

**ANALISIS RISIKO PAJANAN SIANIDA (CN) PADA
MASYARAKAT DI KELURAHAN POBOYA KECAMATAN
MANTIKULORE,
SULAWESI TENGAH**

A Risk Analysis on Cyanide Exposure of Rural Community
In Poboya Village, Mantikulore District, Central Sulawesi

MIFTAH CHAIRANI HAIRUDDIN



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2013

**ANALISIS RISIKO PAJANAN SIANIDA (CN) PADA MASYARAKAT
DI KELURAHAN POBOYA KECAMATAN MANTIKULORE,
SULAWESI TENGAH**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi
Kesehatan Masyarakat

Disusun dan diajukan oleh

MIFTAH CHAIRANI HAIRUDDIN

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2013

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

N a m a : Miftah Chairani Hairuddin

Nomor mahasiswa : P1801211004

Program Studi : Kesehatan Masyarakat

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Agustus 2013

Yang Menyatakan

Miftah Chairani

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya kepada hambanya. Salawat dan salam kepada Rasullullah SAW, sahabat, keluarga dan mereka yang senantiasa mengikuti jalan yang telah Beliau SAW gariskan, karena hanya dalam dua hal ini setiap hamba akan memperoleh kebermaknaan yang hakiki atas setiap aktifitas hidup termasuk dalam penyelesaian tesis ini sebagai persembahan kepada Sang Khalik dan semoga bermanfaat kepada sebanyak—banyaknya manusia.

Gagasan yang melatari permasalahan ini timbul dari hasil penelusuran literatur dan informasi serta fakta-fakta tentang bahayanya penggunaan merkuri oleh penambang pada masyarakat sekitar penambangan emas tanpa ijin yang menjadi sumber pencemaran air salah satunya adalah di Kelurahan Poboya Kota Palu.

Keberhasilan penulis dalam merampungkan tesis ini tidak terlepas dari motivasi dan bantuan dari berbagai pihak selama proses penyusunan. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan setinggi tingginya kepada Bapak **Dr. Anwar Daud, SKM., M.Kes.**, sebagai Ketua Komisi Penasihat Tesis sekaligus Ketua Konsentrasi Kesehatan Lingkungan dan Ibu **Dr. Nurhaedar Jafar, Apt, M.Kes** sebagai anggota komisi penasihat atas segala bantuan, bimbingan, nasihat, petunjuk dan saran serta waktu yang telah diberikan selama ini kepada penulis, juga ucapan terima kasih penulis yang sebesar-besarnya kepada :

1. Direktur Pascasarjana Universitas Hasanuddin Bapak **Prof. Dr. Ir. Mursalim**, dan segenap Guru Besar, Dosen beserta stafnya.

2. Bapak **Dr. dr. Noer Bahry Noor, M.Sc.**, selaku Ketua Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat.
3. Bapak **Dr. Dr. Burhanuddin Bahar, MS** selaku penguji tesis yang telah memberikan banyak masukan bagi kesempurnaan penulisan tesis ini
4. Bapak **Prof. Dr. Rafael Djayakusli, MOH** yang telah meluangkan waktu sebagai penguji tesis dan telah memberikan banyak masukan bagi penulis
5. Bapak **dr. H. Hasanuddin Ishak, M.Sc, Ph.D** yang telah memberikan masukan sebagai penguji tesis.
6. Sahabat-sahabatku dan teman-teman seperjuangan di Konsentrasi Kesehatan Lingkungan Angkatan 2011 yang telah memberikan dukungan, saran dan turut membantu penulis dalam proses pendidikan dan penyelesaian tesis ini.

Ucapan terima kasih tak terhingga kepada kedua orang tuaku tercinta Ayahanda **Hairuddin Abbas** dan Ibunda **Budi Setiawati Palangkey**. yang telah membesarkan, mendidik dengan penuh kasih sayang dan selalu memberikan doa restunya selama ini kepada penulis, saudara-saudaraku (**Ahmad Abrari, Qarina, Tenripada**) yang selalu membantu penulis dalam segala hal.

Semoga Allah SWT, menilai semua sumbangsih tersebut sebagai amal ibadah yang tak pernah putus dan semoga Allah SWT mengampuni atas segala kekhilafan yang mungkin terjadi selama proses studi sampai pada penulisan tesis ini.

ABSTRAK

MIFTAH CHAIRANI: *Analisis Risiko Paparan Sianida (CN) pada Masyarakat di Kel. Poboya Kec. Mantikulore Palu, Sulawesi Tengah (dibimbing oleh Anwar Daud dan Nurhaedar Jafar).*

Penelitian ini bertujuan mengetahui gambaran risiko kesehatan paparan sianida (CN) terhadap efek nonkarsinogenik dan karsinogenik sianida (CN) akibat konsumsi air minum.

Metode penelitian ini adalah observasional dengan rancangan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan. Pengukuran kadar CN dalam delapan (8) sumber air minum, badan penduduk, laju asupan penduduk, waktu paparan, dan frekuensi paparan diukur secara kuantitatif melalui wawancara terhadap 100 orang responden untuk menghitung Intake CN dan tingkat risiko kesehatan (RQ).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Rata-rata nilai RQ untuk paparan efek karsinogen pada responden adalah 0,478 dengan nilai median 0,482, minimum adalah 0,026 dan maksimum 1,93. Dari analisa diketahui sebanyak 6 responden (6%) mempunyai nilai RQ \geq 1. Adapun rata-rata nilai RQ untuk paparan efek karsinogen adalah 0,205 dengan nilai median 0,206, minimum 0,011 dan maksimum 0,829. Dari analisa diketahui sebanyak 100 responden (100%) mempunyai nilai RQ $<$ 1 untuk paparan karsinogen.

Manajemen risiko dapat dilakukan dengan menurunkan konsentrasi sianida, mengendalikan laju asupan dan mengurangi durasi paparan. Tapi dalam studi ini, manajemen risiko dilakukan untuk melihat atau memprediksi batas konsentrasi sianida, dan batas durasi paparan sehingga beresiko. Konsentrasi sianida tertinggi yaitu 0,0010504 mg/l, berdasarkan Kep. Menkes no.492/2010 konsentrasi tersebut masih berada dalam batas aman.

Kata kunci: analisis risiko, sianida (CN), sumber air minum, Kel.Poboya Kec. Mantikulore.



DAFTAR ISI

	Halaman
Judul	i
Lembar Pengajuan	ii
Lembar Pengesahan	iii
Pernyataan Keaslian	iv
Prakata	v
Abstrak	vi
Abstract	vii
Daftar isi	ix
Daftar Tabel	xii
Daftar Lampiran	xiv
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang ...	1
B. Rumusan Masalah	9
C. Tujuan Penelitian	11
D. Manfaat Penelitian	12
E. Ruang Lingkup Penelitian	13

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum Tentang Pencemaran Air	14
1. Pengertian Pencemaran Air	14
2. Sumber Pencemaran Air	18
3. Sianida Sebagai Salah Satu Pencemar	19
B. Tinjauan Umum Tentang Sianida	20
1. Sumber Sianida	21
2. Sejarah dan Penggunaan Sianida	23
3. Paparan Sianida	25
4. Sianida Dalam Rantai Makanan	29
5. Toksisitas Sianida	31
C. Tinjauan Umum Tentang Pengolahan Emas	36
1. Pengolahan Emas	36
2. Pemanfaatan Sianida dalam Pengolahan Emas	41
D. Analisis Risiko Kesehatan	44
E. Kerangka Teori	60
F. Kerangka Konsep	61
G. Variabel Penelitian	62

Bab III Metode Penelitian

A. Rancangan Penelitian	63
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	63
C. Populasi dan Sampel	63
D. Teknik Pengumpulan Data	65

E. Pengolahan dan Analisis Data	68
Bab IV Hasil dan Pembahasan	
A. Hasil Penelitian	71
1. Gambaran umum lokasi penelitian	71
2. Gambaran hasil penelitian	74
3. Manajemen risiko	90
B. Pembahasan	95
1. Konsentrasi CN pada sumber air minum	97
2. Konsentrasi CN dalam urine	100
3. Durasi pajanan	102
4. Tingkat risiko	104
5. Manajemen risiko	105
6. Keterbatasan penelitian	106
Bab V Penutup	
A. Kesimpulan	108
B. Saran	109

Daftar Tabel

Nomor		Hal
1	Standar kualitas air minum	17
2	Sifat fisika dan kimia sianida (CN)	23
3	Beberapa penelitian terkait pajanan sianida (CN)	58
4	Karakteristik responden di Kel.Poboya Kec.Mantikulore	74
5	Hasil pemeriksaan kadar CN pada sumber air minum	77
6	Hasil pemeriksaan konsentrasi sianida dalam urine Di Kel. Poboya Kec. Mantikulore Tahun 2013	78
7	Frekuensi pajanan sianida responden pada air minum di Kel. Poboya Tahun 2013	79
8	Durasi pajanan berdasarkan konsumsi air minum Di kel. Poboya Kec. Mantikulore Tahun 2013	80
9	Distribusi berat badan responden di Kel. Poboya Kec. Mantikulore Tahun 2013	81
10	Distribusi statistic variabel konsentrasi , waktu pajanan Frekuensi pajanan, durasi pajanan, berat badan di Kel. Poboya Kec. Mantikulore Tahun 2013	83

11	Konsentrasi CN dalam air minum yang aman dikonsumsi responden menurut kelompok berat badan untuk risiko non karsinogen dan karsinogen di Kel. Poboya Kec. Mantikulore Tahun 2013	91
12	Konsentrasi CN dalam air minum yang aman dikonsumsi responden berdasarkan berat badan dan durasi pajanan di Kel. Poboya Kec. Mantikulore Tahun 2013	94

Daftar Lampiran

- Lampiran 1 Kuesioner Penelitian
- Lampiran 2 Hasil pemeriksaan Sianida (CN) dalam sumber air minum
- Lampiran 3 Peta lokasi
- Lampiran 4 Hasil perhitungan RQ
- Lampiran 5 Hasil perhitungan manajemen risiko
- Lampiran 6 Hasil perhitungan batas aman
- Lampiran 7 Hasil pengolahan data SPSS
- Lampiran 8 Dokumentasi penelitian
- Lampiran 9 Surat ijin penelitian
- Lampiran 10 Surat keterangan telah melakukan penelitian

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia memiliki berbagai macam bahan tambang yang terdapat di berbagai daerah. Minyak bumi, gas alam, emas, batubara, bijih besi, dan aspal merupakan jenis-jenis bahan tambang yang dimiliki oleh Indonesia. Salah satu jenis bahan tambang yang cukup banyak dan tersebar ketersediaannya di Indonesia adalah emas. Emas merupakan salah satu jenis bahan tambang yang memiliki nilai ekonomis sangat tinggi. Emas hampir dipasarkan dan diperdagangkan hampir di semua pasar perdagangan bahan tambang di seluruh dunia. Nilai investasi emas meningkat setiap terjadi perdagangan emas dalam jumlah yang cukup besar. Bahkan, jika dilihat lebih jauh lagi, emas memberikan kontribusi berupa devisa yang sangat besar bagi negara-negara pengekspor emas. (<http://green.kompasiana.com/limbah/2010>).

Emas tidak terdapat di lapisan tanah yang cukup dalam dari permukaan bumi atau permukaan tanah. Bisa dikatakan bahwa bahan tambang jenis ini terletak di permukaan tanah, daerah aliran sungai yang berisi endapan-endapan mineral, bahkan di daerah hilir sungai yang merupakan akhir dari arah aliran air sungai yang mungkin saja menjadi tempat berkumpulnya arah aliran beberapa sungai yang membawa endapan-endapan mineral.

Pengolahan emas ini selain menguntungkan juga dapat memberikan beberapa efek negatif. Selain melakukan eksplorasi alam secara berlebihan, penambangan emas dan pengolahan emas akan menghasilkan limbah yang

dapat mencemari lingkungan. Limbah *tailing* berasal dari batu-batuan dalam tanah yang telah dihancurkan hingga menyerupai bubur kental oleh pabrik pemisah mineral dari bebatuan. Proses itu dikenal dengan sebutan proses penggerusan.

Batuan yang mengandung mineral seperti emas, perak, tembaga dan lainnya, diangkut dari lokasi galian menuju tempat pengolahan yang disebut *Processing Plant* dimana proses penggerusan dilakukan. Setelah bebatuan hancur menyerupai bubur, biasanya dimasukan bahan kimia tertentu seperti sianida atau merkuri agar mineral yang dicari mudah terpisah. Mineral yang berhasil diperoleh biasanya berkisar antara 2% sampai 5% dari total bantuan yang dihancurkan. Sisanya sekitar 95% sampai 98% menjadi *tailing*, dan dibuang ketempat pembuangan.

Dalam proses pengolahan emas, selain merkuri (Hg) bahan kimia lain yang digunakan dalam pemurnian emas adalah sianida (CN). Sianida (asam sianida, asam prussiat), memiliki kegunaan yang tak sedikit, diantaranya di bidang pertanian, fotografi dan industri logam. Penggunaannya untuk pengolahan mineral untuk memulihkan emas, tembaga, seng dan perak mewakili sekitar 13% dari penggunaan sianida secara global, dengan 87% sisa sianida yang digunakan dalam proses industri lainnya seperti plastik, perekat, dan pestisida. Namun, dampaknya terhadap kesehatan sangat mengerikan. Bila terpapar zat ini, manusia dapat meninggal dalam waktu kurang dari setengah jam. Karena sifat yang sangat beracun dari sianida, proses ini kontroversial dan penggunaannya dilarang di sejumlah negara dan wilayah. (mineral tambang.com).

Sebagai limbah sisa batuan-batuan dalam tanah, *tailing* pasti memiliki kandungan logam lain ketika dibuang. *Tailing* hasil penambangan emas biasanya mengandung mineral inert (tidak aktif). Mineral itu antara lain: kuarsa, kalsit dan berbagai jenis aluminosilikat. Walau demikian, tidak berarti *tailing* yang dibuang tidak berbahaya. Sebab, *tailing* hasil penambangan emas mengandung salah satu atau lebih bahan berbahaya beracun seperti; Arsen (As), Kadmium (Cd), Timbal (Pb), Merkuri (Hg) Sianida (CN) dan lainnya. Logam-logam yang berada dalam *tailing* sebagian adalah logam berat yang masuk dalam kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Pada awalnya logam itu tidak berbahaya jika terpendam dalam perut bumi. Tapi ketika ada kegiatan tambang, logam-logam itu ikut terangkat bersama batu-batuan yang digali, termasuk batuan yang digerus dalam *processing plant*. Logam-logam itu berubah menjadi ancaman ketika terurai di alam bersama *tailing* yang dibuang.

Sianida digunakan untuk memisahkan emas dari bijih batuan. Dalam bentuk yang murni, sianida tidak berwarna dan baunya seperti kacang almond pahit. Bila sianida dicampur dengan bahan-bahan kimia lainnya, bau ini bisa tidak tercium. Bahan ini bisa digunakan dalam bentuk bubuk, cair atau gas. Sianida dapat mematikan jika ditelan. Hanya diperlukan sebesar sebutir beras untuk mematikan seseorang. Pemaparan dosis rendah dalam jangka panjang dapat menyebabkan pembengkakan di leher (gondok), yang dapat juga disebabkan oleh kekurangan gizi.

Sianida sering dibuang ke saluran-saluran air ketika menambang emas dan ketika kolam-kolam penampung limbah tambang bocor dan luber. Perusahaan-perusahaan minyak menyatakan bahwa sianida dalam air akan cepat menjadi tidak berbahaya lagi. Hal ini hanya bisa terjadi jika ada

banyak cahaya matahari dan kandungan oksigen. Walaupun demikian masih tetap meninggalkan bahan-bahan kimia yang berbahaya. Jika sianida tumpah di bawah tanah, atau jika udara mendung atau hujan, sianida akan tetap berbahaya untuk jangka panjang, mematikan ikan dan tanaman sepanjang sungai dan membuat air tidak layak untuk diminum dan untuk mandi.

Sejarah penggunaan sianida dalam pengelolaan tambang emas tidak pernah terbukti ramah lingkungan. Selama ini, penggunaan bahan beracun tersebut (sianida) sudah menimbulkan bencana bagi pengelolaan pertambangan di belahan dunia. Di Amerika Serikat, Romania, Argentina, dan Kanada, sudah lama melarang penggunaan sianida. Provinsi-provinsi yang ada di Argentina sejak April 2003, berinisiatif mengeluarkan kebijakan berupa peraturan (UU) yang melarang pertambangan terbuka dan penggunaan sianida (Hamran, Mahidin, 2011).

Di Romania pada Januari 2000, pernah runtuh bendungan limbah di tambang emas Baia Mare yang melepaskan lebih dari 100 ribu ton air limbah yang mengandung sianida menuju sungai Tisza dan Danube. Bahan beracun tersebut membunuh 1.240 ton ikan dan mencemari air minum 2,5 juta orang di sana. Untuk menghindari tanggung jawab, Esmeralda Exploration menyatakan bangkrut dan masyarakat di sana menanggung bencana tersebut.

Pada tahun 2006, tambang emas Bogoso Gold Limited juga menggunakan sianida mencemari sungai Ajoa Steam, yang mengalir ke sungai Apepre dan sungai Ankobra yang mengakibatkan kematian pada ikan-ikan dan lobster. Sekitar 30 orang yang meminum air dan makan ikan tersebut terkena penyakit. Amerika Serikat dan Kanada sudah lama melarang penggunaan sianida, karena pada tahun 1992, tambang Emas Galactic Resources melakukan

hal yang sama dan menyatakan bangkrut dan meninggalkan 3.300 hektar kawasan tambang mengandung sianida yang mencemari dan merusak sekitar 25 Km kawasan sungai Galactic (Hamran, Mahidin, 2011).

Di Indonesia, penggunaan sianida dalam proses pertambangan telah diatur dalam peraturan menteri negara lingkungan hidup no.23 tahun 2008. Dalam pasal 5 disebutkan bahwa dalam proses pengolahan emas harus dihindari penggunaan merkuri dan sianida. Untuk ekstraksi sianidasi, pH larutan harus dijaga pada kondisi basa dengan pH antara 10 sampai dengan 11 dan lokasi pengolahan berhubungan dengan udara luar.

Kasus pencemaran limbah akibat penambangan emas salah satunya terjadi di Perairan Pantai Buyat. Dugaan terjadinya pencemaran logam berat di perairan pantai Buyat karena pembuangan limbah padat (tailing) seharusnya tidak akan terjadi, seandainya limbah tersebut sebelum dibuang dilakukan pengolahan lebih dulu. Pengolahan limbah bertujuan untuk mengurangi hingga kadarnya seminimal mungkin bahkan jika mungkin menghilangkan sama sekali bahan-bahan beracun yang terdapat dalam limbah sebelum limbah tersebut dibuang.

Walaupun peraturan dan tata cara pembuangan limbah beracun telah diatur oleh Pemerintah dalam hal ini Kementerian Lingkungan Hidup, tetapi dalam prakteknya dilapangan, masih banyak ditemukan terjadinya pencemaran akibat limbah industri. Mungkin terbatasnya tenaga pengawas disamping proses pengolahan limbah biasanya memerlukan biaya yang cukup besar.

Buangan industri yang mengandung senyawa kimia berbahaya merupakan toksikan yang mempunyai daya racun tinggi. Buangan industri yang mengandung persenyawaan logam berat tersebut bukan hanya bersifat toksik

terhadap tumbuhan, tetapi juga terhadap hewan dan manusia. Logam berat dapat menimbulkan efek gangguan terhadap kesehatan manusia, tergantung pada bagian mana dari logam berat tersebut yang terikat dalam tubuh serta besarnya dosis paparan. Efek toksik dari logam berat mampu menghalangi kerja enzim sehingga mengganggu metabolisme tubuh, menyebabkan alergi, bersifat mutagen, teratogen atau karsinogen bagi manusia maupun hewan.

Perairan sering tercemar oleh komponen-komponen anorganik diantaranya berbagai logam berat yang berbahaya. Beberapa logam tersebut banyak digunakan untuk keperluan industri atau untuk kebutuhan sehari-hari yang secara langsung maupun tidak langsung telah mencemari lingkungan. Logam-logam tersebut diketahui dapat terakumulasi di dalam tubuh suatu organisme dan tetap tinggal dalam organisme tersebut dalam jangka waktu yang lama sebagai racun yang terakumulasi.

Randu dari Media Relation & Communication Wahana Lingkungan Hidup Indonesia (WALHI) melalui siaran persnya pada tanggal 3 Maret 2007 mengemukakan bahwa sumber penghidupan masyarakat nelayan di Teluk Kao semakin sulit karena adanya pencemaran bahan-bahan kimia Hg dan CN yang berasal dari proses penambangan emas di sekitarnya. Sebelum beroperasi P.T.NHM setidaknya terdapat 150 unit bagan yang beroperasi di Teluk Kao dan menghasilkan sekitar 3-6 ton ikan teri per unit bagan setiap hari. Setiap unit bagan di Teluk Kao dapat memperkerjakan sekitar 15 orang dengan penghasilan Rp 200.000 per orang/hari. Dengan tidak beroperasinya bagan akibat hilangnya ikan teri di Teluk Kao dewasa ini, maka semakin berkurangnya hasil tangkapan nelayan setempat sampai 75% dan diperkirakan sekitar 2.250 nelayan tidak melakukan aktivitas melaut lagi. (Simange, Silvanus, 2010).

Penelitian yang dilakukan oleh Silvanus Simange, 2010 di area penambangan emas Teluk Kao Halmahera Utara, menunjukkan bahwa kandungan merkuri (Hg) dan sianida (CN) pada air laut disekitar Teluk Kao masih dibawah ambang batas (Hg 0,0002 ppm, dan CN 0,001 ppm). dibandingkan dengan baku mutu air golongan C sesuai Kep-20/MENKLH/I/1990. Kandungan merkuri (Hg) pada organ hati ke 4 jenis ikan tersebut lebih tinggi (0,13 – 0,51 ppm) dibandingkan pada dagingnya (0,02 – 0,19 ppm). Hati ikan yang paling tinggi kandungan merkurnya adalah ikan Biji angka (0,45 – 0,51). Kandungan sianida (CN) pada organ hati juga lebih tinggi (6,0 – 18 ppm) dibanding pada daging (4,2 – 9,7 ppm).

Kelurahan Poboya Kecamatan Mantikulore Sulawesi Tengah merupakan salah satu lokasi penambangan emas tradisional yang beroperasi sejak tahun 2009 hingga sekarang, dan menggunakan Hg dan CN sebagai bahan untuk memisahkan emas dengan pasir, sehingga masyarakat Poboya dan sekitarnya berpotensi terkena dampak dari penggunaan Hg dan CN akibat aktivitas penambangan tersebut. Badan Lingkungan Hidup Kota Palu, (2011) jumlah penambang emas di tambang rakyat tersebut mencapai 5000 orang dan jumlah tromol berkisar 20.000 unit, dimana setiap unit menggunakan merkuri 0,5 kilogram per hari dan 20% Hg dan CN terserap oleh tanah. Hal ini berpotensi sebagai sumber pencemar baik udara, air dan tanah.

Hasil pemeriksaan PDAM kota Palu pada bulan Juni 2010 pada sumber air di Kel. Paboya didapatkan kadar Hg yang telah melebihi ambang batas yaitu 0,001mg/l. Berdasarkan fakta ini, maka penulis tertarik untuk mengetahui kadar sianida (CN) pada sumber air masyarakat yang juga digunakan dalam proses

pengolahan emas pada sumber air di Kel.Paboya dan apakah masyarakat di Kel.Paboya telah terpajan logam sianida (CN).

B. Rumusan Masalah

Paboya merupakan salah satu kelurahan yang terdapat di Kota Palu, tepatnya di Kec. Palu Timur. Paboya termasuk daerah yang memiliki hutan yang merupakan daerah penyangga air untuk kota Palu dan sekitarnya. Wilayah hutan di sekitar kawasan DAS Paboya merupakan daerah tangkapan hujan (sumber air). Pada wilayah disekitar kawasan DAS Paboya digunakan sebagai tempat pengambilan material, seperti pasir, batu-batuan serta penambangan emas yang digunakan sebagai sumber pendapatan.

Sianida (CN) merupakan salah satu logam berat yang digunakan untuk memisahkan emas dari pasir dalam proses amalgamasi (Tailing) dan selanjutnya dilakukan pembakaran untuk melepaskan atau menghilangkan merkuri pada emas tersebut. Proses inilah yang berpotensi menimbulkan pencemaran diantaranya adalah pencemaran air (baik air tanah maupun air permukaan) dan berdampak pada kesehatan masyarakat.

Beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya pencemaran pada air diantaranya adalah jarak dari sumber pencemar, jenis tanah dan kadar atau konsentrasi dari zat pencemar, dimana pola pencemaran zat kimia dapat mencapai jarak 96 meter dari sumber pencemar (Suyono dan Budimawan, 2002). Selain itu, pencemaran air dapat berasal dari zat atau

bahan kimia yang terdapat di udara yang turun bersamaan dengan hujan (baik secara langsung maupun tidak langsung).

Pencemaran logam berat Hg dan CN, karena akan berpengaruh terhadap produksi perikanan dan juga dapat mempengaruhi kesehatan manusia. Tingginya kandungan kedua logam berat Hg dan CN dapat menimbulkan dampak biologi yang serius karena logam berat tersebut terkontaminasi dan terakumulasi pada tubuh biota laut melalui rantai makanan. Bahaya yang besar bagi manusia dalam bentuk methyl merkuri akan masuk ke tubuh lewat air, ikan, susu dan bahan makanan yang terkontaminasi. Senyawa beracun ini bisa juga menyebabkan berbagai penyakit termasuk kanker hingga mengakibatkan kecacatan dan kematian, karena tingkat penyerapannya tinggi ke dalam tubuh.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengukur kadar Hg di Kel.Paboya, dan berdasarkan hasil pengukuran PDAM pada bulan Juni 2010 kota Palu kadar Hg pada sumber air di Kel. Paboya telah melebihi ambang batas yaitu 0,001mg/l. Namun untuk pengukuran kadar sianida (CN) belum pernah dilakukan. Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka pertanyaan penelitian ini adalah bagaimana analisis risiko paparan Sianida (CN) pada masyarakat di Kelurahan Paboya Kec. Mantikulore Kota Palu Sulawesi Tengah?.

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk mendapatkan gambaran risiko kesehatan pajanan sianida (CN) pada masyarakat sekitar pertambangan emas di kelurahan Paboya di Kecamatan Mantikulore, Sulawesi Tengah.

2. Tujuan Khusus

- a. Mengukur konsentrasi sianida (CN) dalam sumber air minum di lokasi sekitar penambangan emas kelurahan Paboya Kecamatan Mantikulore, Sulawesi Tengah.
- b. Mengetahui waktu pajanan sianida (CN) pada masyarakat di Kel.poboya Kec. Mantikulore Palu, Sulawesi Tengah
- c. Mengetahui durasi pajanan sianida (CN) pada masyarakat di Kel.Poboya Kec. Mantikulore Palu, Sulawesi Tengah
- d. Mengetahui tingkat risiko (RQ) pajanan sianida (CN) pada masyarakat di Kel. Poboya Kec. Mantikulore Palu, Sulawesi Tengah
- e. Mengetahui manajemen pengurangan risiko kesehatan akibat pajanan sianida (CN) pada masyarakat di Kel. Poboya Kec. Mantikulore Palu, Sulawesi Tengah.

D. Manfaat Penelitian

1. Bagi Peneliti

Dapat dijadikan sebagai tambahan ilmu, pengetahuan dan wawasan yang luas dalam mengetahui resiko yang di timbulkan logam berat pada lingkungan

2. Bagi Masyarakat

Sebagai dasar dan masukan kepada masyarakat dalam upaya kewaspadaan dini terhadap resiko penyakit yang disebabkan oleh bahan kimia berbahaya sehingga masyarakat dapat berperan aktif dalam penanggulangannya.

3. Bagi Dinas Kesehatan Kota Palu

Hasil penelitian ini kiranya dapat dipergunakan sebagai salah satu pertimbangan dalam pengambilan kebijakan yang sesuai untuk mengendalikan sebaran kasus penyakit akibat pencemaran.

4. Bagi Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Hasanuddin Makassar.

Dapat dijadikan sebagai tambahan pustaka untuk memperkaya kajian ilmu kesehatan lingkungan.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini termasuk lingkup materi Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan. Sasaran dalam penelitian adalah masyarakat yang tinggal di Kel. Poboya selama minimal 1 tahun serta mengkonsumsi air minum dari di lokasi tersebut..

Pembahasan dalam penelitian ini lebih ditekankan pada mengukur konsentrasi *agent* (bahan pencemar) dan menganalisisnya dengan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan untuk mengetahui risiko kesehatan masyarakat akibat pencemaran *agent* tersebut.

Lokasi penelitian ini adalah Kel. Poboya Kec. Mantikulore Kota Palu Provinsi Sulawesi Tengah. Waktu penelitian ini dilaksanakan pada bulan April - Mei 2013.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum Tentang Pencemaran Air

1. Pengertian Pencemaran Air

Istilah pencemaran air atau polusi air dapat dipersepsikan berbeda oleh satu orang dengan orang lainnya mengingat banyak pustaka acuan yang merumuskan definisi istilah tersebut, baik dalam kamus atau buku teks ilmiah, termasuk definisi dalam peraturan pemerintah sebagai turunan dari undang-undang tentang definisi pencemaran lingkungan.

Definisi pencemaran air mengacu pada Undang-Undang (UU) No. 32 Tahun 2009 tentang Undang-Undang Lingkungan Hidup dan dijabarkan dalam Peraturan Pemerintah (PP) No. 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air dan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, menjelaskan bahwa pencemaran air adalah :

Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. (Pasal 1, angka 2).

Berdasarkan definisi pencemaran air tersebut dapat diuraikan sesuai makna pokoknya dalam 3 (tiga) aspek, yaitu aspek kejadian, aspek penyebab atau pelaku dan aspek akibat (Setiawan, 2001).

Pencemaran air juga merupakan penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurniannya. Air yang ada di bumi ini tidak pernah terdapat dalam keadaan murni bersih, tetapi selalu ada senyawa atau mineral (unsur) lain yang terlarut di dalamnya. Hal ini tidak berarti bahwa semua air di bumi ini telah tercemar. Sebagai contoh, air yang diambil dari mata air di pegunungan dan air hujan. Keduanya dapat dianggap sebagai air yang bersih, namun senyawa atau mineral (unsur) yang terdapat di dalamnya berlainan seperti tampak pada keterangan berikut ini: Air hujan mengandung: SO₄, Cl, NH₃, CO₂, N₂, C, O₂, debu.

Air dari mata air mengandung Na, Mg, Ca, Fe, O₂. Selain daripada itu air seringkali juga mengandung bakteri atau mikroorganisme lainnya. Air yang mengandung bakteri atau mikroorganisme tidak dapat langsung digunakan sebagai air minum tetapi harus direbus dulu agar bakteri dan mikroorganismenya mati. Pada batas-batas tertentu air minum justru diharapkan mengandung mineral agar air itu terasa segar. Air murni tanpa mineral justru tidak enak untuk diminum.

Penggolongan air menurut peruntukkannya yang ditetapkan menurut PP No. 20 Tahun 1990, Bab III, Pasal 7, sebagai berikut :

- a. Golongan A, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu.

- b. Golongan B , yaitu air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum.
- c. Golongan C, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan.
- d. Golongan D, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian, dan dapat dimanfaatkan untuk usaha perkotaan, industri, pembangkit listrik tenaga air.

Penentuan terhadap tercemar atau tidaknya air suatu daerah berdasarkan beberapa peraturan pemerintah diantaranya adalah :

- a. Peraturan Pemerintah (PP) No. 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air.
- b. PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- c. Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) Republik Indonesia No. 416 tahun 1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air.
- d. Permenkes Republik Indonesia No 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

Air yang diperuntukkan bagi konsumsi manusia harus berasal dari sumber yang bersih dan aman. Batasan-batasan sumber air yang bersih dan aman tersebut, antara lain :

- a. Bebas dari kontaminasi kuman atau bibit penyakit
- b. Bebas dari substansi kimia yang berbahaya dan beracun
- c. Tidak berasa dan tidak berbau

- d. Dapat dipergunakan untuk mencukupi kebutuhan domestik dan rumah tangga
- e. Memenuhi standar minimal yang ditentukan oleh WHO atau Departemen Kesehatan RI

Adapun standar kualitas air bersih dan air minum berdasarkan Kep.

Menkes no 492/Menkes/Per/IV/2010

Tabel 1 Standar Kualitas Air Minum

NO	JENIS PARAMETER	SATUAN	KADAR MAKSIMUM YANG DIPERBOLEHKAN
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Biologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100ml sampel	0
	2) Total Bakteri Coliform	Jumlah per 100ml sampel	0
	b. Kimia Anorganik		
	1) Arsen	Mg/l	0,01
	2) Flourida	Mg/l	1,5
	3) Total Kromium	Mg/l	0,05
	4) Cadmium	Mg/l	0,003
	5) Nitrit, sebagai NO ₂	Mg/l	3
	6) Nitrat, sebagai NO ₃	Mg/l	50
	7) Sianida	Mg/l	0,07
	8) Selenium	Mg/l	0,01
2	Parameter Yang Tidak Berhubungan Langsung Dengan Kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak Berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) TDS	Mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak Berasa

	6) Suhu	°C	Suhu udara ± 3°C
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Aluminium	Mg/l	0,2
	2) Besi	Mg/l	0,3
	3) Kسادahan	Mg/l	500
	4) Khlorida	Mg/l	250
	5) Mangan	Mg/l	0,4
	6) Ph		6,5 – 8,5
	7) Seng	Mg/l	3
	8) Sulfat	Mg/l	250
	9) Tembaga	Mg/l	2
	10) Ammonia	Mg/l	1,5

2. Sumber Pencemaran Air

Kurangnya fasilitas kebersihan yang cukup adalah suatu sebab utama kontaminasi kotoran dan limbah dari sumber - sumber air di daerah urban dan pabrik. Beberapa Kota Indonesia malah mempunyai suatu sistem pembuangan kotoran yang tidak sempurna, dan karenanya sebagian besar rumah tangga sangat mengandalkan tangki kotoran pribadi atau pembuangan kotoran manusia langsung ke sungai dan kanal. Sumber-sumber polusi air yang lain adalah pertambangan serta pengaliran air yang tidak lancar dan tidak teratur, (Putranto, 2011).

Perbaikan pasokan air dan sistem sanitasi yang layak mungkin dapat memberikan kontribusi kepada pengurangan kematian diare yang signifikan dan kepada peningkatan hasil kesehatan. Suatu cara pengelolaan sumber air terpadu, termasuk polusi air, dengan pengumpulan data, bagi informasi, analisa dan penggunaan yang cukup, diperlukan dalam suatu konteks dasar. Erat kaitannya dengan masalah indikator pencemaran air dengan komponen pencemar air

berperan menentukan indikator tersebut terjadi. Komponen pencemar air menurut Putranto, (2011), dikelompokkan sebagai berikut :

- a. Bahan buangan padat
- b. Bahan buangan organik
- c. Bahan buangan anorganik
- d. Bahan buangan olahan bahan makanan
- e. Bahan buangan cairan berminyak
- f. Bahan buangan zat kimia
- g. Bahan buangan berupa panas

3. Sianida Sebagai Salah Satu Bahan Pencemar Dalam Air

Sianida merupakan suatu senyawa yang secara kimia sangat bersifat toksik dan berada dalam air dalam bentuk Hidrogen Sianida (HCN). Sianida dapat ditemukan secara alamiah seperti pada tumbuh-tumbuhan. Dalam tumbuh-tumbuhan sianida terikat pada glukosa (gula) yang disebut amygdalin.

Bangsa Romawi kuno memperoleh CN dari sumber biji-bijian alami seperti biji apel, apricot dan ceri. Sianida dapat larut dalam air karena hanya sianida alkali yang terikat pada logam yang memiliki sifat kelarutan tersebut. Dalam larutan murni, CN^- adalah bentuk yang paling stabil diatas pH kira-kira 10,5. Sianida bersifat toksik yang letal dan sub letal terhadap organisme. Sianida dalam air bersih yang akan digunakan untuk minum tidak boleh melewati batas 0,05 ppm karena dapat mengganggu metabolisme.

Sianida dalam bentuk ion sianida (CN^-) membentuk berbagai ikatan kompleks dengan ion-ion transisi logam misalnya emas ($\text{Au}(\text{CN})_2$), perak ($\text{Ag}(\text{CN})_2$) dan besi ($\text{Fe}(\text{CN})_6$). Alasan karakteristik inilah sehingga sianida digunakan secara komersil. Sianida juga banyak digunakan secara luas dalam industri terutama pembersih logam dan pengelasan listrik. Sianida juga banyak digunakan dalam processing mineral-mineral tertentu.

Sianida yang terdapat di perairan berasal dari limbah industri, misalnya industri pelapisan logam, pertambangan emas, pertambangan perak, pupuk dan besi dan baja. Kadar sianida yang digunakan dalam pertambangan emas dan perak dapat mencapai 250 ppm.

B. Tinjauan Umum Tentang Sianida (CN)

Sianida adalah zat beracun yang sangat mematikan. Sianida telah digunakan sejak ribuan tahun yang lalu. Sianida juga banyak digunakan pada saat perang dunia pertama. Efek dari sianida ini sangat cepat dan dapat mengakibatkan kematian dalam jangka waktu beberapa menit.¹ Hidrogen sianida disebut juga formonitrile, sedang dalam bentuk cairan dikenal sebagai asam prussit dan asam hidrosianik. Hidrogen sianida adalah cairan tidak berwarna atau dapat juga berwarna biru pucat pada suhu kamar. Bersifat volatile dan mudah terbakar. Hidrogen sianida dapat berdifusi baik dengan udara dan bahan peledak. Hidrogen sianida sangat mudah bercampur dengan air sehingga sering digunakan.

Bentuk lain ialah sodium sianida dan potassium sianida yang berbentuk serbuk dan berwarna putih. Sianida dalam dosis rendah dapat ditemukan di alam dan ada pada setiap produk yang biasa kita makan atau gunakan. Sianida dapat diproduksi oleh bakteri, jamur dan ganggan. Sianida juga ditemukan pada rokok, asap kendaraan bermotor, dan makanan seperti bayam, bambu, kacang, tepung tapioka dan singkong. Selain itu juga dapat ditemukan pada beberapa produk sintetis. Sianida banyak digunakan pada industri terutama dalam pembuatan garam seperti natrium, kalium atau kalsium sianida.

Sianida yang digunakan oleh militer NATO (North American Treaty Organization) adalah yang jenis cair yaitu asam hidrosianik (HCN). Gejala yang ditimbulkan oleh zat kimia sianida ini bermacam-macam; mulai dari rasa nyeri pada kepala, mual muntah, sesak nafas, dada berdebar, selalu berkeringat sampai korban tidak sadar dan apabila tidak segera ditangani dengan baik akan mengakibatkan kematian. Penatalaksanaan dari korban keracunan ini harus cepat, karena prognosis dari terapi yang diberikan juga sangat tergantung dari lamanya kontak dengan zat toksik tersebut.

1. Sumber Sianida (CN)

- a. HCN (Hydrogen Sianida) terdapat pada : Gas gas penerangan, sisa sisa pembakaran.
- b. Hydrocyanic Acid (Prussic Acid) berbentuk cairan, dapat tercampur dengan air dalam segala proporsi, dapat diuraikan dengan cepat, larutan netral atau alkali dengan menghasilkan ammomiak. Dua bentuk Prussic Acid :
- Dalam bentuk larutan dengan kadar 4% (Scheele's Acid)
 - Dalam bentuk larutan dengan kadar 2% (Acid Hydrocyanicum dilutum), dan bentuk inilah yang banyak digunakan di laboratorium.

Gas gas ini juga dapat dibentuk dari proses destilasi KCN atau Kalium Fero Cyanida dengan asam sulfat.

- c. Di alam, Asam sianida terdapat pada tumbuh tumbuhan yang mengandung amygdalin. Misalnya, singkong, ubi, biji buah apel, peer, aprikot. Cyanida dengan air dan emulsin akan terhidrolisir menjadi hidrogen, glukosa dan benzaldehyde. Biji biji tersebut mengandung cyagenetik glycosid yang akan melepaskan cyanida pada waktu dicerna.

Tabel 2 Sifat Fisika dan Kimia Sianida (CN)

Sifat Fisika Kimia	Nilai
1. Titik Didih	25,7 °C
2. Tekanan Uap	740mmHg

3. Berat Jenis Uap	0,99 pada 20°C
4. Kepadatan Cairan	0,68g/mL pada 25°C
5. Volatilitas	1,1x10 ⁶ mpada 25g/m ³ °C
6. Tingkat Kelarutan Dalam Air	25°C

Sumber : WHO, 2004

2. Sejarah dan Penggunaan Sianida

Walaupun beberapa substansi yang mengandung sianida telah digunakan sebagai racun sejak berabad-abad yang lalu, sianida yang sesungguhnya belum dikenal sampai tahun 1782. Pada saat itu sianida berhasil diidentifikasi oleh ahli kimia yang berasal dari Swedia, Scheele, yang kemudian meninggal akibat keracunan sianida di dalam laboratoriumnya.

a. Penggunaan Militer

Pada zaman kejayaan kerajaan Romawi, sianida digunakan sebagai senjata. Sianida sebagai komponen yang sangat mematikan digunakan untuk meracuni anggota keluarga kerajaan dan orang-orang yang dianggap dapat mengganggu keamanan. Tidak itu saja, Napoleon III mengusulkan untuk menggunakan sianida pada bayonet pasukannya Selama perang dunia pertama, Perancis menggunakan asam hidrosianik yang berbentuk gas.

Tetapi racun sianida yang berbentuk gas ini mempunyai efek yang kurang mematikan dibandingkan dengan bentuk cairnya.

Sementara itu, pihak Jerman sendiri pada waktu itu telah melengkapi pasukannya dengan masker yang dapat menyaring gas tersebut. Karena kurang efektifnya penggunaan gas ini, maka pada tahun 1916 Perancis mencoba jenis sianida gas lainnya yang mempunyai berat molekul yang lebih berat dari udara, lebih mudah terdispersi dan mempunyai efek kumulatif. Zat yang digunakan adalah Cyanogen chlorida, yang dibentuk dari potassium sianida. Racun jenis ini sudah cukup efektif pada konsentrasi yang rendah karena sudah bisa mengiritasi mata dan paru. Pada konsentrasi yang tinggi dapat mengakibatkan paralysis hebat pada sistem pernafasan dan sistem saraf pusat.

Dilain pihak, Austria ketika itu juga mengeluarkan gas beracun yang berasal dari potassium sianida dan bromin. Zat ini kemudian disebut sianogen bromida yang mempunyai efek iritasi yang sangat kuat pada konjungtiva mata dan pada mukosa saluran pernafasan. Selama perang dunia ke II, Nazi Jerman menggunakan asam hidrosianik yang disebut mereka Zyklon B untuk menghabisi ribuan rakyat sipil dan tentara musuh.

b. Penggunaan Non Militer

Sianida lebih banyak digunakan untuk kepentingan ekonomi daripada kepentingan militer. Kebanyakn hampir tiap hari kontak

dengan sianida. Ratusan bahkan ribuan ton sianida dibentuk oleh dunia ini tiap harinya. Sianida banyak digunakan untuk bidang kimia, pembuatan plastik, penyaringan emas dan perak, metalurgi, anti jamur dan racun tikus. Sementara itu, keracunan sianida paling banyak dilaporkan setelah memakan singkong dan kacang. Singkong pada beberapa negara yang baru berkembang masih menjadi makanan utama dan dianggap sebagai biang kerok tingginya tropical ataxic neuropathy di negara ini.

Pada saat ini, sianida digunakan oleh pemerintah, perusahaan maupun perorangan untuk bermacam keperluan.

3. Paparan Sianida (CN)

a. Inhalasi

Sisa pembakaran produk sintesis yang mengandung karbon dan nitrogen seperti plastik akan melepaskan sianida. Rokok juga mengandung sianida, pada perokok pasif dapat ditemukan sekitar 0.06 μ g/mL sianida dalam darahnya, sementara pada perokok aktif ditemukan sekitar 0.17 μ g/mL sianida dalam darahnya. Hidrogen sianida sangat mudah diabsorpsi oleh paru, gejala keracunan dapat timbul dalam hitungan detik sampai menit. Ambang batas minimal hydrogen sianida di udara adalah 2-10 ppm, tetapi angka ini belum dapat memastikan konsentrasi sianida yang berbahaya bagi orang disekitarnya. Selain itu, gangguan dari saraf-saraf sensoris

pernafasan juga sangat terganggu. Berat jenis hidrogen sianida lebih ringan dari udara sehingga lebih cepat terbang ke angkasa.

Anak-anak yang terpapar hidrogen sianida dengan tingkat yang sama pada orang dewasa akan terpapar hidrogen sianida yang jauh lebih tinggi.

b. Mata

Paparan hidrogen sianida dapat menimbulkan iritasi pada mata dan kulit. Muncul segera setelah paparan atau paling lambat 30 sampai 60 menit. Kebanyakan kasus disebabkan kecelakaan pada saat bekerja sehingga cairan sianida kontak dengan kulit dan meninggalkan luka bakar.

c. Saluran Pencernaan

Tertelan dari hidrogen sianida sangat fatal. Karena sianida sangat mudah masuk ke dalam saluran pencernaan. Tidak perlu melakukan atau merangsang korban untuk muntah, karena sianida sangat cepat berdifusi dengan jaringan dalam saluran pencernaan.

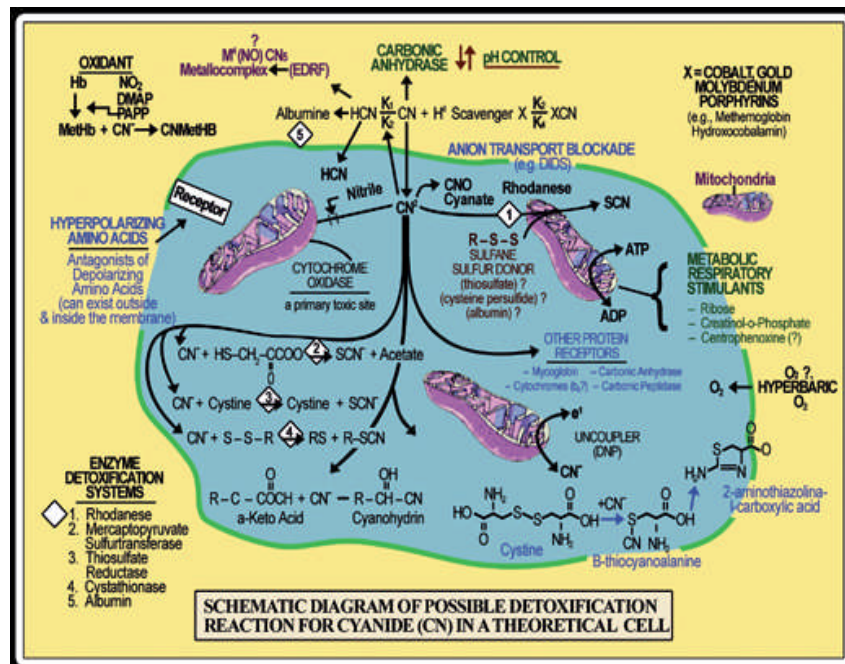
d. Proses Biokimia

Walaupun sianida dapat mengikat dan menginaktifkan beberapa enzim, tetapi yang mengakibatkan timbulnya kematian atau timbulnya histotoxic anoxia adalah karena sianida mengikat bagian aktif dari enzim sitokrom oksidase sehingga akan mengakibatkan terhentinya metabolisme sel secara aerobik. Sebagai akibatnya hanya dalam waktu beberapa menit akan

mengganggu transmisi neuronal. Sianida dapat di buang melalui beberapa proses tertentu sebelum sianida berhasil masuk kedalam sel. Proses yang paling berperan disini adalah pembentukan dari cyanomethemoglobin (CNMetHb), sebagai hasil dari reaksi antara ion sianida (CN⁻) dan MetHb.

Selain itu juga, sianida dapat dibuang dengan adanya:

- Ikatan dengan endothelial-derived relaxing factor (EDRF) dalam hal ini adalah asam nitrit.
- Bahan-bahan metal seperti emas, molibdenum atau komponen organik seperti hidrokobalamin sangat efektif mengeliminasi sianida dari dalam sel.
- Terakhir kali, albumin dapat merangsang kerja enzim dan menggunakan sulfur untuk mengikat sianida.



Gambar 1. Reaksi detoksifikasi sianida

Sumber: Baskin SI, Brewer TG. Cyanide Poisoning. Chapter. Pharmacology Division. Army Medical Research Institute of Chemical Defense, Aberdeen Proving Ground, Maryland. USA. Available from: www.bordeninstitute.army.mil/cwbw/Ch10.pdf. Access on: 15 March 2013

Sianida dapat dengan mudah menembus dinding sel. Oleh karena itu pihak militer sering menggunakan racun sianida walaupun secara inhalasi, memakan atau menelan garam sianida atau senyawa sianogenik lainnya. Karena sianida ini sebenarnya telah ada di alam walaupun dalam dosis yang rendah, maka tidak heran jika kebanyakan hewan mempunyai jalur biokimia intrinsik tersendiri untuk mendetoksifikasi ion sianida ini. Jalur terpenting dari pengeluaran sianida ini adalah dari pembentukan tiosianat (SCN⁻) yang diekresikan melalui urin. Tiosianat ini dibentuk secara

langsung sebagai hasil katalisis dari enzim rhodanese dan secara tidak langsung sebagai reaksi spontan antara sianida dan sulfur persulfida.

4. Sianida (CN) Dalam Rantai Makanan

Sianida (CN) merupakan senyawa kimia carbon-nitrogen yang terdiri dari sianida sederhana dan sianida kompleks. Beberapa sianida sederhana yang larut dalam air seperti natrium sianida (NaCN), potasium sianida (KAg(CN)₂) dan kalsium sianida (CaCN₂), sedangkan yang memiliki tingkat kelarutan rendah dalam air yaitu kopper sianida (CuCN). Menurut EPA (1978a), ada beberapa sianida yang berbentuk gas yang larut dalam air dan sangat beracun antara lain hidrogen sianida (HCN), sianogen (CN)₂ dan klorida sianogen (CNCl). Sianida kompleks membentuk banyak ikatan dengan logam yang sangat beracun bagi lingkungan. Sianida banyak digunakan dalam industri baja, industri kimia dan dalam pertambangan (Curry, 1992). Dalam pertambangan, CN digunakan untuk ekstraksi biji emas dan perak dari batuan yang dikenal dengan nama *cyanida heap leaching*. Pada kalangan nelayan, CN dikenal sebagai potas dalam pemboman ikan.

Pada bulan Januari 2000, ditambang emas Baia Mare Romania, bendungan tailingnya runtuh dan melepaskan lebih dari 100 ribu ton limbah mengandung CN 17 dan logam berat menuju sungai Tisza. Bahan beracun tersebut mengalir menuju Danube, dan membunuh 1.240 ton ikan serta mencemari air minum 2,5 juta orang. Bahkan kabarnya, pencemaran ini meluas ke negara tetangga Hungaria. Penduduk dan pemerintah

Romania harus menanggung bencana. Pada 9 Agustus 2000, Senat Ceko-Cekoslovakia secara resmi melarang penambangan yang menggunakan sianida (*cyanide heap leaching technology*) melalui penetapan undang-undang. Bahkan, banyak pakar negara itu menilai implementasi UU tersebut merupakan akhir dari pertambangan emas di negara tersebut (Czechs Ban, Cyanide Mining 2000 *diacu dalam* Silvanus Maxwell, 2010).

Sianida yang terdapat di perairan terutama yang berasal dari limbah industri, misalnya industri pelapisan logam, industri besi baja dan pertambangan emas. Kadar sianida yang digunakan dalam pertambangan emas dan perak dapat mencapai 250 mg/liter (EPA, 1987). Dari studi AMDAL, ternyata P.T. NHM, menggunakan beberapa jenis sianida dalam mengekstraksi emas dan perak dari batuan antara lain: natrium sianida (NaCN) serta beberapa sianida kompleks yang sangat berbahaya bagi lingkungan dan makhluk hidup lainnya. Pelindungan biji emas dilakukan dengan penggunaan sianida berkonsentrasi relatif tinggi yaitu mencapai 1200 ppm NaCN untuk memisahkan emas dan perak dari batuan dengan berbagai proses dan kemudian sebelum limbahnya dibuang ke Sungai Kobok dilakukan proses detoksifikasi (Amdal PT.NHM, 2006).

Belum banyak penelitian yang mengkaji tentang peningkatan CN di perairan, dan masih sedikit yang dipahami tentang dampak potensial dari CN tersebut terhadap biota di perairan (ACGIH, 2001), sehingga informasi jalur masuknya CN ke dalam rantai makanan di perairan laut belum tersedia dengan baik. Menurut EPA (1978b), beberapa sianida dalam air

akan berubah menjadi senyawa yang sangat beracun jika sianida tersebut terakumulasi dalam tubuh tumbuhan maupun zooplanton. Waktu paruh sianida dalam perairan belum diketahui dengan pasti. Sianida akan lebih cepat masuk ke dalam tubuh melalui pernapasan dan makanan jika dibandingkan dengan melalui kulit dan dapat dideteksi dengan sangat cepat di dalam paru-paru dan darah.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Silvanus.M Simange menunjukkan bahwa kandungan merkuri (Hg) dan sianida (CN) pada air laut disekitar Teluk Kao masih dibawah ambang batas (Hg 0,0002 ppm, dan CN 0,001 ppm). dibandingkan dengan baku mutu air golongan C sesuai Kep-20/MENKLH/I/1990. Kandungan merkuri (Hg) pada organ hati ke 4 jenis ikan tersebut lebih tinggi (0,13 – 0,51 ppm) dibandingkan pada dagingnya (0,02 – 0,19 ppm). Hati ikan yang paling tinggi kandungan merkurnya adalah ikan Biji nangka (0,45 – 0,51). Kandungan sianida (CN) pada organ hati juga lebih tinggi (6,0 – 18 ppm) dibanding pada daging (4,2 – 9,7 ppm). Mengacu pada standar asupan merkuri pada tubuh manusia yang telah ditetapkan oleh WHO dalam Darmono (2008) sebesar 0,5 ppm, maka ikan Kakap merah, ikan Belanak, ikan biji nangka dan udang aman untuk di konsumsi.

5. Toksisitas Sianida (CN)

a. Farmakokinetik dan Farmakodinamik

Seseorang dapat terkontaminasi melalui makanan, rokok dan sumber lainnya. Makan dan minum dari makanan yang

mengandung sianida dapat mengganggu kesehatan. Setelah terpapar, sianida langsung masuk ke dalam pembuluh darah. Jika sianida yang masuk ke dalam tubuh masih dalam jumlah yang kecil maka sianida akan diubah menjadi tiosianat yang lebih aman dan diekskresikan melalui urin. Selain itu, sianida akan berikatan dengan vitamin B12. Tetapi bila jumlah sianida yang masuk ke dalam tubuh dalam dosis yang besar, tubuh tidak akan mampu untuk mengubah sianida menjadi tiosianat maupun mengikatnya dengan vitamin B12.

Jumlah distribusi dari sianida berubah-ubah sesuai dengan kadar zat kimia lainnya di dalam darah. Pada percobaan terhadap gas HCN pada tikus didapatkan kadar sianida tertinggi adalah pada paru yang diikuti oleh hati kemudian otak. Sebaliknya, bila sianida masuk melalui sistem pencernaan maka kadar tertinggi adalah di hati. Sianida juga mengakibatkan banyak efek pada sistem kardiovaskuler, termasuk peningkatan resistensi vaskuler dan tekanan darah di dalam otak. Penelitian pada tikus membuktikan bahwa garam sianida dapat mengakibatkan kematian atau juga penyembuhan total. Selain itu, pada sianida dalam bentuk inhalasi baru menimbulkan efek dalam jangka waktu delapan hari. Bila timbul squeue sebagai akibat keracunan sianida maka akan mengakibatkan perubahan pada otak dan hipoksia otak dan kematian dapat timbul dalam jangka waktu satu tahun.

b. Toksisitas

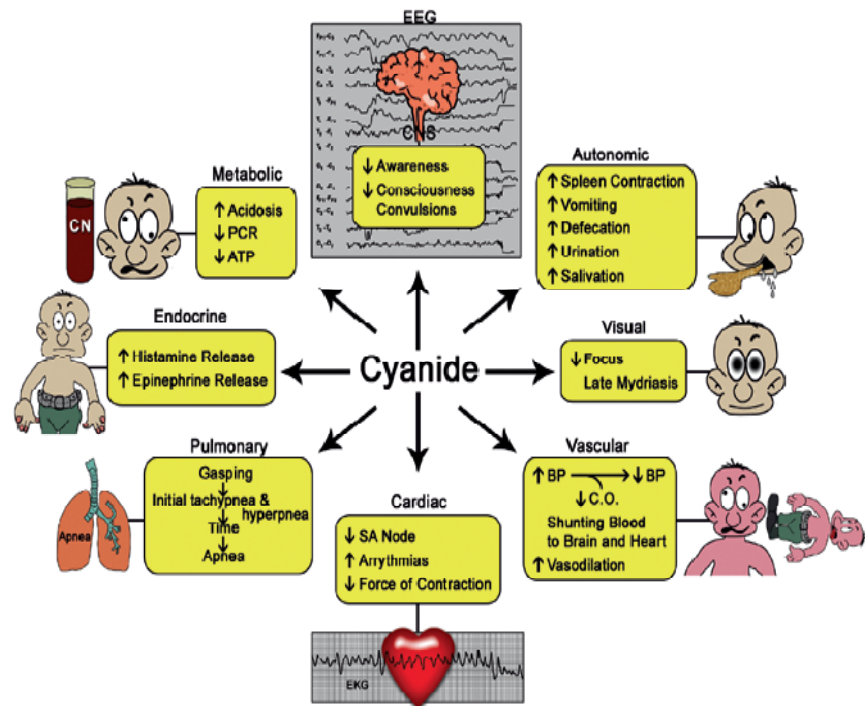
Tingkat toksisitas dari sianida bermacam-macam. Dosis letal dari sianida adalah:

- Asam hidrosianik sekitar 2,500–5,000 mg•min/m³
- Sianogen klorida sekitar 11,000 mg•min/m³.
- Perkiraan dosis intravena 1.0 mg/kg,
- Perkiraan dalam bentuk cairan yang mengiritasi kulit 100 mg/kg.

c. Gejala Klinis

Efek utama dari racun sianida adalah timbulnya hipoksia jaringan yang timbul secara progresif. Gejala dan tanda fisik yang ditemukan sangat tergantung dari:

- Dosis sianida
- Banyaknya paparan
- Jenis paparan
- Tipe komponen dari sianida



Gambar 2. Efek yang ditimbulkan oleh sianida pada beberapa organ tubuh.

Sumber: Baskin SI, Brewer TG. *Cyanide Poisoning*. Chapter. *Pharmacology Division*. Army Medical Research Institute of Chemical Defense, Aberdeen Proving Ground, Maryland. USA. Available from: www.bordeninstitute.army.mil/cwbw/Ch10.pdf. Access on: 15 March 2013.

Sianida dapat menimbulkan banyak gejala pada tubuh, termasuk pada tekanan darah, penglihatan, paru, saraf pusat, jantung, sistem endokrin, sistem otonom dan sistem metabolisme. Biasanya penderita akan mengeluh timbul rasa pedih dimata karena iritasi dan kesulitan bernafas karena mengiritasi mukosa saluran pernafasan. Gas sianida sangat berbahaya apabila terpapar dalam konsentrasi tinggi. Hanya dalam jangka waktu 15 detik tubuh akan merespon dengan hiperpnea, 15 detik setelah itu seseorang akan kehilangan kesadarannya. 3 menit kemudian

akan mengalami apnea yang dalam jangka waktu 5-8 menit akan mengakibatkan aktifitas otot jantung terhambat karena hipoksia dan berakhir dengan kematian.

Dalam konsentrasi rendah, efek dari sianida baru muncul sekitar 15-30 menit kemudian, sehingga masih bisa diselamatkan dengan pemberian antidotum.

Tanda awal dari keracunan sianida adalah:

- Hiperpnea sementara,
- Nyeri kepala,
- Dispnea
- Kecemasan
- Perubahan perilaku seperti agitasi dan gelisah
- Berkeringat banyak, warna kulit kemerahan, tubuh terasa lemah dan vertigo juga dapat muncul.

Tanda akhir sebagai ciri adanya penekanan terhadap CNS adalah koma dan dilatasi pupil, tremor, aritmia, kejang-kejang, koma penekanan pada pusat pernafasan, gagal nafas sampai henti jantung, tetapi gejala ini tidak spesifik bagi mereka yang keracunan sianida sehingga menyulitkan penyelidikan apabila penderita tidak mempunyai riwayat terpapar sianida.

Karena efek racun dari sianida adalah memblok pengambilan dan penggunaan dari oksigen, maka akan didapatkan rendahnya kadar oksigen dalam jaringan. Pada pemeriksaan funduskopi akan terlihat warna merah terang pada arteri dan vena retina karena rendahnya penghantaran

oksigen untuk jaringan. Peningkatan kadar oksigen pada pembuluh darah vena akan mengakibatkan timbulnya warna kulit seperti “cherry-red”, tetapi tanda ini tidak selalu ada.

C. Tinjauan Umum Tentang Pengolahan Emas

1. Pengolahan Emas

a. Sejarah Emas

Awal dari ditemukan tambang emas ini berawal dari geologis Belanda Jean-Jacquez Dozy yang mengunjungi Indonesia pada tahun 1936 untuk menskala glasier Pegunungan Jayawijaya di provinsi Irian Jaya di Papua Barat. Dia membuat catatan di atas batu hitam yang aneh dengan warna kehijauan. Pada 1939, dia mengisi catatan tentang Ertzberg (bahasa Belanda untuk “gunung ore”). Namun, peristiwa Perang Dunia II menyebabkan laporan tersebut tidak diperhatikan.

Dua puluh tahun kemudian, geologis Forbes Wilson, bekerja untuk perusahaan pertambangan Freeport, membaca laporan tersebut. Dia dalam tugas mencari cadangan nikel, tetapi kemudian melupakan hal tersebut setelah dia membaca laporan tersebut. Dia memutuskan untuk menyiapkan perjalanan untuk memeriksa Ertzberg. Ekspedisi yang dipimpin oleh Forbes Wilson dan Del Flint, menemukan deposit tembaga yang besar di Ertzberg pada 1960.

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, berat, "malleable", dan "ductile". Emas tidak bereaksi dengan zat kimia lainnya tapi terserang oleh klorin, fluorin dan aqua regia. Logam ini banyak terdapat di nugget emas atau serbuk di bebatuan dan di deposit alluvial dan salah satu logam coinage. Kode ISOnya adalah **XAU**. Emas melebur dalam bentuk cair pada suhu sekitar 1000 derajat celcius.

Emas merupakan logam yang bersifat lunak dan mudah ditempa, kekerasannya berkisar antara 2,5 – 3 (skala Mohs), serta berat jenisnya tergantung pada jenis dan kandungan logam lain yang berpadu dengannya. Mineral pembawa emas biasanya berasosiasi dengan mineral ikutan (*gangue minerals*). Mineral ikutan tersebut umumnya kuarsa, karbonat, turmalin, flourpar, dan sejumlah kecil mineral non logam. Mineral pembawa emas juga berasosiasi dengan endapan sulfida yang telah teroksidasi. Mineral pembawa emas terdiri dari emas nativ, elektrum, emas telurida, sejumlah paduan dan senyawa emas dengan unsur-unsur belerang, antimon, dan selenium. Elektrum sebenarnya jenis lain dari emas nativ, hanya kandungan perak di dalamnya >20%.

Emas terbentuk dari proses magmatisme atau pengkonsentrasian di permukaan. Beberapa endapan terbentuk karena proses metasomatisme kontak dan larutan hidrotermal, sedangkan pengkonsentrasian secara mekanis menghasilkan

endapan letakan (placer). Genesa emas dikategorikan menjadi dua yaitu:

- Endapan primer
- Endapan plaser.

Emas digunakan sebagai standar keuangan di banyak negara dan juga digunakan sebagai perhiasan, dan elektronik. Penggunaan emas dalam bidang moneter dan keuangan berdasarkan nilai moneter absolut dari emas itu sendiri terhadap berbagai mata uang di seluruh dunia, meskipun secara resmi di bursa komoditas dunia, harga emas dicantumkan dalam mata uang dolar Amerika. Bentuk penggunaan emas dalam bidang moneter lazimnya berupa bulion atau batangan emas dalam berbagai satuan berat gram sampai kilogram.

b. Metode Penambangan Emas

b.1 Metode Panning

Gold panning atau pendulangan emas, merupakan metode penambangan emas yang sebagian besar dilakukan oleh para penambang emas, dimana tempat penambangan ini biasanya bekas dari penambangan besar. Dengan menggunakan sebuah alat pendulang emas (wajan), di guncangkan kedalam air sungai, dan emas tersebut bercampur dengan pasir serta kerikil. Emas

yang memiliki berat jenis lebih besar daripada batu dan krikil, secara otomatis jatuh kebagian dasar wajan.

Emas yang terdapat pada sungai, biasanya tersembunyi pada dasar aliran, dimana padatan emas memungkinkan untuk berkonsentrasi. Jenis emas yang ditemukan di dasar sungai disebut sebagai endapan plaser.

b.2 Metode Sluicing

Metode ini menggunakan kotak pintu air yang dipergunakan untuk mengekstrak emas. Saluran pintu air ini merupakan buatan manusia dengan jeram pada bagian bawahnya. Jeram tersebut dirancang sebagai zona mati, untuk memungkinkan emas putus suspensi. Pada bagian bawah terdapat sebuah kotak, yang berfungsi mengalirkan air. Materi *gold bearing* ditempatkan di atas di bagian atas kotak. Materi yang dibawa oleh arus kotak dimana emas dan bahan padat mengendap di balik jeram. Bahan padat yang mengalir keluar, disebut sebagai *Tailing*.

Sebagai limbah sisa batuan-batuan dalam tanah, *tailing* pasti memiliki kandungan logam lain ketika dibuang. *Tailing* hasil penambangan emas biasanya mengandung mineral inert (tidak aktif). Mineral itu antara lain: kuarsa, kalsit dan berbagai jenis aluminosilikat. Walau demikian, tidak berarti *tailing* yang dibuang tidak berbahaya. Sebab, *tailing* hasil penambangan emas mengandung salah satu atau lebih bahan berbahaya beracun

seperti; Arsen (As), Kadmium (Cd), Timbal (pb), Merkuri (Hg) Sianida (Cn) dan lainnya. Logam-logam yang berada dalam *tailing* sebagian adalah logam berat yang masuk dalam kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Pada awalnya logam itu tidak berbahaya jika terpendam dalam perut bumi. Tapi ketika ada kegiatan tambang, logam-logam itu ikut terangkat bersama batuan yang digali, termasuk batuan yang digerus dalam *processing plant*. Logam-logam itu berubah menjadi ancaman ketika terurai di alam bersama *tailing* yang dibuang.

b.3 Metode Hard Rock

Metode hard rock ini dilakukan jika emas yang terkandung bukan terdapat didalam sedimen longgar. Hard rock pertambangan, merupakan penghasil emas sebagian besar di dunia. Tambang emas lainnya menggunakan penambangan emas bawah tanah, dimana bijih diekstraksi melalui terowongan atau lubang.

Pada kedalaman tersebut, pada umumnya, panas yang dikeluarkan tidak dapat tertahankan oleh Manusia, dan beberapa bentuk pengkondisian udara harus disediakan untuk menjaga suhu dibawah tingkat tertentu untuk keselamatan pekerja.

2. Pemanfaatan Sianida Dalam Pengolahan Emas

Penggunaan *sianida* dalam proses penambangan logam seperti emas dan perak, menyebabkan risiko lingkungan yang parah. Penggunaan *sianida* dalam *tambang emas* telah menyebabkan bencana lingkungan di banyak negara di seluruh dunia seperti *Amerika Serikat*, *Kanada*, Cina, Guyana, Bolivia, Zimbabwe, Filipina dan Ghana. Baru-baru ini, Kelompok masyarakat dan LSM di Eropa dan *Amerika Serikat* mengeluarkan laporan yang terkena bahaya senyawa sianida yang tidak diatur rilis dari tambang di seluruh dunia.

Sianida mematikan untuk *manusia* lingkungan serta. Risiko utama yang terkait dengan penggunaan sianida dalam proses penambangan adalah paparan pekerja untuk terkonsentrasi *gas hidrogen sianida*, bocor sianida ke lingkungan sekitarnya dan eksposur masyarakat untuk akibat sianida untuk rilis disengaja. Selama proses *Pertambangan*, pelepasan sianida bersama dengan bahan kimia beracun lainnya seperti arsenik, kadmium timah, dan merkuri, menyebabkan efek-efek berbahaya dan kerusakan permanen pada beberapa spesies hewan, tumbuhan dan *manusia*. Hal ini juga dapat mengakibatkan deforestasi, erosi tanah, tanah longsor, dan kontaminasi air bawah tanah.

Pelepasan arsenik dan bahan kimia beracun lainnya selama proses pelindian sianida sangat berbahaya. Sianida-resapan limbah dari proses penambangan memiliki potensi untuk dampak negatif limbah kota dan

prosedur pengolahan air. Hal ini juga berpotensi meningkatkan asupan zat beracun manusia beberapa. Semua badan air yang mengandung sianida terbentuk selama operasi penggilingan pertambangan emas berbahaya bagi hewan liar dan unggas air seperti burung migran dan kelelawar, jika tidak dikelola dengan baik. Bahkan disengaja bocor solusi sianida ke sungai dan sungai akan membunuh ikan dan lainnya *hewan air* besar-besaran. Terutama, ikan air tawar adalah organisme akuatik yang paling sianida-sensitif.

Penggunaan sianida di pertambangan menyebabkan resiko tidak masuk akal bagi kesehatan orang, satwa liar, dan ikan. Sebagai bahaya sianida dalam proses penambangan sangat banyak jelas, itu adalah tanggung jawab *Pemerintah* dan perusahaan pertambangan untuk mengambil langkah-langkah penting. Kode Internasional Manajemen Sianida memberikan arah dan pedoman tentang bagaimana mengelola sianida untuk memastikan perlindungan pekerja, lingkungan dan masyarakat yang berdekatan dengan kegiatan pertambangan. Limbah tambang harus diatur dengan cara yang sama seperti kimia lainnya atau limbah industri. Masyarakat membutuhkan kesadaran yang cukup tentang bahaya pertambangan. Pemerintah harus melarang proyek-proyek pertambangan yang mengakibatkan bahaya lingkungan dalam rangka mencegah bencana ekologis. Warga juga harus menentang proyek pertambangan tersebut. Banyak organisasi di negara-negara seperti

Amerika Serikat, *Kanada* dan Turki sudah mulai asosiasi untuk melarang pencucian sianida di pertambangan.

Cara kerja pengolahan emas menggunakan sianida (CN) :

1. Bahan berupa batuan dihaluskan menggunakan alat grinding sehingga menjadi tepung (mesh + 200)
2. Bahan dimasukkan ke dalam tangki bahan, kemudian tambahkan H₂O (2/3 dari bahan).
3. Tambahkan tohor atau kapur hingga pH mencapai 10,2 – 10,5 dan kemudian tambahkan nitrat (PbNO₃) 0,05%.
4. Tambahkan sianida 0,3% sambil diaduk hingga (t=48/72H) sambil menjaga pH larutan (10- 11) dengan t (T = 85°).
5. Kemudian saring, lalu filtrat di tambahkan karbon (4/1 bagian) dan di aduk hingga (t= 48h), kemudian di saring. Karbon dikeringkan lalu di bakar, hingga menjadi Bullion atau gunakan. (metode 1)
6. Metode Merrill Crow (dengan penambahan Zink Anode / Zink Dass), saring lalu dimurnikan / dibakar hingga menjadi Bullion. (metode 2)
7. Karbon di hilangkan dari kandungan lain dengan Asam (3 / 5 %), selama (t =30/45m), kemudian di bilas dengan H₂O selama (t = 2j) pada (T = 80 – 90 derajat).
8. Lakukan proses Pretreatment dengan menggunakan larutan Sianid 3 % dan Soda (NaOH) 3 % selama (t =15 – 20m) pada (T = 90 – 100o).

9. Lakukan proses Recycle Elution dengan menggunakan larutan Sianid 3 % dan Soda 3 % selama ($t = 2.5$ j) pada ($T = 110 - 120$ derajat).
10. Lakukan proses Water Elution dengan menggunakan larutan H₂O pada ($T = 110 - 120^\circ$) selama ($t = 1.45$ j).
11. Lakukan proses Cooling.
12. Saring kemudian lakukan proses elektrowining dengan ($V = 3$) dan ($A = 50$) selama ($t = 3.5$ j). (metode 3)

D. Analisis Risiko Kesehatan

Public Health Assessment (PHA) diperkenalkan tahun 2005 oleh *Agency For Toxic Substances and Drug Registry* (ATSDR), *US Department of Health and Human Services*, dalam publikasi yang berjudul *ATSDR Public Health Assessment Guidance Manual* (ATSDR, 2005). Menurut ATSDR, PHA didefinisikan sebagai berikut :

'The evaluation of data and information on the release of hazardous substances into the environment in order to asses any (past), current, or future impact on public health, develop health advisories and other recommendation, and identify studies or actions needed to evaluate and mitigate or prevent human health effects.'

(Evaluasi data dan informasi mengenai pelepasan bahan-bahan berbahaya ke lingkungan untuk menilai setiap dampak (pada masa lalu), kini, atau yang akan datang terhadap kesehatan masyarakat,

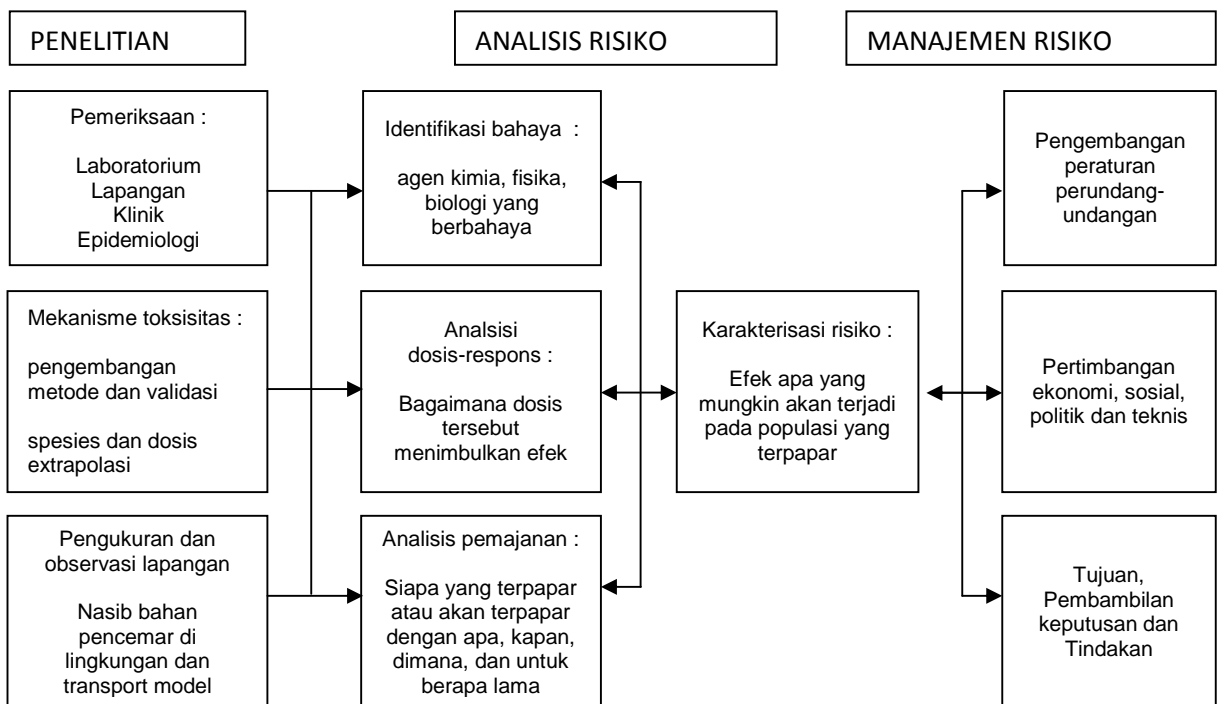
mengembangkan anjuran-anjuran kesehatan dan rekomendasi-rekomendasi lain, mengidentifikasi kajian-kajian atau tindakan-tindakan yang dibutuhkan untuk mengevaluasi dan meniadakan atau mencegah efek-efek terhadap kesehatan manusia).

Selama ini terdapat dua model kajian dampak lingkungan terhadap kesehatan yang biasanya dilakukan secara independen, yaitu studi Epidemiologi Kesehatan Lingkungan (EKL) dan Analisis Resiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Epidemiologi Kesehatan Lingkungan umumnya dilakukan atas dasar kejadian penyakit (*disease oriented*) atau kondisi lingkungan yang spesifik (*agent oriented*) yang dinyatakan oleh WHO pada tahun 1983 (WHO, 1983), sedangkan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan bersifat *agent specific* dan *site specific*. Analisis risiko kesehatan lingkungan adalah proses perhitungan atau perkiraan risiko pada suatu organisme sasaran, sistem atau (sub)populasi, termasuk identifikasi ketidakpastian-ketidakpastian yang menyertainya, setelah terpajan oleh *agent* tertentu, dengan memerhatikan karakteristik yang melekat pada agent itu dan karakteristik system sasaran yang spesifik.

Risiko itu sendiri didefinisikan sebagai kebolehjadian (probabilitas) efek merugikan pada suatu organisme, sistem atau (sub) populasi yang disebabkan oleh paparan suatu agent dalam keadaan tertentu ada juga ahli lain yang berpendapat bahwa risiko adalah sebuah probabilitas suatu peristiwa berbahaya atau bencana, kesempatan sesuatu yang buruk akan terjadi. Metode, teknik dan prosedur analisis risiko kesehatan lingkungan

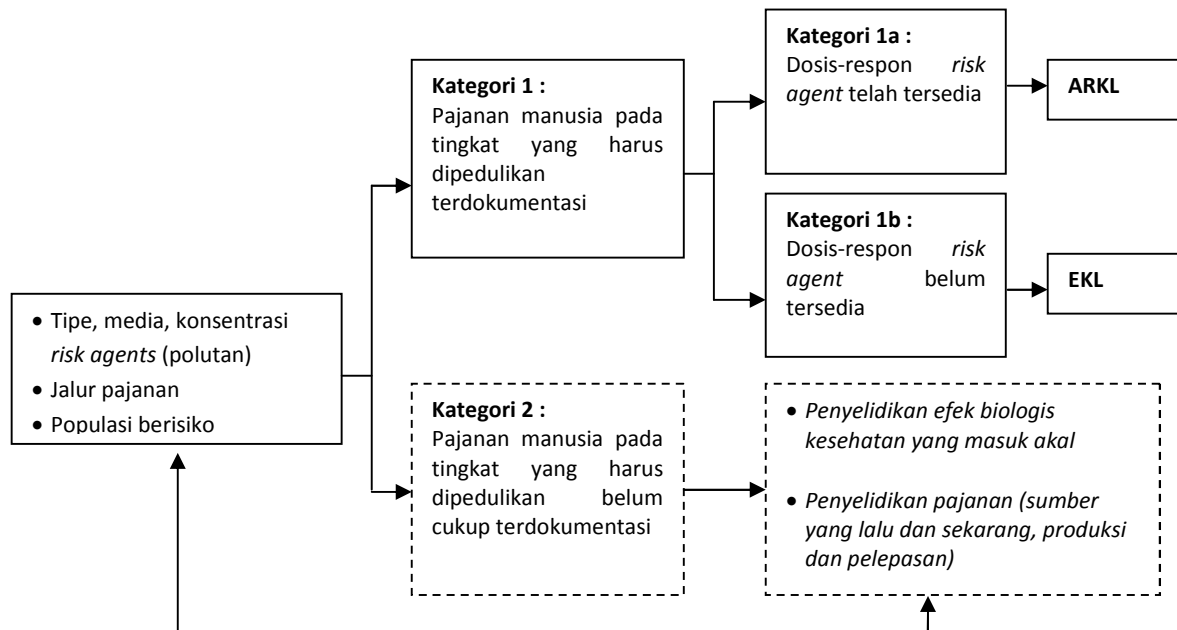
saat ini dikembangkan dari *Risk Analysis Paradigm* yang terbagan pada Gambar 3.

Dalam *Public Health Assessment* kedua studi tersebut dapat digabungkan dengan tidak menghilangkan cirinya masing-masing. Analisis risiko kesehatan lingkungan mampu meramalkan besaran tingkat risiko secara kuantitatif sedangkan epidemiologi kesehatan lingkungan dapat membuktikan apakah prediksi itu sudah terbukti atau belum. *Public Health Assessment* tidak saja memberikan estimasi numerik risiko kesehatan melainkan juga perspektif kesehatan masyarakat dengan memadukan analisis mengenai kondisi-kondisi pemajanan setempat, data efek-efek kesehatan dan kepedulian masyarakat.



Gambar 3 Paradigma Analisis Risiko (NRC, 1983)

1. Prinsip Dasar ARKL



Gambar.4 Ilustrasi logika pengambilan keputusan untuk menentukan tipe studi yang dapat dilakukan dalam mempelajari efek lingkungan terhadap kesehatan manusia (Rahman, 2007)

ARKL berjalan dengan proses yang dibagangkan dalam alur pengambilan keputusan seperti pada Gambar 4.

Decesion logic ini menentukan komponen studi mana yang dapat dilakukan berdasarkan data dan informasi awal yang tersedia. *Decesion logic* ini dijelaskan dalam *Guidance for ASTDR Health Studies* (ATSDR, 1996).

Secara garis besarnya analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) menurut *National Research Council* (NRC) terdiri dari empat tahap kajian, yaitu : Identifikasi bahaya, Analisis pajanan, Analisis dosis-respon, dan Karakterisasi risiko.

Langkah – langkah ini tidak harus dilakukan secara berurutan, kecuali karakterisasi risiko sebagai tahap terakhir. Karakterisasi risiko kesehatan pada populasi berisiko dinyatakan secara kuantitatif dengan menggabungkan analisis dosis-respon dengan analisis pemajanan. Nilai numerik estimasi risiko kesehatan kemudian digunakan untuk merumuskan pilihan-pilihan manajemen risiko untuk mengendalikan risiko tersebut. Selanjutnya opsi-opsi manajemen risiko itu dikomunikasikan kepada pihak-pihak yang berkepentingan agar risiko potensial dapat diketahui, diminimalkan atau dicegah (NRC, 1983).

2. Metode, Teknik, dan Prosedur ARKL

Kajian ARKL dimulai dengan memeriksa secara cermat apakah data dan informasi berikut sudah tersedia (ATSDR, 2005) :

- a. Jenis spesi kimia *risk agent*.
- b. Dosis referensi untuk setiap jenis spesi kimia *risk agent*.
- c. Media lingkungan tempat *risk agent* berada (udara, air, tanah, pangan).
- d. Konsentrasi risk agent dalam media lingkungan yang bersangkutan.
- e. Jalur-jalur pemajanan *risk agent* (sesuai dengan media lingkungannya).
- f. Populasi dan sub-sub populasi yang berisiko.
- g. Gangguan kesehatan (gejala-gejala penyakit atau penyakit-penyakit) yang berindikasikan sebagai efek pajanan risk agent yang merugikan kesehatan pada semua segmen populasi berisiko.

Jika sekurang-kurangnya data dan informasi 1 s/d 4 sudah tersedia, ARKL sudah bisa dikerjakan. Ada dua kemungkinan kajian ARKL yang dapat dilakukan, yaitu (NRC, 1983) :

- a. Evaluasi di atas meja (*Desktop Evaluation*), selanjutnya disebut ARKL Meja. Analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) meja dilakukan untuk menghitung estimasi risiko dengan segera tanpa harus mengumpulkan data dan informasi baru dari lapangan. Evaluasi di atas meja hanya membutuhkan konsentrasi risk agent dalam media lingkungan bermasalah, dosis referensi risk agent dan nilai default faktor-faktor antropometri pemajanan untuk menghitung asupan menurut Persamaan (1).
- b. Kajian lapangan (*Field Study*), selanjutnya disebut ARKL Lengkap. ARKL Lengkap pada dasarnya sama dengan evaluasi di atas meja namun didasarkan pada data lingkungan dan faktor-faktor pemajanan antropometri sebenarnya yang didapat dari lapangan, bukan dengan asumsi atau simulasi. Kajian ini membutuhkan data dan informasi tentang jalur pemajanan dan populasi berisiko.

Berikut adalah langkah-langkah ARKL, baik ARKL Meja maupun ARKL Lengkap.

- a. Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya atau *hazard identification* adalah tahap awal analisis risiko kesehatan lingkungan untuk mengenali risiko. Informasinya bisa ditelusuri dari sumber dan penggunaan *risk agent* memakai *agent*

oriented (WHO, 1983). Identifikasi bahaya juga bisa dilakukan dengan mengamati gejala dan penyakit yang berhubungan dengan toksisitas *risk agent* di masyarakat yang telah terkumpul dalam studi-studi sebelumnya, baik di wilayah kajian atau tempat-tempat lain. Penelusuran seperti ini dikenal sebagai pendekatan *disease oriented* (WHO, 1983).

Data identifikasi bahaya *risk agent* dari berbagai sumber pencemaran dapat dirangkum dalam suatu tabel. Bila data awal tidak tersedia, harus dilakukan pengukuran pendahuluan dengan sedikitnya 2 sampel yang mewakili konsentrasi *risk agent* paling tinggi dan paling rendah. Selanjutnya dihitung *Risk Quotient (RQ)* untuk asupan konsentrasi *risk agent*. Bila ternyata $RQ > 1$ berarti ada risiko potensial dan perlu untuk dikendalikan. Sedangkan bila $RQ \leq 1$ untuk sementara pencemaran dinyatakan masih aman dan belum perlu dikendalikan (Rahman, 2007).

b. Analisis Pemajanan

Analisis pemajanan atau *exposure assessment* yang disebut juga penilaian kontak, bertujuan untuk mengenali jalur-jalur pajanan *risk agent* agar jumlah asupan yang diterima individu dalam populasi berisiko bisa dihitung. Data dan informasi yang dibutuhkan untuk menghitung asupan adalah semua variabel yang terdapat dalam Persamaan (1) (ATSDR, 2005).

$$= \frac{x \times x \times x \times x}{x} \quad (1)$$

Keterangan :

I : Asupan (*intake*), mg/kg/hari

- C : konsentrasi *risk agent*, mg/M³ untuk medium udara, mg/L untuk air minum, mg/kg untuk makanan atau pangan
- R : laju asupan atau konsumsi, M³/jam untuk inhalasi, L/hari untuk air minum, g/hari untuk makanan
- t_E : waktu pajanan
- f_E : frekwensi pajanan
- D_t : durasi pajanan, tahun (*real time* atau proyeksi, 30 tahun untuk nilai *default* residensial)
- W_b : Berat badan, kg
- t_{avg} : Periode waktu rata-rata (30 x 365 hari/tahun untuk zat nonkarsinogen, 70 tahun x 365 hari/tahun untuk zat karsinogen)

Waktu pajanan (t_E) harus digali dengan cara menanyakan berapa lama kebiasaan responden sehari-hari berada di luar rumah seperti ke pasar, mengantar dan menjemput anak sekolah dalam hitungan jam. Demikian juga untuk frekuensi pajanan (f_E), kebiasaan apa yang dilakukan setiap tahun meninggalkan tempat mukim seperti pulang kampung, mengajak anak berlibur ke rumah orang tua, rekreasi dan sebagainya dalam hitungan hari. Untuk durasi pajanan (D_t), harus diketahui berapa lama sesungguhnya (*real time*) responden berada di tempat mukim sampai saat survey dilakukan dalam hitungan tahun. Selain durasi pajanan *lifetime*, durasi pajanan *real time* penting untuk dikonfirmasi

dengan studi epidemiologi kesehatan lingkungan (EKL) apakah estimasi risiko kesehatan sudah terindikasikan (ATSDR, 2005).

Konsentrasi *risk agent* dalam media lingkungan diperlakukan menurut karakteristik statistiknya. Jika distribusi konsentrasi *risk agent* normal, bisa digunakan nilai arithmetik meannya. Jika distribusinya tidak normal, harus digunakan log normal atau mediannya. Normal tidaknya distribusi konsentrasi *risk agent* bisa ditentukan dengan menghitung *coefficient of variance*(CoV), yaitu SD dibagi mean. Jika $CoV \leq 20\%$ distribusi dianggap normal dan karena itu dapat digunakan nilai mean (NRC, 1983).

Sebelum nilai default nasional tersedia berdasarkan hasil survey maka t_E , f_E dan W_b dapat dipakai sebagai nilai numerik faktor antropometri pemajanan (Rahman, 2007). Nilai numerik lainnya diambil dari *Exposure Factors Handbook* (US-EPA, 1997). Nilai numerik beberapa variabel Persamaan (1) ini mungkin belum mencukupi karena ada beberapa kasus dengan tata guna lahan (*land use*) lain belum tercantum (NRC, 1983).

c. Analisis Dosis-Respon

Analisis dosis-respon, disebut juga *dose-response assessment* atau *toxicity assessment*, menetapkan nilai-nilai kuantitatif toksisitas *risk agent* untuk setiap bentuk spesi kimianya. Toksisitas dinyatakan sebagai

dosis referensi (*reference dose, RfD*) untuk efek-efek nonkarsinogenik dan *Cancer Slope Factor (CSF)* atau *Cancer Unit Risk (CCR)* untuk efek-efek karsinogenik. Analisis dosis-respon merupakan tahap yang paling menentukan karena ARKL hanya bisa dilakukan untuk *risk agent* yang sudah ada dosis-responnya (US-EPA, 1997).

Menurut IPCS, *Reference dose* adalah toksisitas kuantitatif nonkarsinogenik, menyatakan estimasi dosis pajanan harian yang diperkirakan tidak menimbulkan efek merugikan kesehatan meskipun pajanan berlanjut sepanjang hayat (Rahman, 2007). Dosis referensi dibedakan untuk pajanan oral atau tertelan (ingesi, untuk makanan dan minuman) yang disebut *RfD* (saja) dan untuk pajanan inhalasi (udara) yang disebut *reference concentration (RfC)*. Dalam analisis dosis-respon, dosis dinyatakan sebagai *risk agent* yang terhirup (*inhaled*), tertelan (*ingested*) atau terserap melalui kulit (*absorbed*) per kg berat badan per hari (mg/kg/hari) (US-EPA, 1997).

Dosis yang digunakan untuk menetapkan *RfD* adalah yang menyebabkan efek paling rendah yang disebut *NOAEL (No Observed Adverse Effect Level)* atau *LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level)*. *NOAEL* adalah dosis tertinggi suatu zat pada studi toksisitas kronik atau subkronik yang secara statistik atau biologis tidak menunjukkan efek merugikan pada hewan uji atau pada manusia sedangkan *LOAEL* berarti dosis terendah yang (masih) menimbulkan efek. Secara numerik *NOAEL*

selalu lebih rendah daripada LOAEL. *RfD* atau *RfC* diturunkan dari NOAEL atau LOAEL menurut persamaan berikut ini (ATSDR, 2005) :

$$RfD \text{ atau } RfC = \frac{NOAEL \text{ atau } LOAEL}{UF_1 \times UF_2 \times UF_3 \times UF_4 \times MF} \quad (2)$$

UF adalah *uncertainty factor* (faktor ketidakpastian) dengan nilai $UF_1 = 10$ untuk variasi sensitivitas dalam populasi manusia (10H, *human*), $UF_2 = 10$ untuk ekstrapolasi dari hewan ke manusia (10A, *animal*), $UF_3 = 10$ jika NOAEL diturunkan dari uji subkronik, bukan kronik, $UF_4 = 10$ bila menggunakan LOAEL bukan NOAEL. *MF* adalah *modifying factor* bernilai 1 s/d 10 untuk mengakomodasi kekurangan atau kelemahan studi yang tidak tertampung *UF*. Penentuan nilai *UF* dan *MF* tidak lepas dari subyektivitas. Untuk menghindari subyektivitas, tahun 2004 telah diajukan model dosis-respon baru dengan memecah *UF* menjadi ADUF (= $10^{0,4}$ atau 2,5), AKUF (= $10^{0,6}$ atau 4,0), HDUF (= $10^{0,5}$ atau 3,2) dan HKUF (= $10^{0,5}$ atau 3,2)⁸(ATSDR, 2005).

Menentukan dosis-respon suatu risk agent sangat sulit, membutuhkan data dan informasi studi toksisitas yang asli dan lengkap, ahli-ahli kimia, toksikologi, farmakologi, biologi, epidemiologi dan spesialis-spesialis lain yang berhubungan dengan toksisitas dan farmakologi zat. Namun, saat ini *RfD*, *RfC*, *SF* dan UCR zat-zat kimia dalam berbagai spesi, termasuk fomulanya, telah ada pada data *Integrated Risk Information System (IRIS)* dari US-EPA yang tersedia di <http://www.epa.gov/iris> dan pangkalan data TOXNET di <http://www.nlm/>.

Ada ratusan spesi kimia zat yang telah dimasukkan ke dalam daftar IRIS dan sudah ditabulasi sehingga bisa langsung digunakan. Contoh *toxicity summary* beberapa zat bisa dilihat pada tabel berikut (Rahman, 2007).

d. Karakteristik Risiko

Karakteristik risiko kesehatan dinyatakan sebagai *Risk Quotient* (RQ , *tingkat risiko*) untuk efek-efek nonkarsinogenik dan *Excess Cancer Risk* (ECR) untuk efek-efek karsinogenik. RQ dihitung dengan

membagi asupan nonkarsinogenik (I_{nk}) *risk agent* dengan RfD atau RfC -nya menurut persamaan (3) (ATSDR, 2005).

$$RQ = \frac{I_{nk}}{RfD \text{ atau } RfC} \quad (3)$$

Baik I_{nk} maupun RfD atau RfC harus spesifik untuk bentuk spesi kimia *risk agent* dan jalur pajanannya. Risiko kesehatan dinyatakan ada dan perlu dikendalikan jika $RQ > 1$. Jika $RQ \leq 1$, risiko tidak perlu dikendalikan tetapi perlu dipertahankan agar nilai numerik RQ tidak melebihi 1 (Rahman, 2007).

ECR dihitung dengan mengalikan CSF dengan asupan karsinogenik *risk agent* (I_{nk}) menurut Persamaan (4). Harap diperhatikan, asupan karsinogenik dan nonkarsinogenik tidak sama karena perbedaan bobot waktu rata-ratanya (t_{avg}) seperti dijelaskan dalam keterangan rumus asupan Persamaan (1) (ATSDR, 2005).

$$ECR = CSF \times I_{nk} \quad (4)$$

Baik CSF maupun I_{nk} harus spesifik untuk bentuk spesi kimia *risk agent* dan jalur pajanannya. Karena secara teoritis karsinogenisitas tidak

mempunyai ambang *non threshold*, maka risiko dinyatakan tidak bisa diterima (*unacceptable*) bila $E-6 < ECR < E-4$. Kisaran angka E-6 s/d E-4 dipungut dari nilai *default* karsinogenistas US-EPA. (US-EPA, 1997).

e. Manajemen Risiko

Berdasarkan karakterisasi risiko, dapat dirumuskan pilihan-pilihan manajemen risiko untuk meminimalkan *RQ* dan *ECR* dengan memanipulasi (mengubah) nilai faktor-faktor pemajanan yang tercakup dalam Persamaan (1) sedemikian rupa sehingga asupan lebih kecil atau sama dengan dosis referensi toksisitasnya. Pada dasarnya hanya ada dua cara untuk menyamakan I_{nk} dengan *RfD* atau *RfC* atau mengubah I_{nk} sedemikian rupa sehingga *ECR* tidak melebihi E-4, yaitu menurunkan konsentrasi risk agent atau mengurangi waktu kontak. Ini berarti hanya variabel-variabel Persamaan (1) tertentu saja yang bisa diubah-ubah nilainya. (Rahman, 2007). Berikut, penjelasan cara-cara manajemen risiko secara lengkap.

- 1) Menurunkan konsentrasi *risk agent* bila pola dan waktu konsumsi tidak dapat di ubah. Cara ini menggunakan prinsip $I_{nk} = RfD$, maka persamaan yang digunakan adalah :

$$C = \frac{RfD \times W_B \times t_{avg}}{R \times f_E \times D_t} \text{ mg/L} \quad (5)$$

- 2) Mengurangi pola (laju) konsumsi bila konsentrasi *risk agent* dan waktu konsumsi tidak dapat diubah. Persamaan yang digunakan dalam manajemen risiko cara ini adalah :

$$R = \frac{RfD \times W_B \times t_{avg}}{C_{As} \times f_E \times D_t} \text{ L/hari} \quad (6)$$

- 3) Mengurangi waktu kontak bila konsentrasi *risk agent* dan pola konsumsi tidak dapat di ubah. Cara ini sering juga digunakan dalam strategi studi Epidemiologi Kesehatan Lingkungan. Persamaan yang digunakan disini adalah :

$$D_t = \frac{RfD \times W_B \times t_{avg}}{C \times R \times f_E} \text{ tahun} \quad (7)$$

Tabel 3 Beberapa Penelitian Terkait Paparan Sianida (CN)

No	Peneliti dan Desain	Subyek	Tujuan	Hasil
1.	Bobby J. Polii, 2009 Observasional	DAS Buyat Minahasa	Mengetahui kadar Hg dan CN pada DAS Buyat Minahasa	1. Kadar Hg = 0,0032mg/l – 0,00049 mg/l 2. Kadar CN = 0,088 mg/l – 0,144 mg/l (telah melebihi standar baku mutu PP no.20 tahun 1990 < 0,5 mg/l) 3. Konsentrasi tertinggi CN terdapat pada hati dan perut ikan 2,77 mg/l
2.	Fauzia Syarif, 2009 Eksperimen	Tanaman Mikania Cordota, Controsema Pubsences, Leersia Nexandra Swarta	Mengetahui akumulasi CN pada tanaman Mikania Cordota, Controsema Pubsences, Leersia Nexandra Swarta yang tumbuh di daerah yang terkontaminasi limbah CN	1. Kandungan CN di tajuk tertinggi yaitu 0,085 mg pada Mikania Cordota dan di tajuk Leersia Nexandra 0,144mg keduanya pada konsentrasi 2,5ppm CN 2. Controsema Pubsences, Mikania Cordota, Leersia Nexandra Swarta masih mampu tumbuh dengan baik di media tailing CN sampai pada kadar

				<p>75ppm CN. 3. Rasio kandungan CN tajuk yang melebihi atau dihasilkan Mikania Cordota pada semua perlakuan CN, dengan nilai tertinggi 11.783 pada konsentrasi 7,5ppm.</p>
--	--	--	--	--

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

E. Tinjauan Umum Tentang Pencemaran Air

4. Pengertian Pencemaran Air

Istilah pencemaran air atau polusi air dapat dipersepsikan berbeda oleh satu orang dengan orang lainnya mengingat banyak pustaka acuan yang merumuskan definisi istilah tersebut, baik dalam kamus atau buku teks ilmiah, termasuk definisi dalam peraturan pemerintah sebagai turunan dari undang-undang tentang definisi pencemaran lingkungan.

Definisi pencemaran air mengacu pada Undang-Undang (UU) No. 32 Tahun 2009 tentang Undang-Undang Lingkungan Hidup dan dijabarkan dalam Peraturan Pemerintah (PP) No. 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air dan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, menjelaskan bahwa pencemaran air adalah :

Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. (Pasal 1, angka 2).

Berdasarkan definisi pencemaran air tersebut dapat diuraikan sesuai makna pokoknya dalam 3 (tiga) aspek, yaitu aspek kejadian, aspek penyebab atau pelaku dan aspek akibat (Setiawan, 2001).

Pencemaran air juga merupakan penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurniannya. Air yang ada di bumi ini tidak pernah terdapat dalam keadaan murni bersih, tetapi selalu ada senyawa atau mineral (unsur) lain yang terlarut di dalamnya. Hal ini tidak berarti bahwa semua air di bumi ini telah tercemar. Sebagai contoh, air yang diambil dari mata air di pegunungan dan air hujan. Keduanya dapat dianggap sebagai air yang bersih, namun senyawa atau mineral (unsur) yang terdapat di dalamnya berlainan seperti tampak pada keterangan berikut ini: Air hujan mengandung: SO₄, Cl, NH₃, CO₂, N₂, C, O₂, debu.

Air dari mata air mengandung Na, Mg, Ca, Fe, O₂. Selain daripada itu air seringkali juga mengandung bakteri atau mikroorganisme lainnya. Air yang mengandung bakteri atau mikroorganisme tidak dapat langsung digunakan sebagai air minum tetapi harus direbus dulu agar bakteri dan mikroorganismenya mati. Pada batas-batas tertentu air minum justru diharapkan mengandung mineral agar air itu terasa segar. Air murni tanpa mineral justru tidak enak untuk diminum.

Penggolongan air menurut peruntukkannya yang ditetapkan menurut PP No. 20 Tahun 1990, Bab III, Pasal 7, sebagai berikut :

- e. Golongan A, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu.

- f. Golongan B , yaitu air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum.
- g. Golongan C, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan.
- h. Golongan D, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian, dan dapat dimanfaatkan untuk usaha perkotaan, industri, pembangkit listrik tenaga air.

Penentuan terhadap tercemar atau tidaknya air suatu daerah berdasarkan beberapa peraturan pemerintah diantaranya adalah :

- e. Peraturan Pemerintah (PP) No. 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air.
- f. PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- g. Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) Republik Indonesia No. 416 tahun 1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air.
- h. Permenkes Republik Indonesia No 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

Air yang diperuntukkan bagi konsumsi manusia harus berasal dari sumber yang bersih dan aman. Batasan-batasan sumber air yang bersih dan aman tersebut, antara lain :

- f. Bebas dari kontaminasi kuman atau bibit penyakit
- g. Bebas dari substansi kimia yang berbahaya dan beracun
- h. Tidak berasa dan tidak berbau

- i. Dapat dipergunakan untuk mencukupi kebutuhan domestic dan rumah tangga
- j. Memenuhi standar minimal yang ditentukan oleh WHO atau Departemen Kesehatan RI

Adapun standar kualitas air bersih dan air minum berdasarkan Kep.

Menkes no 492/Menkes/Per/IV/2010

Tabel 1 Standar Kualitas Air Minum

NO	JENIS PARAMETER	SATUAN	KADAR MAKSIMUM YANG DIPERBOLEHKAN
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	c. Parameter Biologi		
	3) E.Coli	Jumlah per 100ml sampel	0
	4) Total Bakteri Coliform	Jumlah per 100ml sampel	0
	d. Kimia Anorganik		
	9) Arsen	Mg/l	0,01
	10)Flourida	Mg/l	1,5
	11)Total Kromium	Mg/l	0,05
	12)Cadmium	Mg/l	0,003
	13)Nitrit, sebagai NO ₂	Mg/l	3
	14)Nitrat, sebagai NO ₃	Mg/l	50
	15)Sianida	Mg/l	0,07
	16)Selenium	Mg/l	0,01
2	Parameter Yang Tidak Berhubungan Langsung Dengan Kesehatan		
	c. Parameter Fisik		
	7) Bau		Tidak Berbau
	8) Warna	TCU	15
	9) TDS	Mg/l	500
	10)Kekeruhan	NTU	5
	11)Rasa		Tidak Berasa

	12) Suhu	°C	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$
	d. Parameter Kimiawi		
	11) Aluminium	Mg/l	0,2
	12) Besi	Mg/l	0,3
	13) Kesadahan	Mg/l	500
	14) Klorida	Mg/l	250
	15) Mangan	Mg/l	0,4
	16) Ph		6,5 – 8,5
	17) Seng	Mg/l	3
	18) Sulfat	Mg/l	250
	19) Tembaga	Mg/l	2
	20) Ammonia	Mg/l	1,5

5. Sumber Pencemaran Air

Kurangnya fasilitas kebersihan yang cukup adalah suatu sebab utama kontaminasi kotoran dan limbah dari sumber - sumber air di daerah urban dan pabrik. Beberapa Kota Indonesia malah mempunyai suatu sistem pembuangan kotoran yang tidak sempurna, dan karenanya sebagian besar rumah tangga sangat mengandalkan tangki kotoran pribadi atau pembuangan kotoran manusia langsung ke sungai dan kanal. Sumber-sumber polusi air yang lain adalah pertambangan serta pengaliran air yang tidak lancar dan tidak teratur, (Putranto, 2011).

Perbaikan pasokan air dan sistem sanitasi yang layak mungkin dapat memberikan kontribusi kepada pengurangan kematian diare yang signifikan dan kepada peningkatan hasil kesehatan. Suatu cara pengelolaan sumber air terpadu, termasuk polusi air, dengan pengumpulan data, bagi informasi, analisa dan penggunaan yang cukup, diperlukan dalam suatu konteks dasar. Erat kaitannya dengan masalah indikator pencemaran air dengan komponen pencemar air

berperan menentukan indikator tersebut terjadi. Komponen pencemar air menurut Putranto, (2011), dikelompokkan sebagai berikut :

- a. Bahan buangan padat
- b. Bahan buangan organik
- c. Bahan buangan anorganik
- d. Bahan buangan olahan bahan makanan
- e. Bahan buangan cairan berminyak
- f. Bahan buangan zat kimia
- g. Bahan buangan berupa panas

6. Sianida Sebagai Salah Satu Bahan Pencemar Dalam Air

Sianida merupakan suatu senyawa yang secara kimia sangat bersifat toksik dan berada dalam air dalam bentuk Hidrogen Sianida (HCN). Sianida dapat ditemukan secara alamiah seperti pada tumbuh-tumbuhan. Dalam tumbuh-tumbuhan sianida terikat pada glukosa (gula) yang disebut amygdalin.

Bangsa Romawi kuno memperoleh CN dari sumber biji-bijian alami seperti biji apel, apricot dan ceri. Sianida dapat larut dalam air karena hanya sianida alkali yang terikat pada logam yang memiliki sifat kelarutan tersebut. Dalam larutan murni, CN^- adalah bentuk yang paling stabil diatas pH kira-kira 10,5. Sianida bersifat toksik yang letal dan sub letal terhadap organisme. Sianida dalam air bersih yang akan digunakan untuk minum tidak boleh melewati batas 0,05 ppm karena dapat mengganggu metabolisme.

Sianida dalam bentuk ion sianida (CN^-) membentuk berbagai ikatan kompleks dengan ion-ion transisi logam misalnya emas ($\text{Au}(\text{CN})_2$), perak ($\text{Ag}(\text{CN})_2$) dan besi ($\text{Fe}(\text{CN})_6$). Alasan karakteristik inilah sehingga sianida digunakan secara komersil. Sianida juga banyak digunakan secara luas dalam industri terutama pembersih logam dan pengelasan listrik. Sianida juga banyak digunakan dalam processing mineral-mineral tertentu.

Sianida yang terdapat di perairan berasal dari limbah industri, misalnya industri pelapisan logam, pertambangan emas, pertambangan perak, pupuk dan besi dan baja. Kadar sianida yang digunakan dalam pertambangan emas dan perak dapat mencapai 250 ppm.

F. Tinjauan Umum Tentang Sianida (CN)

Sianida adalah zat beracun yang sangat mematikan. Sianida telah digunakan sejak ribuan tahun yang lalu. Sianida juga banyak digunakan pada saat perang dunia pertama. Efek dari sianida ini sangat cepat dan dapat mengakibatkan kematian dalam jangka waktu beberapa menit.¹ Hidrogen sianida disebut juga formonitrile, sedang dalam bentuk cairan dikenal sebagai asam prussit dan asam hidrosianik. Hidrogen sianida adalah cairan tidak berwarna atau dapat juga berwarna biru pucat pada suhu kamar. Bersifat volatile dan mudah terbakar. Hidrogen sianida dapat berdifusi baik dengan udara dan bahan peledak. Hidrogen sianida sangat mudah bercampur dengan air sehingga sering digunakan.

Bentuk lain ialah sodium sianida dan potassium sianida yang berbentuk serbuk dan berwarna putih. Sianida dalam dosis rendah dapat ditemukan di alam dan ada pada setiap produk yang biasa kita makan atau gunakan. Sianida dapat diproduksi oleh bakteri, jamur dan ganggan. Sianida juga ditemukan pada rokok, asap kendaraan bermotor, dan makanan seperti bayam, bambu, kacang, tepung tapioka dan singkong. Selain itu juga dapat ditemukan pada beberapa produk sintetis. Sianida banyak digunakan pada industri terutama dalam pembuatan garam seperti natrium, kalium atau kalsium sianida.

Sianida yang digunakan oleh militer NATO (North American Treaty Organization) adalah yang jenis cair yaitu asam hidrosianik (HCN). Gejala yang ditimbulkan oleh zat kimia sianida ini bermacam-macam; mulai dari rasa nyeri pada kepala, mual muntah, sesak nafas, dada berdebar, selalu berkeringat sampai korban tidak sadar dan apabila tidak segera ditangani dengan baik akan mengakibatkan kematian. Penatalaksanaan dari korban keracunan ini harus cepat, karena prognosis dari terapi yang diberikan juga sangat tergantung dari lamanya kontak dengan zat toksik tersebut.

6. Sumber Sianida (CN)

- d. HCN (Hydrogen Sianida) terdapat pada : Gas gas penerangan, sisa sisa pembakaran.
- e. Hydrocyanic Acid (Prussic Acid) berbentuk cairan, dapat tercampur dengan air dalam segala proporsi, dapat diuraikan dengan cepat, larutan netral atau alkali dengan menghasilkan ammomiak. Dua bentuk Prussic Acid :
- Dalam bentuk larutan dengan kadar 4% (Scheele's Acid)
 - Dalam bentuk larutan dengan kadar 2% (Acid Hydrocyanicum dilutum), dan bentuk inilah yang banyak digunakan di laboratorium.

Gas gas ini juga dapat dibentuk dari proses destilasi KCN atau Kalium Fero Cyanida dengan asam sulfat.

- f. Di alam, Asam sianida terdapat pada tumbuh tumbuhan yang mengandung amygdalin. Misalnya, singkong, ubi, biji buah apel, peer, aprikot. Cyanida dengan air dan emulsin akan terhidrolisir menjadi hidrogen, glukosa dan benzaldehyde. Biji biji tersebut mengandung cyagenetik glycosid yang akan melepaskan cyanida pada waktu dicerna.

Tabel 2 Sifat Fisika dan Kimia Sianida (CN)

Sifat Fisika Kimia	Nilai
1. Titik Didih	25,7 °C
2. Tekanan Uap	740mmHg

3. Berat Jenis Uap	0,99 pada 20°C
4. Kepadatan Cairan	0,68g/mL pada 25°C
5. Volatilitas	1,1x10 ⁶ mpada 25g/m ³ °C
6. Tingkat Kelarutan Dalam Air	25°C

Sumber : WHO, 2004

7. Sejarah dan Penggunaan Sianida

Walaupun beberapa substansi yang mengandung sianida telah digunakan sebagai racun sejak berabad-abad yang lalu, sianida yang sesungguhnya belum dikenal sampai tahun 1782. Pada saat itu sianida berhasil diidentifikasi oleh ahli kimia yang berasal dari Swedia, Scheele, yang kemudian meninggal akibat keracunan sianida di dalam laboratoriumnya.

a. Penggunaan Militer

Pada zaman kejayaan kerajaan Romawi, sianida digunakan sebagai senjata. Sianida sebagai komponen yang sangat mematikan digunakan untuk meracuni anggota keluarga kerajaan dan orang-orang yang dianggap dapat mengganggu keamanan. Tidak itu saja, Napoleon III mengusulkan untuk menggunakan sianida pada bayonet pasukannya Selama perang dunia pertama, Perancis menggunakan asam hidrosianik yang berbentuk gas.

Tetapi racun sianida yang berbentuk gas ini mempunyai efek yang kurang mematikan dibandingkan dengan bentuk cairnya.

Sementara itu, pihak Jerman sendiri pada waktu itu telah melengkapi pasukannya dengan masker yang dapat menyaring gas tersebut. Karena kurang efektifnya penggunaan gas ini, maka pada tahun 1916 Perancis mencoba jenis sianida gas lainnya yang mempunyai berat molekul yang lebih berat dari udara, lebih mudah terdispersi dan mempunyai efek kumulatif. Zat yang digunakan adalah Cyanogen chlorida, yang dibentuk dari potassium sianida. Racun jenis ini sudah cukup efektif pada konsentrasi yang rendah karena sudah bisa mengiritasi mata dan paru. Pada konsentrasi yang tinggi dapat mengakibatkan paralysis hebat pada sistem pernafasan dan sistem saraf pusat.

Dilain pihak, Austria ketika itu juga mengeluarkan gas beracun yang berasal dari potassium sianida dan bromin. Zat ini kemudian disebut sianogen bromida yang mempunyai efek iritasi yang sangat kuat pada konjungtiva mata dan pada mukosa saluran pernafasan. Selama perang dunia ke II, Nazi Jerman menggunakan asam hidrosianik yang disebut mereka Zyklon B untuk menghabisi ribuan rakyat sipil dan tentara musuh.

c. Penggunaan Non Militer

Sianida lebih banyak digunakan untuk kepentingan ekonomi daripada kepentingan militer. Kebanyakn hampir tiap hari kontak

dengan sianida. Ratusan bahkan ribuan ton sianida dibentuk oleh dunia ini tiap harinya. Sianida banyak digunakan untuk bidang kimia, pembuatan plastik, penyaringan emas dan perak, metalurgi, anti jamur dan racun tikus. Sementara itu, keracunan sianida paling banyak dilaporkan setelah memakan singkong dan kacang. Singkong pada beberapa negara yang baru berkembang masih menjadi makanan utama dan dianggap sebagai biang kerok tingginya tropical ataxic neuropathy di negara ini.

Pada saat ini, sianida digunakan oleh pemerintah, perusahaan maupun perorangan untuk bermacam keperluan.

8. Paparan Sianida (CN)

a. Inhalasi

Sisa pembakaran produk sintesis yang mengandung karbon dan nitrogen seperti plastik akan melepaskan sianida. Rokok juga mengandung sianida, pada perokok pasif dapat ditemukan sekitar 0.06 μ g/mL sianida dalam darahnya, sementara pada perokok aktif ditemukan sekitar 0.17 μ g/mL sianida dalam darahnya. Hidrogen sianida sangat mudah diabsorpsi oleh paru, gejala keracunan dapat timbul dalam hitungan detik sampai menit. Ambang batas minimal hydrogen sianida di udara adalah 2-10 ppm, tetapi angka ini belum dapat memastikan konsentrasi sianida yang berbahaya bagi orang disekitarnya. Selain itu, gangguan dari saraf-saraf sensoris

pernafasan juga sangat terganggu. Berat jenis hidrogen sianida lebih ringan dari udara sehingga lebih cepat terbang ke angkasa.

Anak-anak yang terpapar hidrogen sianida dengan tingkat yang sama pada orang dewasa akan terpapar hidrogen sianida yang jauh lebih tinggi.

b. Mata

Paparan hidrogen sianida dapat menimbulkan iritasi pada mata dan kulit. Muncul segera setelah paparan atau paling lambat 30 sampai 60 menit. Kebanyakan kasus disebabkan kecelakaan pada saat bekerja sehingga cairan sianida kontak dengan kulit dan meninggalkan luka bakar.

c. Saluran Pencernaan

Tertelan dari hidrogen sianida sangat fatal. Karena sianida sangat mudah masuk ke dalam saluran pencernaan. Tidak perlu melakukan atau merangsang korban untuk muntah, karena sianida sangat cepat berdifusi dengan jaringan dalam saluran pencernaan.

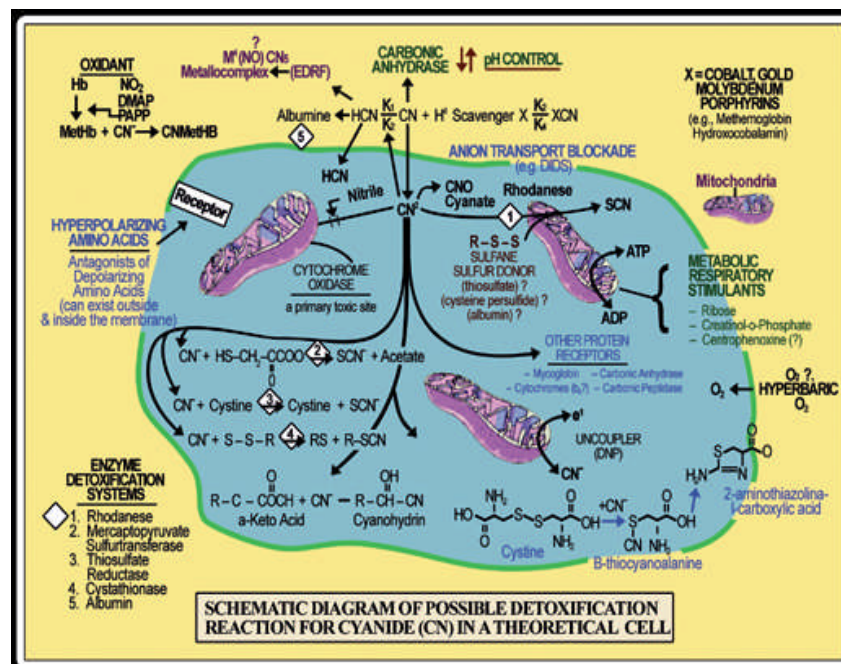
d. Proses Biokimia

Walaupun sianida dapat mengikat dan menginaktifkan beberapa enzim, tetapi yang mengakibatkan timbulnya kematian atau timbulnya histotoxic anoxia adalah karena sianida mengikat bagian aktif dari enzim sitokrom oksidase sehingga akan mengakibatkan terhentinya metabolisme sel secara aerobik. Sebagai akibatnya hanya dalam waktu beberapa menit akan

mengganggu transmisi neuronal. Sianida dapat di buang melalui beberapa proses tertentu sebelum sianida berhasil masuk kedalam sel. Proses yang paling berperan disini adalah pembentukan dari cyanomethemoglobin (CNMetHb), sebagai hasil dari reaksi antara ion sianida (CN⁻) dan MetHb.

Selain itu juga, sianida dapat dibuang dengan adanya:

- Ikatan dengan endothelial-derived relaxing factor (EDRF) dalam hal ini adalah asam nitrit.
- Bahan-bahan metal seperti emas, molibdenum atau komponen organik seperti hidrokobalamin sangat efektif mengeliminasi sianida dari dalam sel.
- Terakhir kali, albumin dapat merangsang kerja enzim dan menggunakan sulfur untuk mengikat sianida.



Gambar 1. Reaksi detoksifikasi sianida

Sumber: Baskin SI, Brewer TG. *Cyanide Poisoning*. Chapter. *Pharmacology Division*. Army Medical Research Institute of Chemical Defense, Aberdeen Proving Ground, Maryland. USA. Available from: www.bordeninstitute.army.mil/cwbw/Ch10.pdf. Access on: 15 March 2013

Sianida dapat dengan mudah menembus dinding sel. Oleh karena itu pihak militer sering menggunakan racun sianida walaupun secara inhalasi, memakan atau menelan garam sianida atau senyawa sianogenik lainnya. Karena sianida ini sebenarnya telah ada di alam walaupun dalam dosis yang rendah, maka tidak heran jika kebanyakan hewan mempunyai jalur biokimia intrinsik tersendiri untuk mendetoksifikasi ion sianida ini. Jalur terpenting dari pengeluaran sianida ini adalah dari pembentukan tiosianat (SCN⁻) yang diekresikan melalui urin. Tiosianat ini dibentuk secara

langsung sebagai hasil katalisis dari enzim rhodanese dan secara tidak langsung sebagai reaksi spontan antara sianida dan sulfur persulfida.

9. Sianida (CN) Dalam Rantai Makanan

Sianida (CN) merupakan senyawa kimia carbon-nitrogen yang terdiri dari sianida sederhana dan sianida kompleks. Beberapa sianida sederhana yang larut dalam air seperti natrium sianida (NaCN), potasium sianida (KAg(CN)₂) dan kalsium sianida (KCN), sedangkan yang memiliki tingkat kelarutan rendah dalam air yaitu kopper sianida (CuCN). Menurut EPA (1978a), ada beberapa sianida yang berbentuk gas yang larut dalam air dan sangat beracun antara lain hidrogen sianida (HCN), sianogen (CN)₂ dan klorida sianogen (CNCl). Sianida kompleks membentuk banyak ikatan dengan logam yang sangat beracun bagi lingkungan. Sianida banyak digunakan dalam industri baja, industri kimia dan dalam pertambangan (Curry, 1992). Dalam pertambangan, CN digunakan untuk ekstraksi biji emas dan perak dari batuan yang dikenal dengan nama *cyanida heap leaching*. Pada kalangan nelayan, CN dikenal sebagai potas dalam pemboman ikan.

Pada bulan Januari 2000, ditambang emas Baia Mare Romania, bendungan tailingnya runtuh dan melepaskan lebih dari 100 ribu ton limbah mengandung CN 17 dan logam berat menuju sungai Tisza. Bahan beracun tersebut mengalir menuju Danube, dan membunuh 1.240 ton ikan serta mencemari air minum 2,5 juta orang. Bahkan kabarnya, pencemaran ini meluas ke negara tetangga Hungaria. Penduduk dan pemerintah

Romania harus menanggung bencana. Pada 9 Agustus 2000, Senat Cekoslovakia secara resmi melarang penambangan yang menggunakan sianida (*cyanide heap leaching technology*) melalui penetapan undang-undang. Bahkan, banyak pakar negara itu menilai implementasi UU tersebut merupakan akhir dari pertambangan emas di negara tersebut (Czechs Ban, Cyanide Mining 2000 *diacu dalam* Silvanus Maxwel, 2010).

Sianida yang terdapat di perairan terutama yang berasal dari limbah industri, misalnya industri pelapisan logam, industri besi baja dan pertambangan emas. Kadar sianida yang digunakan dalam pertambangan emas dan perak dapat mencapai 250 mg/liter (EPA, 1987). Dari studi AMDAL, ternyata P.T. NHM, menggunakan beberapa jenis sianida dalam mengekstraksi emas dan perak dari batuan antara lain: natrium sianida (NaCN) serta beberapa sianida kompleks yang sangat berbahaya bagi lingkungan dan makhluk hidup lainnya. Pelindungan biji emas dilakukan dengan penggunaan sianida berkonsentrasi relatif tinggi yaitu mencapai 1200 ppm NaCN untuk memisahkan emas dan perak dari batuan dengan berbagai proses dan kemudian sebelum limbahnya dibuang ke Sungai Kobok dilakukan proses detoksifikasi (Amdal PT.NHM, 2006).

Belum banyak penelitian yang mengkaji tentang peningkatan CN di perairan, dan masih sedikit yang dipahami tentang dampak potensial dari CN tersebut terhadap biota di perairan (ACGIH, 2001), sehingga informasi jalur masuknya CN ke dalam rantai makanan di perairan laut belum tersedia dengan baik. Menurut EPA (1978b), beberapa sianida dalam air

akan berubah menjadi senyawa yang sangat beracun jika sianida tersebut terakumulasi dalam tubuh tumbuhan maupun zooplanton. Waktu paruh sianida dalam perairan belum diketahui dengan pasti. Sianida akan lebih cepat masuk ke dalam tubuh melalui pernapasan dan makanan jika dibandingkan dengan melalui kulit dan dapat dideteksi dengan sangat cepat di dalam paru-paru dan darah.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Silvanus.M Simange menunjukkan bahwa kandungan merkuri (Hg) dan sianida (CN) pada air laut disekitar Teluk Kao masih dibawah ambang batas (Hg 0,0002 ppm, dan CN 0,001 ppm). dibandingkan dengan baku mutu air golongan C sesuai Kep-20/MENKLH/I/1990. Kandungan merkuri (Hg) pada organ hati ke 4 jenis ikan tersebut lebih tinggi (0,13 – 0,51 ppm) dibandingkan pada dagingnya (0,02 – 0,19 ppm). Hati ikan yang paling tinggi kandungan merkurnya adalah ikan Biji nangka (0,45 – 0,51). Kandungan sianida (CN) pada organ hati juga lebih tinggi (6,0 – 18 ppm) dibanding pada daging (4,2 – 9,7 ppm). Mengacu pada standar asupan merkuri pada tubuh manusia yang telah ditetapkan oleh WHO dalam Darmono (2008) sebesar 0,5 ppm, maka ikan Kakap merah, ikan Belanak, ikan biji nangka dan udang aman untuk di konsumsi.

10. Toksisitas Sianida (CN)

d. Farmakokinetik dan Farmakodinamik

Seseorang dapat terkontaminasi melalui makanan, rokok dan sumber lainnya. Makan dan minum dari makanan yang

mengandung sianida dapat mengganggu kesehatan. Setelah terpapar, sianida langsung masuk ke dalam pembuluh darah. Jika sianida yang masuk ke dalam tubuh masih dalam jumlah yang kecil maka sianida akan diubah menjadi tiosianat yang lebih aman dan diekskresikan melalui urin. Selain itu, sianida akan berikatan dengan vitamin B12. Tetapi bila jumlah sianida yang masuk ke dalam tubuh dalam dosis yang besar, tubuh tidak akan mampu untuk mengubah sianida menjadi tiosianat maupun mengikatnya dengan vitamin B12.

Jumlah distribusi dari sianida berubah-ubah sesuai dengan kadar zat kimia lainnya di dalam darah. Pada percobaan terhadap gas HCN pada tikus didapatkan kadar sianida tertinggi adalah pada paru yang diikuti oleh hati kemudian otak. Sebaliknya, bila sianida masuk melalui sistem pencernaan maka kadar tertinggi adalah di hati. Sianida juga mengakibatkan banyak efek pada sistem kardiovaskuler, termasuk peningkatan resistensi vaskuler dan tekanan darah di dalam otak. Penelitian pada tikus membuktikan bahwa garam sianida dapat mengakibatkan kematian atau juga penyembuhan total. Selain itu, pada sianida dalam bentuk inhalasi baru menimbulkan efek dalam jangka waktu delapan hari. Bila timbul squeue sebagai akibat keracunan sianida maka akan mengakibatkan perubahan pada otak dan hipoksia otak dan kematian dapat timbul dalam jangka waktu satu tahun.

e. Toksisitas

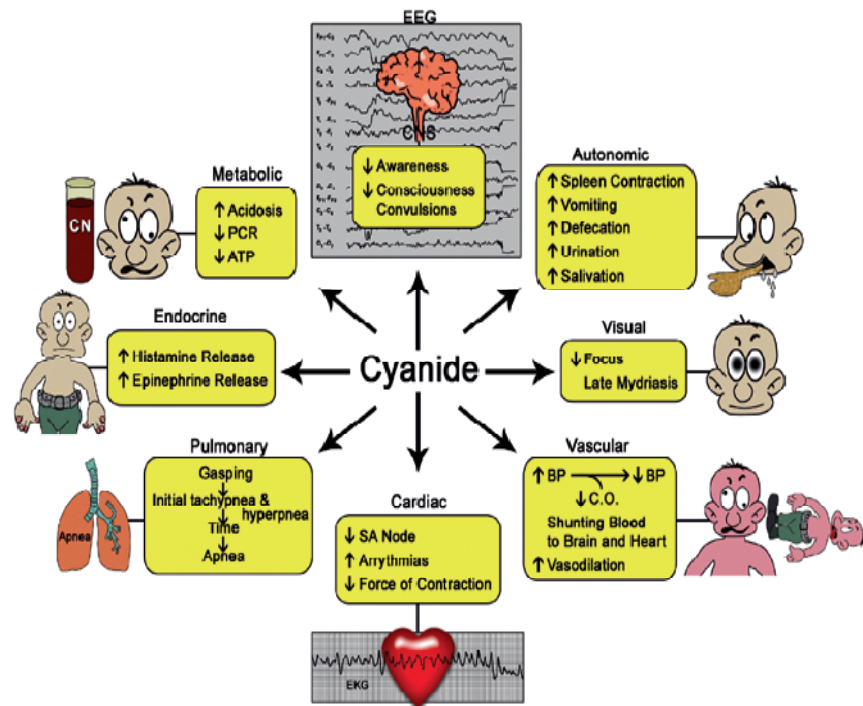
Tingkat toksisitas dari sianida bermacam-macam. Dosis letal dari sianida adalah:

- Asam hidrosianik sekitar 2,500–5,000 mg•min/m³
- Sianogen klorida sekitar 11,000 mg•min/m³.
- Perkiraan dosis intravena 1.0 mg/kg,
- Perkiraan dalam bentuk cairan yang mengiritasi kulit 100 mg/kg.

f. Gejala Klinis

Efek utama dari racun sianida adalah timbulnya hipoksia jaringan yang timbul secara progresif. Gejala dan tanda fisik yang ditemukan sangat tergantung dari:

- Dosis sianida
- Banyaknya paparan
- Jenis paparan
- Tipe komponen dari sianida



Gambar 2. Efek yang ditimbulkan oleh sianida pada beberapa organ tubuh.

Sumber: Baskin SI, Brewer TG. *Cyanide Poisoning*. Chapter. *Pharmacology Division*. Army Medical Research Institute of Chemical Defense, Aberdeen Proving Ground, Maryland. USA. Available from: www.bordeninstitute.army.mil/cwbw/Ch10.pdf. Access on: 15 March 2013.

Sianida dapat menimbulkan banyak gejala pada tubuh, termasuk pada tekanan darah, penglihatan, paru, saraf pusat, jantung, sistem endokrin, sistem otonom dan sistem metabolisme. Biasanya penderita akan mengeluh timbul rasa pedih dimata karena iritasi dan kesulitan bernafas karena mengiritasi mukosa saluran pernafasan. Gas sianida sangat berbahaya apabila terpapar dalam konsentrasi tinggi. Hanya dalam jangka waktu 15 detik tubuh akan merespon dengan hiperpnea, 15 detik setelah itu seseorang akan kehilangan kesadarannya. 3 menit kemudian

akan mengalami apnea yang dalam jangka waktu 5-8 menit akan mengakibatkan aktifitas otot jantung terhambat karena hipoksia dan berakhir dengan kematian.

Dalam konsentrasi rendah, efek dari sianida baru muncul sekitar 15-30 menit kemudian, sehingga masih bisa diselamatkan dengan pemberian antidotum.

Tanda awal dari keracunan sianida adalah:

- Hiperpnea sementara,
- Nyeri kepala,
- Dispnea
- Kecemasan
- Perubahan perilaku seperti agitasi dan gelisah
- Berkeringat banyak, warna kulit kemerahan, tubuh terasa lemah dan vertigo juga dapat muncul.

Tanda akhir sebagai ciri adanya penekanan terhadap CNS adalah koma dan dilatasi pupil, tremor, aritmia, kejang-kejang, koma penekanan pada pusat pernafasan, gagal nafas sampai henti jantung, tetapi gejala ini tidak spesifik bagi mereka yang keracunan sianida sehingga menyulitkan penyelidikan apabila penderita tidak mempunyai riwayat terpapar sianida.

Karena efek racun dari sianida adalah memblok pengambilan dan penggunaan dari oksigen, maka akan didapatkan rendahnya kadar oksigen dalam jaringan. Pada pemeriksaan funduskopi akan terlihat warna merah terang pada arteri dan vena retina karena rendahnya penghantaran

oksigen untuk jaringan. Peningkatan kadar oksigen pada pembuluh darah vena akan mengakibatkan timbulnya warna kulit seperti “cherry-red”, tetapi tanda ini tidak selalu ada.

G. Tinjauan Umum Tentang Pengolahan Emas

1. Pengolahan Emas

c. Sejarah Emas

Awal dari ditemukan tambang emas ini berawal dari geologis Belanda Jean-Jacquez Dozy yang mengunjungi Indonesia pada tahun 1936 untuk menskala glasier Pegunungan Jayawijaya di provinsi Irian Jaya di Papua Barat. Dia membuat catatan di atas batu hitam yang aneh dengan warna kehijauan. Pada 1939, dia mengisi catatan tentang Ertzberg (bahasa Belanda untuk “gunung ore”). Namun, peristiwa Perang Dunia II menyebabkan laporan tersebut tidak diperhatikan.

Dua puluh tahun kemudian, geologis Forbes Wilson, bekerja untuk perusahaan pertambangan Freeport, membaca laporan tersebut. Dia dalam tugas mencari cadangan nikel, tetapi kemudian melupakan hal tersebut setelah dia membaca laporan tersebut. Dia memutuskan untuk menyiapkan perjalanan untuk memeriksa Ertzberg. Ekspedisi yang dipimpin oleh Forbes Wilson dan Del Flint, menemukan deposit tembaga yang besar di Ertzberg pada 1960.

Emas adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Au (bahasa Latin: 'aurum') dan nomor atom 79. Sebuah