Karbon yang masih kasar (diameter > 1 mm) dapat digunakan kembali untuk proses penyerapan sampai 5 kali. Lebih dari itu karbon

perlu diaktifkan kembali dengan cara dicuci dengan asam klorat (HCl) panas (85 °C) dan dilanjutkan dengan pemanggangan pada temperatur 700 °C.

3) Kelebihan dan kekurangan dari penggunaan sianida dalam ekstraksi emas sebagai berikut :

Kelebihan	Kekurangan
<p>a. Hanya memerlukan sejumlah kecil sianida untuk mengekstrak emas, biasanya kurang dari 1 kg/ ton batuan</p> <p>b. Sianida akan mengekstrak emas secara lebih selektif dengan hanya mengikutkan sejumlah kecil mineral lain dalam bijih.</p> <p>c. Sianida dapat mengekstrak emas dalam rentang ukuran bijih dari yang kasar sampai halus.</p> <p>d. Proses ekstraksi dapat berlangsung cepat, pada tangki pelindian biasanya memerlukan waktu kurang dari 1 hari.</p> <p>e. Sianida yang tersisa dan ikut terbuang dalam tailing dapat dihancurkan untuk meminimalkan dampak lingkungan.</p> <p>f. Sianida secara natural di alam dapat terdegradasi, terutama karena terkena sinar ultraviolet dari matahari, dan menjadi bentuk yang lebih tidak beracun dan terutama membentuk karbondioksida dan nitrat yang tidak beracun.</p> <p>g. Jika dilakukan dengan baik, resiko keracunan dapat diminimalkan</p>	<p>a. Sianida bersifat sangat beracun, dan pada konsentrasi tinggi akan menyebabkan kematian pada ikan, burung bahkan manusia.</p> <p>b. Sianida akan bereaksi dengan merkuri menghasilkan ikatan kimia terlarut yang secara mudah tertransport dengan air sehingga akan menyebarkan merkuri pada area yang lebih luas.</p> <p>c. Ketika sianida bereaksi dengan merkuri akan mengubah merkuri menjadi bentuk ikatan yang lebih mudah masuk ke dalam makanan dan menjadi lebih berbahaya.</p>

Kelebihan	Kekurangan
h. Sianida tidak bersifat akumulasi dalam hewan maupun tanaman.	



Gambar 13. Contoh Diagram Alir Pengolahan Bijih Emas Secara Sianidasi Dengan CI

4) Sianidasi yang baik:

- (1) Dilakukan pada kondisi pH 10.
- (2) Setiap instalasi pengolahan harus memiliki tailing pan yang baik dengan kapasitas yang memadai guna penguraian larutan sianida yang tersisa bersama tailing.
- (3) Pada waktu pembuangan tailing akhir usahakan konsentrasi sianida sudah dibawah 10 ppm dan tidak boleh jatuh kebadan sungai.

- (4) Sianida harus disimpan dalam daerah dengan ventilasi yang cukup baik, jauhkan dari benda-benda asam, air, mudah terkorosi, dan mudah meledak.
- (5) Daerah penyimpanan harus dibatasi/dipagari dan dikunci untuk mencegah kecelakaan.
- (6) Harus berhati-hati ketika menyiapkan larutan karena resiko penguapan sianida. Tidak diperbolehkan untuk merokok, makan, dan minum selama melakukan proses sianidasi.
- (7) Sarung tangan plastik harus dipakai untuk menghindari kontak antara kulit dan sianida.
- (8) Beberapa kemampuan teknis dasar yang diperlukan untuk keberhasilan dan keamanan dalam proses sianidasi:
 - (a) Proses perlu dikontrol melalui tes-tes yang relatif mudah (misal: kertas pH)
 - (b) Untuk melarutkan emas, ada 4 komponen yang diperlukan: air, sianida, udara (oksigen), dan alkalinity (pH tinggi). Jika salah satu dari 4 komponen tersebut hilang, proses tidak akan bekerja.
 - (c) Gunakan Sianida sesedikit mungkin ± 1 kg sianida per ton bijih.
 - (d) Penambahan sianida yang berlebihan tidak akan meningkatkan jumlah emas yang diperoleh.
 - (e) Sianida dapat bereaksi dengan unsur selain emas, seperti tembaga, besi, perak, dan merkuri . Ketika sianida bereaksi dengan zat tersebut, maka akan mengurangi sianida yang tersedia untuk melarutkan emas. Sehingga terkadang diperlukan sianida yang lebih banyak untuk melarutkan. Bijih tembaga dengan mineral seperti malachite dan azurite menyebabkan masalah besar karena mineral tersebut bereaksi dengan cepat dengan sianida.
 - (f) Sianida bebas sangat beracun dan biasanya terserap melalui pernafasan atau kontak dengan kulit dan didistribusikan keseluruh tubuh melalui darah. Sianida menghentikan sel dalam menyerap oksigen sehingga mengakibatkan kematian yang dikarenakan terganggunya sistem saraf utama.
 - (g) Hindarkan melakukan proses Sianidasi terhadap tailing hasil pengolahan secara amalgamasi. Karena sianida akan bereaksi dengan merkuri menghasilkan campuran kimia yang dapat saling melarutkan (merkuri akan menjadi bentuk yang lebih mudah masuk ke dalam rantai makanan dan menjadi lebih berbahaya).

- (h) Gunakan kembali air sisa pengolahan sianidasi untuk proses sianidasi berikutnya.
- (i) Sisa-sisa sianida pada *waste* (tailing) dapat dihancurkan untuk meminimalkan dampak lingkungan. Jika terekspose dengan sinar ultraviolet, sianida akan berubah menjadi bentuk yang kurang beracun dan akhirnya menjadi karbon dioksida yang tidak beracun dan nitrat. Sianida tidak terakumulasi pada binatang ataupun tumbuhan.

MENTERI NEGARA
LINGKUNGAN HIDUP,

ttd

RACHMAT WITOELAR

Salinan sesuai dengan aslinya
Deputi MENLH Bidang
Penaatan Lingkungan,

ttd

Ilyas Asaad