ANALISIS RISIKO KESEHATAN PAJANAN MERKURI (Hg) DAN SIANIDA (CN) PADA MASYARAKAT DESA KAYELI KECAMATAN TELUK KAYELI KABUPATEN BURU

HEALTH RISK ANALYSIS OF EXPOSURE TO MERCURY (Hg) AND CYANIDE (CN) IN KAYELI VILLAGE COMMUNITIES TELUK KAYELI DISTRICT BURU REGENCY

EZRA LIMBONG

Optimization Software:
www.balesio.com

PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2019

ANALISIS RISIKO KESEHATAN PAJANAN MERKURI (Hg) DAN SIANIDA (CN) PADA MASYARAKAT DESA KAYELI KECAMATAN TELUK KAYELI KABUPATEN BURU

Tesis
Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi
Ilmu Kesehatan Masyarakat

Disusun dan Diajukan Oleh

EZRA LIMBONG

Kepada

SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASAR
2019

Optimization Software:
www.balesio.com

TESIS

ANALISIS RISIKO KESEHATAN PAJANAN MERKURI (Hg) DAN SIANIDA (CN) PADA MASYARAKAT DESA KAYELI KECAMATAN TELUK KAYELI KABUPATEN BURU

Disusun dan diajukan oleh :

EZRA LIMBONG
Nomor Pokok : K012171082

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
pada tanggal 10 Mei 2019

MENYETUJUI

KOMISI PENASIHAT

Anwar, SKM., M.Sc, Ph.D	**dr. M. Furqaan Naiem, M.Sc, Ph.D**
Ketua	**Anggota**

Ketua Program Studi	Dekan
Kesehatan Masyarakat	Fakultas Kesehatan Masyarakat
Dr. Ridwan M.Thaha, M.Sc	**Dr. Aminuddin Syam,SKM.,M.Kes.,M.Med.Ed**

Scanned with CamScanner

Optimization Software:
www.balesio.com

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ezra Limbong

NIM : K012171082

Program Studi : Kesehatan Masyarakat/Kesehatan Lingkungan

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

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya, agar dimanfaatkan sebagaimana mestinya.

Makassar, Juni 2019

Ezra Limbong

Optimization Software:
www.balesio.com

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dimampukan dalam penyelesaian Proposal Tesis ini dengan judul " Analisis Risiko Kesehatan Akibat Pajanan Merkuri (Hg) dan Sianida (CN) Pada Masyarakat Desa Kayeli Kecamatan Teluk Kayeli Kabupaten Buru". Tesis ini, merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Program Pascasaraja Ilmu Kesehatan Masyarakat Konsentrasi Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.

Gagasan yang melatarbelakangi pemilihan judul ini datang dari keprihatinan penulis terhadap risiko akibat pencemaran limbah merkuri (Hg) dan sianida (CN) dari aktivitas penambangan emas tanpa ijin (PETI) di Gunung Botak Kabupaten Buru yang sudang berlangsung sejak tahun 2011. Limbah tersebut tidak hanya mencemari sungai namun juga dapat sumber-sumber air, ikan dan biota lainnya, tanah serta tanaman. Hal ini sangat mungkin terjadi, mengingat wilayah Kabupaten Buru di kenal sebagai lumbung padi di Provinsi Maluku.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang tak terhingga penulis sampaikan kepada istriku **Firdha Marabintang** dan anak-anakku **Inggar Mahawira, Framaezlio Deswan Almendo, Arya Sempana dan Yizrel** **h Marchello** terima kasih atas segala pengorbanan, support dan selama penulis menempuh pendidikan di Pascasarjana tas Hasanuddin.

Optimization Software:
www.balesio.com

Proses penulisan proposal tesis ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dukungan dan doa dari berbagai pihak. Pada kesempatan imi, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus dan tak terhingga kepada Bapak **Anwar Mallongi, SKM., M.Sc., Ph.D** sebagai Ketua Komisi Penasihat dan Bapak **dr. M. Furqaan Naiem, M.Sc., Ph.D** sebagai Anggota Komisi Penasihat untuk segala bantuan, bimbingan dan arahan yang diberikan selama ini. Terima ksih juga penulis sampaikan kepada **Prof. dr. Rafael Djajakusli, MOH, dr. Hasanuddin Ishak, M.Sc., Ph.D** dan **Dr. Hasnawati Amqam, SKM, M.Sc** sebagai penguji untuk saran dan masukan dalam perbaikan proposal tesis ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Aminuddin Syam, SKM, M.Kes., M.Med.Ed., selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin
2. Dr. Ridwan Thaha, M.Sc selaku Ketua Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat beserta seluruh staf pengelola di Program Pasca Sarjana dan Fakultas Kesehatan Masyarakat yang telah banyak membantu selama mengikuti pendidikan
3. Para Dosen Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin, khususnya dosen bagian kesehatan lingkungan yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan selama penulis menempuh pendidikan
4. Kepala Kantor Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL) PP Ambon para pejabat struktural serta seluruh staf yang telah mengijinkan

Optimization Software:
www.balesio.com

dan memberikan motivasi untuk melanjutkan pendidikan pada Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin.

5. Kepala Desa Kayeli beserta staf pemerintah Desa yang telah mengijinkan dan membantu penulis selama penelitian.
6. Kepala Puskesmas Kayeli beserta staf Puskesmas yang telah banyak membantu selama penelitian.
7. Rekan-rekan mahasiswa Pascasarjana konsentrasi Kesehatan Lingkungan Angkatan 2017 atas segala bantuan dan dukungannya selama ini.

Akhirnya kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan, terima kasih atas doa, dukungan dan suportnya. Mohon maaf untuk segala kesalahan dan kekhilafan yang penulis lakukan selama proses studi sampai saat ini.

Makasar, Januari 2019

Ezra Limbong

Optimization Software:
www.balesio.com

ABSTRAK

EZRA LIMBONG. Analisis Risiko Kesehatan Pajanan Merkuri (Hg) dan Sianida (CN) Pada Masyarakat Desa Kayeli Kecamatan Teluk Kayeli Kabupaten Buru. (Dibimbing oleh Anwar Mallongi dan Furqaan Naiem).

Analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui tingkat risiko dan target bahaya pajanan merkuri (Hg) dan sianida (CN) terhadap kesehatan masyarakat. Penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat risiko, target bahaya dan manajemen risiko kesehatan akibat pajanan merkuti (Hg) dan sianida (CN) pada air sungai, air sumur dan tanaman pada masyarakat Desa Kayeli Kecamatan Teluk Kayeli Kabupaten Buru.

Penelitian ini menggunakan metode observasional dengan pendekatan analisis risiko kesehatan lingkungan. Sampel yang diambil sebanyak 85 orang yang terpilih berdasarkan kriteria yang ditentukan. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lingkungan, pemeriksaan laboratorium serta kuesioner. Penentuan konsentrasi merkuri (Hg) dan sianida (CN) menggunakan metode *Automatic Absorption spektrophotometric.*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri (Hg) pada air sungai dan air sumur adalah berada dibawah limit deteksi yaitu < 0,005 mg/l serta pada tanaman berkisar antara 0,0076 µg/g – 0,0517 µg/g sedangkan konsentrasi sianida (CN) pada air sungai dan air sumur berada dibawah limit deteksi yaitu < 0,01 mg/l serta pada tanaman juga dibawah limit deteksi yaitu < 0,01 µg/g. Hasil perhitungan tingkat risiko (RQ) terdapat 34 orang responden (40%) memiliki nilai RQ > 1 untuk efek non karsinogen dan untuk efek karsinogen seluruh responden memiliki nilai RQ ≤ 1 sedangkan untuk nilai target bahaya (THQ) efek non karsinogen dan karsinogen 85 orang responden memiliki nilai THQ ≤ 1 atau dengan kategori tidak berisiko. Oleh karena itu, masyarakat diharapkan dapat mempertahankan dan membatasi jumlah frekuensi komsumsi khususnya pada tanaman.

Kata kunci : analisis risiko, merkuri, sianida, air sungai, air sumur, tanaman.

PDF
Optimization Software:
www.balesio.com

ABSTRACT

EZRA LIMBONG. Health Risk Analysis of Exposure to Mercury (Hg) and Cyanide (CN) in Kayeli Village Communities Teluk Kayeli District, Buru Regency (Guided by Anwar Mallongi and Furqaan Naiem).

Environmental health risk analysis (ARKL) is a method that can be used to determine the level of risk and the danger target of exposure to mercury (Hg) and cyanide (CN) to public health. This study aims to analyze the level of risk, target danger and management of health risks due to exposure to mercury (Hg) and cyanide (CN) in river water, well water and plants in the community of Kayeli Village, Teluk Kayeli District, Buru Regency.

This study used an observational method with an environmental health risk analysis approach. The samples taken were 85 people selected based on the specified criteria. Data collection is done through environmental observations, laboratory examinations and questionnaires. Determination of mercury (Hg) and cyanide (CN) concentrations using the Automatic Absorption Spectrophotometric (AAS) method.

The results showed that mercury (Hg) concentrations in river water and well water were below the detection limit which was <0.005 mg/l and in plants ranging from 0.0076 µg/g - 0.0517 µg/g while the cyanide concentration (CN) in river water and well water is below the detection limit which is <0.01 mg/l and in plants also below the detection limit which is <0.01 µg/g. The calculation of risk level (RQ) has 34 respondents (40%) having RQ values> 1 for non-carcinogen effects and for carcinogenic effects all respondents have RQ values ≤ 1 while for hazard target values (THQ) non-carcinogenic effects and carcinogens 85 people respondents have a THQ value nilai 1 or in the non-risk category. Therefore, the community is expected to be able to maintain and limit the amount of consumption frequency, especially in plants.

Keywords: risk analysis, mercury, cyanide, river water, well water, plants.

Optimization Software:
www.balesio.com

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL i

LEMBAR PERSETUJUAN ii

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS iv

PRAKATA v

ABSTRAK viii

ABSTRACT ix

DAFTAR ISI x

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR GAMBAR xii

DAFTAR ISTILAH xiii

DAFTAR LAMPIRAN xiv

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang 1
B. Rumusan Masalah 9
C. Tujuan Penelitian 9
   1. Tujuan Umum 9
   2. Tujuan Khusus 10
D. Manfaat Penelitian 10
E. Ruang Lingkup Penelitian 11

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum Merkuri (Hg) 12
   1. Pengertian Merkuri (Hg) 12
   2. Toksisitas Merkuri Terhadap Kesehatan 18
. Tinjauan Umum Sianida (CN) 21
1. Pengertian Saianida (CN) 21
2. Karakteristik Sianida (CN) 23
3. Toksisitas Sianida (CN) 25

Optimization Software:
www.balesio.com

C. Tinjauan Umum Penambangan Emas Rakyat 29
D. Tinjauan Umum Pencemaran Air 35
E. Tinjauan Umum Pencemaran Sungai 42
F. Tinjauan Umum Pencemaran Tanaman 48
G. Tinjauan Umum Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan 53
1. Pengertian Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan .. 53
2. Tujuan dan Paradigma Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan 56
3. Dasar dan Prosedur Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan 59
4. Metode Analsisi Risiko Kesehatan Lingkungan 61
H. Kerangka Teori 71
I. Kerangka Konsep 73
1. Dasar Pemikiran Variabel 73
2. Bagan Rancangan Penelitian 76
J. Defenisi Operasional 77

BAB III. METODE PENELITIAN

A. Jenis dan Desain Penelitian 79
B. Waktu dan Lokasi Penelitian 79
C. Populasi dan Sampel 79
1. Populasi 79
2. Sampel 80
3. Teknik Sampling 81
D. Pemeriksaan Sampel dan Instrumen Penelitian 82
E. Teknik Pengumpulan Data 82
1. Data Primer 82
2. Data Sekunder 83
F. Teknik Analisis Data 83

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian 84
1. Gambaran Lokasi Penelitian 84
2. Karakteritik Responden 87
3. Hasil Pemeriksaan Konsentrasi Merkuri Pada Air Sumur Bor/Gali 92
4. Hasil Pemeriksaan Konsentrasi Merkuri Pada Air Sungai 93
5. Hasil Pemeriksaan Konsentrasi Merkuri Pada Tanaman 94
6. Analisis Pajanan 94
7. Analisis Risiko 97
8. Manajemen Risiko 104

Optimization Software:
www.balesio.com

B. Pembahasan 111
1. Karakteristik Responden 112
2. Konsentrasi Merkuri (Hg) 114
3. Konsentrasi Sianida (CN) 122
4. Analisis Risiko 124
5. Durasi Pajanan 125
6. Laju Komsumsi 127
7. Risk Quotient (RQ) 128
8. Target Hazard Quotient (THQ) 130
9. Keterbatasan Penelitian 132

BAB V. PENUTUP
A. Kesimpulan 134
B. Saran 135

DAFTAR PUSTAKA 137

Optimization Software:
www.balesio.com

DAFTAR TABEL

		halaman
Tabel 2.1	Tabel Sintesa Yang Relevan Dengan Pencemaran Air Oleh Merkuri (Hg) dan Sianida (CN)	41
Tabel 2.2	Tabel Sintesa Yang Relevan Dengan Pencemaran Sungai Oleh Merkuri (Hg) dan Sianida (CN)	47
Tabel 2.3	Tabel Sintesa Yang Relevan Dengan Pencemaran Tanaman Oleh Merkuri (Hg) dan Sianida (CN)	52
Tabel 2.4	Aspek-Aspek Yang Perlu Diperhatikan Dalam Analisis Pajanan	64
Tabel 2.5	Nilai default Faktor Pajanan	66
Tabel 2.6	Beberapa Nilai Reference Dose (RfD) Agen Risiko	68
Tabel 4.1	Karakteristik Responden Menurut Jenis Kelamin, Kelompok Umur, Tingkat Pendidikan, Jenis Pekerjaan dan Berat Badan	87
Tabel 4.2	Distribusi Keluhan Kesehatan Responden	89
Tabel 4.3	10 Penyakit Terbanyak Di Kabupaten Buru tahun 2014-2016	90
Tabel 4.4	Konsentrasi Merkuri (Hg) dan Sianida (CN) Pada Sampel Air Sumu Bor dan Sumur Gali di Desa Kayeli	92
Tabel 4.5	Konsentrasi Merkuri (Hg) dan Sianida (CN) Pada Sampel Air Sungai Kayeli	93
Tabel 4.6	Konsentrasi Merkuri (Hg) dan Sianida (CN) Pada Tanaman di Desa Kayeli	94
7	Lama Tinggal / Durasi Pajanan Responden	94

Optimization Software:
www.balesio.com

Tabel 4.8	Frekuensi Pajanan Responden	96
Tabel 4.9	Nilai *Intake* Non Karsinogen dan Karsinogen Responden	99
Tabel 4.10	Nilai *Risk Quotient* (RQ) Non Karsinogen dan Karsinogen Responden	99
Tabel 4.11	*Risk Qoutient* (RQ) Kumulatif Merkuri (Hg) Pada Responden	100
Tabel 4.12	Nilai *Target Hazard Quotient* (THQ) Non Karsinogen dan Karsinogen Responden	103
Tabel 4.13	Nilai Intake Realtime 5 Tahun dan 10 tahun Non Karsinogen dan Karsinogen Responden	105
Tabel 4.14	*Risk Quotient* (RQ) Kumulatif Merkuri (Hg) Realtime dan Lifetime Responden	106
Tabel 4.15	Pengurangan Konsentrasi (C) Merkuri (Hg) Sayur Daun Pepaya Pada Responden	107
Tabel 4.16	Pengurangan Konsentrasi (C) Kumulatif Merkuri (Hg) Sayur Daun Pepaya Pada Responden	108
Tabel 4.17	Pengurangan Laju Komsumsi/Asupan (R) Kumulatif Merkuri (Hg) Sayur Daun Pepaya Pada Responden	109
Tabel 4.18	Pengurangan Durasi Pajanan (Dt) Kumulatif Merkuri (Hg) Sayur Daun Pepaya Pada Responden	111

Optimization Software:
www.balesio.com

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1	Hubungan antara Risk Assessment, Risk management dan Risk Communication	55
Gambar 2.2	Langkah-langkah Analisis Risiko	58
Gambar 2.3	Paradigma Analisis Risiko	59
Gambar 2.4	Ilustrasi Logika Pengambilan Keputusan Untuk Mnentukan Tipe yang Dapat di lakukan dalam mempelajari efek lingkungan terhadap kesehatan manusia	60
Gambar 2.5	Kerangka Teori	73
Gambar 2.6	Kerangka Konsep	76
Gambar 2.7	Peta Lokasi Penelitian	87

Optimization Software:
www.balesio.com

DAFTAR GRAFIK

Halaman

Grafik 4.1	10 Penyakit Terbanyak di Puskesmas Kayeli tahun 2018	91
Grafik 4.2	Tingkat Risiko (RQ Responden Akibat Pajanan Merkuri (Hg) Pada Tanaman Sayur Untuk 30 tahun (non karsinogenik) di Desa Kayeli	100
Grafik 4.3	Tingkat Risiko (RQ Responden Akibat Pajanan Merkuri (Hg) Pada Tanaman Sayur Untuk 70 tahun (karsinogenik) di Desa Kayeli	101
Grafik 4.4	Tingkat Risiko (RQ Responden Akibat Pajanan Merkuri (Hg) Pada Tanaman Buah Untuk 30 tahun (non karsinogenik) di Desa Kayeli	103

Optimization Software:
www.balesio.com

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

AAS : Automatic Absorbtion Spectrofotometric

ATSDR : Agency for Toxic Substance and Disease Registry

ARKL : Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

BTKL PP : Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit

BBLR : Berat Bayi Lahir Rendah

CN : Cyanide

DAS : Daerah Aliran Sungai

EPA : Environmental Protection Agency

EHRA : Environmental Helath Risk Assessment

FDA : Food and Drugs Administration

Hg : Hydragyrum

Ha : Hektar

IPCS : International Programme on Chemical Safety

KLH : Kementerian Lingkungan Hidup

LOAEL : Lowest Observed Adverse Effect Level

Mean : Nilai Rata-rata

Median : Nilai Tengah

NRC : National Research Council

: National Exsposure Assesment

: No Observed Adverse Effect Level

: Power of Hydrogen

Optimization Software:
www.balesio.com

PT	: Perusahaan Terbatas
PESK	: Penambang Emas Skala Kecil
PETI	: Penambangan Emas Tanpa Izin
PDRB	: Produk Domestik Regional Bruto
RQ	: Risk Quotient
RfD	: Reference Dose
RfC	: Reference Consentration
SSP	: Sistem Saraf Pusat
SNI	: Satndar nasional Indonesia
THQ	: Total Hazard Quotient
WHO	: Word Health Organisation
µg	: mikrogram
l	: liter
%	: Persentasee
≥	: Lebih dari
≤	: Kurang dari
ºC	: Derajat Celsius
n	: Jumlah
mg/kg	: miligram/kilogram
min	: Minimum
max	: maximum

Optimization Software:
www.balesio.com

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Kuesioner Penelitian
Lampiran 2	Output SPSS
Lampiran 3	Dokumentasi Kegiatan
Lampiran 4	Master Tabel Analisi Risiko Kesehatan Akibat Pajanan Merkuri Pada Masyarakat Desa Kayeli
Lampiran 5	Tabel Perhitungan Intake dan Risk Quotient (RQ) Untuk Efek Non Karsinogen dan Karsinogen Sayur Daun Pepaya Akibat Paparan Merkuri (Hg) Pada Masyarakat Desa Kayeli
Lampiran 6	Tabel Perhitungan Risiko Target Hazard Quotient (THQ) Untuk Efek Non Karsinogen dan Karsinogen Sayur Daun Pepaya Akibat Paparan Merkuri (Hg) Pada Masyarakat Desa Kayeli
Lampiran 7	Tabel Manajemen Risiko Pengurangan Konsentrasi (C) Untuk Efek Non Karsinogen dan Karsinogen Sayur Daun Pepaya Akibat Paparan Merkuri Pada Masyarakat Desa Kayeli
Lampiran 8	Tabel Manajemen Risiko Pengurangan Laju Komsumsi (R) Untuk Efek Non Karsinogen Sayur Daun Pepaya Akibat paparan Merkuri Pada Masyarakat Desa Kayeli
Lampiran 9	Tabel Manajemen Risiko Pengurangan Durasi Pajanan (Dt) Untuk Efek Non Karsinogen Sayur Daun Pepaya Akibat Paparan Merkuri Pada Masyarakat Desa Kayeli
Lampiran 10	Tabel Perhitungan Intake dan Risk Quotient (RQ) Realtime 5 Tahun dan 10 tahun Untuk Efek Non Karsinogen Sayur Daun Pepaya Akibat Paparan Merkuri Pada Masyarakat Desa Kayeli
Lampiran 11	Surat Permohonan Izin Penelitian
Lampiran 12	Surat Permohonan Tenaga Sampling dan Pemeriksaan Sampel

Optimization Software:
www.balesio.com

Lampiran 13 Surat Rekomendasi Penelitian dari Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Kabupaten Buru

Lampiran 14 Laporan Hasil Uji Sampel

Lampiran 15 Curiculum Vitae

Optimization Software:
www.balesio.com

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pencemaran lingkungan selalu menjadi masalah besar bagi masyarakat dunia karena menimbulkan dampak negatif bagi kehidupan mahluk hidup dalam ekosistem. Sebagai salah satu sektor industri dalam tatanan ekonomi global, industri pertambangan memiliki posisi dominan dalam pembangunan sosial ekonomi negara maju dan berkembang. Pertambangan sendiri merupakan salah satu sektor pembangunan yang sangat penting dan memiliki posisi dominan dalam pembangunan sosial ekonomi suatu negara sehingga pengembangannya secara berkelanjutan perlu dilakukan karena berhubungan erat dengan pendapatan nasional dan daerah serta memberikan manfaat bagi masyarakat di sekitar tambang. Salah satu sumber daya mineral tambang yang memiliki potensi besar adalah emas.

Aktivitas penambangan emas pada dasarnya memiliki resiko menyebabkan kerusakan lingkungan yang sangat mungkin terjadi yaitu terjadinya erosi dan perubahan bentuk permukaan tanah. Hingga saat ini belum ada metoda yang lebih efektif dan ekonomis untuk pemisahan emas dari dalam batuan selain menggunakan merkuri atau sianida. Tangkuman (2008), penggunaan merkuri dalam mengestrak nya sekitar 40% sedangkan dengan menggunakan sianida diatas

Optimization Software:
www.balesio.com

90%. Berbeda dengan penggunaan boraks hanya dapat menurunkan titik lebur emas dan hanya akan efektif jika batu mengandung kadar emas yang relatif tinggi sedangkan emas yang dihasilkan juga akan mengandung pengotor yang terperangkap dalam leburan emas. Demikian pula penggunakan khlorin, lebih banyak dalam skala laboratorium dan larutan emas harus dipisahkan lagi secara elektrolisis sehingga menambah biaya operasional.

Menurut Soprima, dkk (2015), penggunaan merkuri pada aktivitas pertambangan emas rakyat diestimasi sekitar 1400 ton/tahun pada 850 titik di Indonesia dengan jumlah emas yang dihasilkan hanya sebesar 12-15% dari emas dunia. Penggunaan merkuri pada pemilahan emas tersebut menghasilkan 25-30% akan terbuang ke lingkungan. Demikian pula halnya dengan penggunaan sianida pada tambang di Amerika Serikat dalam proses leaching 5000 ton bijih emas yang menggunakan 125 ton sianida yang kemudian akan terbuang ke lingkungan (Anonymous, 1999 dalam Polii, 2002). Lebih dari 90% merkuri yang terdapat di permukaan air berasal dari polusi merkuri di atmosfir (Leopold et al., 2010).

Tingginya persentase perolehan emas dengan menggunakan sianida menyebabkan banyaknya penambang beralih dari menggunakan merkuri ke sianida termasuk dalam mengolah material sisa penambangan emas merkuri yang memberikan hasil yang memuaskan (Muntasir, Di lingkungan penambangan emas, sianida (CN) termasuk

Optimization Software:
www.balesio.com

pencemar penting karena digunakan sebagai bahan utama dalam proses pengolahan emas, sehingga limbah yang terbuang banyak mengandung CN dan dapat menyebar ke lingkungan melalui air dan mahluk hidup di dalamnya.

Toksisitas merkuri pada umumnya secara akut dapat menyebabkan terjadinya kerusakan saluran pencernaan, gangguan kardiovaskuler, gagal ginjal akut maupun shock (Sudarmaji, Mukono, Corie, 2006), dan keracunan kronis berupa gangguan system pencernaan dan system syaraf berupa tremor, gangguan lensa mata serta anemia ringan (Widowati, 2008). Menurut ATSDR (2006), keracunan sianida tergantung pada jumlah paparan dan cara masuk ke dalam tubuh, melalui pernapasan atau pencernaan. Racun ini menghambat sel tubuh mendapatkan oksigen sehingga yang paling terpengaruh adalah jantung dan otak. Paparan dalam jumlah kecil mengakibatkan napas cepat, gelisah, pusing, lemah, sakit kepala, mual dan muntah serta detak jantung meningkat. Paparan dalam jumlah besar menyebabkan kejang, tekanan darah rendah, detak jantung melambat, kehilangan kesadaran, gangguan paru serta gagal napas hingga korban meninggal.

Menurut WHO, saat ini lebih dari 1,2 miliar penduduk dunia tidak memiliki akses air bersih dan 2,4 miliar penduduk dunia tidak memiliki fasilitas sanitasi dasar yang memadai (Warlina, 2010 dalam Novitasari, Penggunaan air yang tidak aman, sanitasi yang tidak aman dan ya kebersihan juga tetap menjadi penyebab penting kematian,

Optimization Software:
www.balesio.com

dengan perkiraan 871.000 terkait kematian terjadi pada tahun 2012 dan diperkirakan 108.000 kematian disebabkan oleh keracunan yang tidak disengaja pada tahun 2015 yang bersumber dari pestisida, minyak tanah, bahan kimia rumah tangga dan karbon monoksida adalah penyebab umum dari keracunan tersebut di negara-negara berpenghasilan tinggi (WHO, 2017)

Upaya penanggulangan bahaya pencemaran yang diakibatkan oleh merkuri telah banyak dilakukan. Hal tersebut di dasarkan pada asumsi bahwa baik tanaman maupun bakteri merupakan agens biologi penting yang dapat digunakan baik untuk bioremediasi maupun fitoremediasi sedangkan untuk pencemaran sianida dengan menggunakan teknik *constructed wet land* secara aerobik maupun anaerobik (Muntasir, 2015).

Pencemaran merkuri, dalam beberapa kasus keracunan pada manusia dan lingkungan selalu menjadi perhatian utama akibat toksistasnya. Tragedi kasus minamata di Jepang pada tahun 1955-1960. Kandungan merkuri pada ikan disekitar teluk Minamata sebesar 9-24 ppm (Boediono, 2003). Pencemaran merkuri akibat penambangan emas tanpa izin (PETI) dilaporkan terjadi di Filipina dengan konsentrasi air sungai sebesar 2906 µg/l dan pada sedimen sungai sebesar > 20 mg/kg (Appleton, 1999 dalam Salatutin, 2015) dan di Italia dengan konsentrasi pada air sungai Isonzo sebesar 52,4 µg/l dan 0,82-5,69 mg/g pada (Covelli, 2009 dalam Salatutin, 2015),

Optimization Software:
www.balesio.com

Menurut Gasong (2017), Indonesia telah memasuki darurat merkuri sebagai akibat semakin meningkatnya pencemaran merkuri di berbagai wilayah. Jumlah penambang yang diperkirakan mencapai 2 juta orang di lebih dari 800 titik PESK yang menghasilkan 100 ton emas setiap tahunnya. Emisi yang dihasilkan dari aktivitas tersebut memberikan kontribusi sebesar 57,5% dari total emisi merkuri nasional. Di Sekotong Nusa Tenggara Barat, emisi merkuri di lingkungan mencapai 27,4 ton/tahun dimana kandungan merkuri dalam beras ditemukan sebesar 115 ppm, dalam rambut dan urin masing-masing sebesar 50 dan 70 ppm sedangkan di Poboya Sulawesi Tengah emisi merkuri mencapai 73 – 182,5 ton/tahun. Temuan beberapa penelitian menunjukkan bahwa dampak pembuangan tailling di Teluk Buyat oleh PT. Newmont Minahasa Raya (NMR) dimana puncak konsentrasi tertinggi merkuri (Hg) pada sedimen di Teluk Buyat mencapai 10,60 ppm dan 5,80 ppm serta dalam darah empat warga buyat mencapai 8 µg/l. (Widowati, Sastiono, Rumampuk, 2008).

Menjamurnya penambangan emas skala kecil (PESK) di berbagai wilayah di indonesia telah menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Air sebagai komponen lingkungan hidup akan mempengaruhi dan dipengaruhi oleh komponen lainnya. Air dengan kualitas buruk akan mempengaruhi kondisi lingkungan yang pada gilirannya juga akan ngaruhi kesehatan dan keselamatan manusia serta kehidupan hidup lainnya. Penelitian yang dilakukan oleh Polii (2002) pada

Optimization Software:
www.balesio.com

DAS Buyat berkisar antara 0,00032 mg/l – 0,00049 mg/ dan Teluk Buyat berkisar antara 0,00021 mg/l – 0,001295 mg/l untuk merkuri sedangkan konsentrasi sianida pada DAS Buyat berkisar 0,004 mg/l – 0,029 mg/l dan pada Teluk Buyat berkisar 0,088 mg/l – 0,144 mg/l. Sofia (2016), menemukan bahwa kualitas air sumur gali pada wilayah Krueng Sabee Provinsi Aceh telah terkontaminasi oleh limbah merkuri berkisar 0,345 µg/l hingga 0,777 µg/l. Oleh karena itu sebagai bagian dari keamanan dalam bidang kesehatan terhadap komsumsi air bersih diperlukan analisis kualitas air untuk mengetahui tingkat kelayakan komsumsi dan analisis kebutuhan komsumsi air bagi penduduk dengan debit maksimum yang dapat dikomsumsi.

Menurut data Dinas Kesehatan Kabupaten Buru dalam profil Kesehatan Tahun 2014 – 2016, sumber air bersih dan air minum masyarakat lebih banyak bersumber dari sumur gali dan sumur bor di 10 Kecamatan. Untuk Kecamatan Teluk Kayeli yang terdiri dari lima Desa juga menggunakan sumur gali dan sumur bor sebagai sumber air minum. Data kasus BBLR Kabupaten Buru Tahun 2016 tercatat 27 kasus, kasus gizi buruk tercatat sebanyak 5 kasus dimana 1 kasus diantaranya ditemukan pada Puskesmas Kayeli, Kasus Stunting tercatat 4,2% dan 2,7% diantaranya ditemukan pada Puskesmas Kayeli.

Aktivitas penambangan emas rakyat di Gunung Botak Kabupaten rovinsi Maluku telah berlangsung sejak tahun 2011 hingga g dengan luas areal penambangan seluas 250 hektar dengan

Optimization Software:
www.balesio.com

menggunakan merkuri dan sianida dalam proses pengolahannya. Dalam periode 2011-2016 jumlah emas yang dihasilkan dari usaha penambangan tersebut mencapai 200 ton emas yang jika dibandingkan dengan produksi PT. Freeport Indonesia pada periode yang sama menunjukkan angka yang hampir sama dimana produksi PT Freeport mencapai 208,15 ton dengan luas areal penambangan hanya 90.000 hektar. Pada tahun 2013, tercatat nilai eksternalitas dari pertambangan emas rakyat di Gunung Botak mencapai Rp. 131.187.700.000 yang diasumsikan sebagai kerugian pemerintah akibat penambangan emas rakyat melaui nilai transaksi (Tuaputty, 2014).

Kajian yang dilakukan oleh Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL) Ambon pada tahun 2012 dengan melakukan pengujian 8 sampel air badan air menunjukkan bahwa konsentrasi merkury berkisar antara 0,0049 – 0,0529 mg/l, dengan konsentrasi tertinggi pada sungai Waeapo yaitu sebesar 0,0529 mg/l sedangkan hasil penelitian Salatutin (2015) di DAS Waeapo menyimpulkan konsentrasi merkuri telah terdistribusi dengan konsentrasi pada sedimen di hulu sungai mencapai 0,102 mg/l dan pada bagian hilir sebesar 0,031 mg/l. Penelitian lainnya oleh Male (2013) menemukan bahwa konsentrasi merkuri pada sedimen Sungai Wamsait dan Teluk Kayeli masing-masing sebesar 0,35 dan 7,66 mg/Kg.

Sejalan dengan penelitian tersebut, konsentrasi merkuri pada kerang *losa erosa* di Desa Kayeli Kabupaten Buru rata-rata sebesar 3 mg/kg yang telah melebihi konsentrasi referen yang ditetapkan

Optimization Software:
www.balesio.com

oleh EPA yaitu sebesar 0,042 mg/kg (Lain, 2016). Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Pertiwi (2018) di Teluk Kao Halmahera Utara menemukan kandungan merkuri (Hg) pada kerang polymedosa sp sebesar 1,24 – 3,49 mg/kg dan kandungan sianida sebesar 14,55 – 24,11 mg/kg yang telah melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh WHO yaitu sebesar 0,5 mg/kg untuk merkuri dan 1,5 mg/kg untuk sianida.

Dari beberapa hasil penelitian diatas menunjukkan bahwa adanya Indikasi pencemaran merkuri dan sianida dari aktivitas penambangan emas rakyat di Gunung Botak Kabupaten Buru Provinsi Maluku melalui hasil kajian dan penelitian sebelumnya maka perlu mendapat perhatian serius mengingat toksisitas dan sifat merkuri (Hg) dan sianida (CN) yang akan terakumulasi pada lingkungan dan manusia.

Desa Kayeli yang terletak pada hilir Sungai Kayeli dan berada pada pesisir Teluk Kayeli sangat memungkinkan mengalami degradasi lingkungan akibat limbah merkuri dan sianida yang bersumber dari aktivitas pengolahan emas. Limbah yang dihasilkan dari pengolahan material emas dari mesin tromol di Desa Kayeli oleh masyarakat tidak dibuang ke badan air namun ditampung dalam sebuah wadah dan cenderung dibuang langsung ke tanah disekitar mesin tromol. Hal ini tentunya dapat mencemari tanah yang kemudian akan terserap oleh akar tanaman dan juga dapat mencemari sumber air yang ada.

rdasarkan hal tersebut diatas, peneliti merasa tertarik melakukan n tentang analisis risiko kesehatan lingkungan akibat pajanan

Optimization Software:
www.balesio.com

merkuri dan sianida melalui air sungai, air sumur gali dan tanaman lokal yang dikomsumsi oleh masyarakat Desa Kayeli Kecamatan Teluk Kayeli Kabupaten Buru.

B. Rumusan Masalah

Mencermati dampak negatif yang ditimbulkan oleh aktivitas penambangan emas di Gunung Botak Kabupaten Buru Provinsi Maluku melalui hasil kajian dan penelitian seperti yang telah disebutkan diatas. Kondisi tersebut dapat berpotensi terhadap kerusakan lingkungan dan menimbulkan gangguan kesehatan masyarakat jika penanganannya tidak dilakukan secara sistemik..

Rincian masalah yang dapat dirumuskan berdasarkan uraian latar belakang masalah diatas adalah bagaimana gambaran besarnya tingkat risiko pajanan (RQ), target bahaya (THQ) dan manajemen pengelolaan lingkungan akibat pajanan merkuri dan sianida pada masayarkat Desa Kayeli Kecamatan Teluk Kayeli ?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dibagi atas dua yaitu tujuan umum dan tujuan khusus sebagai berikut :

1. Tujuan Umum

Optimization Software:
www.balesio.com

Menganalisis risiko kesehatan akibat pajanan merkuri (Hg) dan sianida (CN) pada masyarakat Desa Kayeli Kecamatan Teluk Kayeli Kabupaten Buru.

2. Tujuan Khusus

a. Mengetahui konsentrasi merkuri (Hg) dan sianida (CN) pada air sungai, air sumur gali dan tanaman lokal di Desa Kayeli.
b. Menganalisis besaran Risk Quotient (RQ) efek non karsinogen dan karsinogen pajanan merkuri (Hg) dan sianida (CN) pada masyarakat Desa Kayeli.
c. Menganalisis besaran Target Hazard Quotient (THQ) efek non karsinogen dan karsinogen pajanan merkuri (Hg) dan sianida (CN) pada masyarakat Desa Kayeli.
d. Membuat manajemen risiko akibat pajanan merkuri (Hg) dan sianida (CN) pada masyarakat Desa Kayeli.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat ilmiah

Hasil penelitian ini diharapkan sebagai sumber pustaka dalam penelitian ilmu kesehatan masyarakat khususnya dalam analisis risiko kesehatan akibat pajanan merkuri (Hg) dan sianida (CN).

2. Manfaat praktis

l penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu sumber masi bagi instansi terkait dalam menetapkan kebijakan dan

Optimization Software:
www.balesio.com

regulasi dalam pengendalian masalah pencemaran lingkungan yang disebabkan merkuri dan sianida.

E. Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah studi analisis risiko kesehatan lingkungan sebagai salah satu bentuk manajemen pelayanan kesehatan masyarakat dengan melihat pada pengaruh pajanan merkuri dan sianida pada masyarakat Desa Kayeli.

Objek dalam penelitian ini adalah konsentrasi merkuri dan sianida pada air sungai, air sumur gali dan tanaman. Dari perhitungan jumlah *Intake* merkuri dan sianida selanjutnya akan dilakukan analisis risiko (RQ) dan target bahaya (THQ) serta manajemen risiko.

Optimization Software:
www.balesio.com

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Di negara-negara berkembang seperti halnya Indonesia, pencemaran yang diakibatkan oleh logam berat cenderung semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya proses industrialisasi. Polutan logam yang mencemari lingkungan, baik lingkungan udara, air dan tanah dapat berasal dari proses alamiah maupun dari proses aktivitas manusia.

Merkuri (Hg) dan Sianida (CN) merupakan zat kimia yang jika penggunaannya secara berlebihan dan tidak bertanggungjawab dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia dan mahluk hidup lainnya melalui penetrasi kulit (absorpsi kulit/dermal), absorpsi melalui paru-paru (inhalasi) dan absorpsi melalui saluran pencernaan (ingesti) yang berpotensi menimbulkan efek yang berbahaya (toksik) dapat bersifat akut, subkronis dan kronis.

A. Tinjauan Umum Merkuri (Hg)

1. Pengertian Merkuri (Hg)

Merkuri (Hg) berbeda dengan logam biasa, logam berat adalah istilah yang digunakan secara umum untuk kelompok logam berat dan metalloid yang memiliki densitas lebih besar dari 5 g/m3. Dalam iran, logam berat dapat ditemukan dalam bentuk terlarut dan tidak rut. Logam berat bersifat toksik karena tidak dapat dihancurkan

Optimization Software:
www.balesio.com

(nondegradable) oleh mikroorganisme hidup yang ada di lingkungan sehingga kemudian logam berat tersebut akan terakumulasi ke lingkungan, terutama akan mengendap di dasar perairan dan membawa senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik.

Merkuri atau air raksa mempunyai nama kimia *hydrargyrum* (Hg) yang berarti perak cair. Logam ini dihasilkan dari biji sianibar (HgS = Sinabar Ore) dengan kandungan unsur merkuri antara 0,1 – 4%. Logam ini dapat ditemukan dalam bentuk organik maupun anorganik. Menurut Palar (2004), secara umum logam merkuri (Hg) memiliki sifat-sifat :

1. Berwujud cair pada suhu kamar (25ºC) dengan titik beku paling rendah -39ºC.
2. Masih berwujud cair pada suhu 396ºC.
3. Merupakan logam yang paling mudah menguap jika dibanding dengan bentuk logam-logam yang lain.
4. Sangat baik sebagai penghantar daya listrik
5. Dapat melarutkan bermacam-macam logam untuk membentuk Alloy yang disebut juga amalgam.
6. Merupakan unsur yang sangat beracun bagi semua mahluk hidup, baik itu dalam bentuk unsur tunggal (logam) ataupun dalam bentuk persenyawaan.

Hamidah (1980) dalam Budiono (2003) mengatakan bahwa kuri di alam umumnya terdapat sebagai metilmerkuri, yaitu bentuk

Optimization Software:
www.balesio.com

senyawa organik dengan daya racun tinggi dan sukar terurai dibandingkan zat asalnya, sehingga dapat diakumulasi oleh ikan serta biota lainnya dan juga merupakan racun bagi manusia.

Merkuri (Hg) akan mengalami serangkaian reaksi kimia dan transformasi fisik yang kompleks dalam siklusnya di atmosfer, tanah dan air. Transformasi fisik merkuri seperti pencucian, erosi dan penguapan serta mengalami transformasi biokimia seperti metilasi dan reduksi fotokimia. Mobilisasi merkuri terjadi melalui reaksi pertukuran dengan ligan yang mengandung sulfur dan ion klorida yang kemudian mengakibatkan peningkatan kelarutan merkuri di dalam larutan tanah.

Bentuk kimia merkuri mempunyai pengaruh terhadap pengendapannya. Secara umum terdapat tiga bentuk merkuri (Hammond dan Baliles dalam Alfian, 2006) yaitu :

1. Unsur merkuri (logam merkuri/Hg^o)

   Memiliki tekanan uap yang tinggi dan sukar larut dalam air. Pada suhu kamar kelarutannya kira=kira 60 mg/l dalam air dan antara 5-50 mg/l dalam lipida. Karena bersifat larut dalam lemak, bentuk merkuri ini mudah melalui sawah otak dan plasenta. Bentuk logam ini banyak digunakan untuk pemurnian emas dan untuk bahan penambal gigi yang biasanya mengandung merkuri sebesar 50%. Dental amalgam ini merupakan campuran dari merkuri yang campur dengan perak dan tin dengan komposisi 45-50% merkuri,

Optimization Software:
www.balesio.com

25-35% perak, 2-30% tembaga dan 15-30% tin (WHO dalam Inswiari 2008).

2. Senyawa merkuri (Hg) anorganik (Hg^{2+} dan Hg_2^{2+})

Senyawa ini sering diabsorpsi melalui gastrointestinal, paru-paru dan kulit. Senyawa ini terbentuk ketika Hg dikombinasikan dengan elemen seperti chlorine, sulfur atau oksigen dan larut dalam air. Beberapa bentuk penggunaannya sebagai bahan campuran pada krem pemutih, antiseptic atau desinfektan, zat warna pada cat, pewarna pada tattoo, pestisida dan photografi (Inswiasri, 2008). Kontak dengan kulit akibat penggunaan krem yang mengandung merkuri dapat menimbulkan pigmentasi. Pada umumnya sabun mengandung merkuri 3% dan pada krem pemutih sebesar 10%. Adapun bentuk senyawa merkuri anorganik antara lain ; garam merkuros (Hg_2Cl_2) dan garam merkuri ($HgCl_2$) (Alfian, 2006).

3. Senyawa merkuri (Hg) organik

Senyawa ini terbentuk ketika merkuri (Hg) bertemu dengan carbon atau organomerkuri seperti metilmerkuri atau dimetilmerkuri. Senyawa ini ditemukan di lingkungan dalam jumlah kecil namun sangat membahayakan bagi manusia dan hewan. Senyawa merkuri organik dianggap lebih berbahaya karena sifatnya yang dapat larut alam lapisan lemak pada kulit. Bentuk penggunaannya sebagai ahan pengawet biji-bijian, sebagai campuran antifungi pada cat.

Optimization Software:
www.balesio.com

Metilmerkuri dan etilmerkuri keduanya merupakan bentuk alkil ratai pendek yang dijumpai sebagai kontaminan logam di lingkungan, misalnya mengkomsumsi ikan yang tercemar zat tersebut. Adapun bentuk senyawa merkuri organik tersebut antara lain ; senyawa alkil merkuri (dimetilmerkuri dan metilmerkuri), senyawa aril merkuri (C_6H_5HgCl) dan senyawa alkoksianil merkuri (CH_3OCH_2HgCl) (Alfian, 2006).

Menurut Darmono (2001), berdasarkan sifat kimia dan fisik merkuri (Hg), tingkat atau daya racun logam berat terhadap hewan air secara berurutan adalah merkuri (Hg), cadmium (Cd), seng (Zn), timah hitam (Pb), krom (Cr), nikel (Ni) dan cobalt (Co). Pengaruh langsung pollutan (terutama pestisida terhadap ikan biasa dinyatakan sebagai lethal (akut), yaitu akibat-akibat yang timbul pada waktu kurang dari 96 jam dan sublethal (kronis) yaitu akibat-akibat yang timbul pada waktu lebih dari 96 jam (empat hari). Sifat toksis yang lethal dan sublethal dapat menimbulkan efek genetik maupun teratogenik terhadap biota yang bersangkutan. Pengaruh lethal menyebabkan gangguan pada syaraf pusat sehingga ikan tidak dapat bergerak atau bernafas dan akan mati. Pengaruh sublethal terjadi pada organ-organ tubuh yang menyebabkan kerusakan pada hati, mengurangi potensi untuk berkembangbiak dan pertumbuhan liono, 2003).

Optimization Software:
www.balesio.com

Masuknya merkuri ke dalam tubuh organisme hidup, terutama melalui jalur makanan. Jumlah tersebut mungkin telah mengalami pelipatgandaan dari jumlah awal yang masuk (Budiono (2003). Proses metilasi merkuri (Hg) yang menghasilkan metilmerkuri terjadi melalui proses biotik yang terkait dengan bakteri pereduksi sulfat dalam sedimen yang melibatkan antara Hg^{2+} dan metilkobalamin yang dihasilkan oleh bakteri dari family desulfibakteriaceae.

Transfer dan transformasi dapat dilakukan oleh fitoplankton dan bakteri, disebabkan kedua organisme tersebut relatif mendominasi suatu perairan dan juga oleh sea greases. Bakteri dapat merubah merkuri menjadi metilmerkuri. Metilmerkuri yang terdapat dalam sedimen bersifat tidak stabil sehingga mudah dilepaskan ke dalam perairan yang kemudian akan diakumulasi oleh hewan maupun tumbuh-tumbuhan air.

Bioakumulasi merkuri dan metil merkuri dalam organisme sebagai hasil dari interaksi antara faktor-faktor psikologi (pertumbuhan, absopsi dan akumulasi), faktor kimia (konsentrasi) dan faktor lingkungan (suhu dan konsentrasi dalam pakan) (Suseno, Panggabean, 2007). Semua spesies kehidupan dalam air sangat terpengaruh oleh adanya logam yang terlarut dalam air, terutama pada konsentrasi yang melebihi batas normal. Ada beberapa faktor

g mempengaruhi daya toksisitas logam dalam air terhadap mahluk

p di dalamnya (Darmono, 2001) yaitu :

Optimization Software:
www.balesio.com

1. Bentuk ikatan kimia dari logam yang terlarut.
2. Pengaruh merkuri antara logam dan jenis toksikan lainnya.
3. Pengaruh lingkungan seperti suhu, kadar garam, pH dan oksigen terlarut dalam air.
4. Kondisi ikan/biota fase siklus hidup (telur, larva dan dewasa) besarnya ukuran organisme, jenis kelamin dan kecukupan kebutuhan nutrisi.
5. Kemampuan biota untuk menghindar dari pengaruh polusi
6. Kemampuan organisme untuk beraklimatisasi terhadap bahan toksik logam.

2. Toksisitas Merkuri Terhadap Kesehatan

Tubuh manusia mempunyai ketahanan homeostatis untuk mengontrol logam berat. Walaupun demikian, dalam konsentrasi yang berlebihan akan memberikan efek keracunan secara kronis atau akut (Forstner, Wittman dalam Alfian, 2006). Toksisitas dan metabolisme merkuri sangat tergantung pada berbagai faktor, antara lain bentuk senyawa merkuri, jalur pajanan, lamanya paparan serta kandungan unsur lain yang terdapat di dalam makanan. Toksisitas merkuri pada umumnya terjadi karena interaksi merkuri dengan kelompok thiol dari protein. Waktu paruh untuk metilmerkuri adalah 70-90 hari, merkuri anorganik 40 hari dan merkuri bentuk uap 35-90 hari (Widowati, iono, Rumampak, 2008).

Optimization Software:
www.balesio.com

Merkuri (Hg) dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan yang terkontaminasi logam berat merkuri (Hg) yang biasanya dalam bentuk senyawa merkuri (Hg) organik (metilmerkuri), melalui organ pernafasan atau paru-paru (dipengaruhi oleh faktor lingkungan kerja dan biasanya dalam bentuk uap merkuri (Hg) dan juga dapat melalui cara peresapan melalui kulit seperti penggunaan kosmetik krim pemutih. Ketika menghirup uap merkuri (Hg) dalam bentuk Hg^o sebesar 80% secara langsung masuk ke dalam aliran darah melalui paru-paru dan kurang dari 0,01% melalui saluran pencernaan dan dalam bentuk senyawa anorganik, sebesar 40% masuk melalui jalur pencernaan serta dalam bentuk senyawa organik (alkilmerkuri) sebesar 90% diabsorpsi melalui jalur pencernaan dan ± 95% diserap oleh tubuh melalui jalur pencernaan dalam bentuk metilmerkuri (Grajean Phillippe et al, 2005 dalam Inswiasri, 2008).

Secara umum gejala keracunan akut akibat merkuri antara lain seperti kehilangan nafsu makan, rusaknya mukosa usus, ginjal, sakit perut, mual-mual dan muntah. Gejala keracunan kronik ringan berupa kehilangan daya ingat, insomia, tremor dan gingivitis. Menurut Mieiro et al (2011) dalam Lutfi (2018), merkuri merupakan salah satu penyebab masalah lingkungan secara global, karena kadar racunnya yang tinggi menyebabkan beberapa dampak yang berbahaya bagi kesehatan manusia, hewan dan lingkungan. Keracunan kronik merkuri

Optimization Software:
www.balesio.com

sangat berbahaya karena mengakibatkan gangguan system saraf pusat *(central nervous system*) berupa :

a. Gangguan saraf sensorik ; kepekaan menurun dan sulit menggerakkan jari tangan dan kai, penglihatan menyempit, daya pendengaran menurun serta rasa nyeri pada lengan dan paha.
b. Gangguan saraf motorik ; lemah, sulit berdiri, mudah jatuh ataksia, tremor, gerakan lambat dan sulit berbicara.
c. Gangguan lain ; gangguan mental, sakit kepala dan hipersaliva.

Keracunan akut yang ditimbulkan oleh logam merkuri (Hg) dapat terjadi pada konsentrasi uap sebesar 0,5-1,2 mg/m3 yang umumnya terjadi pada pertambangan biji merkuri, pewarna, produksi dan perbaikan alat ukur elektrik, instrumen laboratorium, produksi amalgam pada kedokteran gigi dan perawatan benih. Toksisitas uap melalui saluran dan menyerang sistem saraf pusat sedangkan toksisitas kronik menyerang ginjal (Halinda, 2002). Walaupun ginjal merupakan organ target dari toksisitas merkuri organik, namun semua bentuk senyawa merkuri akan terkonsentrasi dalam ginjal pada derajat tertentu. Keracunan kronik adalah keracunan yang terjadi secara perlahan dan berlangsung dalam waktu yang panjang.

Efek toksisitas merkuri (Hg) sangat berkaitan dengan system saraf yang sangat peka terhadap merkuri (Hg). Bentuk organik ilmerkuri) sekitar 99% diabsorpsi oleh dinding usus, hal ini jauh besar dibandingkan dalam bentuk merkuri anorganik (garam

Optimization Software:
www.balesio.com

merkuri) yang hanya sekitar 10% yang terakumulasi di ginjal dan hati (Darmono, 2001). Metilmerkuri bersifat lebih toksik dibandingkan dengan merkuri anorganik karena mampu berpenetrasi menuju system saraf yang kemudian akan tersimpan lebih lama dalam tubuh.

Penelitian oleh Inswiasri (2011), menyimpulkan bahwa pajanan merkuri terhadap pekerja tambang emas tradisional di Kabupaten Gunung Mas Kalimantan Tengah berupa neurotoksik melalui konsentrasi merkuri (Hg) di udara yang melebihi ambang batas sesuai dengan standar WHO untuk pemukiman yaitu 10-20 mg/m^3 dan untuk tempat kerja sebesar 0,05 mg/m^3 pada wilayah tambang (56,7%) dan non-tambang (33,3%) adalah 2,615 kali (CI 95% : 0,917-7,457). Pada umumnya setiap orang terpapar merkuri (Hg) yang diperkirakan berasal dari paparan udara sebesar 1 µg/hari, air sebesar 2 µg/hari, makanan sebesar 20 µg/hari (Widowati, sastiono, Rumampak, 2008).

B. Tinjauan Umum Sianida (CN)

1. Pengertian Sianida (CN)

Sianida (CN) dikenal sebagai senyawa racun dan mengganggu kesehatan serta mengurangi bioavailabilitas nutrien di dalam tubuh. Racun ini menghambat sel tubuh mendapatkan oksigen sehingga yang paling terpengaruh adalah jantung dan otak (Utama, 2006). ar sianida yang tinggi dalam darah dapat menyebabkan efek yang ahaya, seperti jari tangan dan kaki lemah, susah berjalan,

Optimization Software:
www.balesio.com

pandangan yang buram, ketulian, dan gangguan pada kelenjar gondok.

Kelompok CN dapat ditemukan dalam banyak senyawa, bisa dalam bentuk gas, padat ataupun cair, bisa dalam bentuk garam, senyawa kovalen, molekular, beberapa ionik, dan ada juga yang berbentuk polimerik. Sianida terdapat pada ketela pohon dan kacang koro. Sianida juga sering dijumpai pada daun salam, cherry, ubi, dan keluarga kacang–kacangan lainnya seperti kacang almond. Selain dari makanan, sianida juga dapat berasal dari rokok, bahan kimia yang digunakan pada proses pertambangan dan sumber lainnya, seperti pada sisa pembakaran produk sintesis yang mengandung karbon dan nitrogen misalnya plastik yang akan melepaskan sianida. Pada perokok pasif dapat ditemukan sianida sekitar 0.06 µg/ml dalam darahnya, sementara pada perokok aktif ditemukan sekitar 0.17 µg/ml sianida dalam darahnya (Utama, 2006).

Sianida adalah zat beracun yang sangat mematikan dan merupakan kelompok senyawa yang mengandung gugus siano (-C=N) yang terdapat di alam dalam bentuk yang berbeda-beda. Sianida di alam dapat di klasifikasikan sebagai sianida bebas, sianida sederhana, kompleks sianida dan senyawa turunan sianida. Sianida telah digunakan sejak ribuan tahun yang lalu. Efek dari sianida ini gat cepat dan dapat mengakibatkan kematian dalam jangka waktu erapa menit. Keracunan hidrogen sianida dapat menyebabkan

Optimization Software:
www.balesio.com

kematian, dan pemaparan secara sengaja dari sianida (termasuk garam sianida) dapat menjadi alat untuk melakukan pembunuhan atau pun bunuh diri.

Sianida adalah senyawa kimia yang mengandung kelompok cyNo C dengan atom karbon terikat-tiga ke atom nitrogen. Kelompok CN dapat ditemukan dalam bentuk senyawa. Beberapa adalah gas, dan lainnya adalah padat atau cair, setiap senyawa tersebut dapat melepaskan anion CN yang sangat beracun. Sianida dapat berbentuk secara alami maupun dibuat oleh manusia dan memiliki sifat racun yang sangat kuat dan bekerja dengan cepat. Contohnya adalah HCN (hydrogen sianida) KCN (kalium sianida).

2. Karakteristik Sianida (CN)

Sianida bisa berupa gas berwarna seperti hydrogen cyanide (HCN) atau cyanogen chloride (CNCl), dapat juga berbentuk kristal seperti sodium cyanide (NaCN) atau potassium cyanide (KCN). Kadang-kadang sianida berbau seperti bitter almond, tapi sianida tidak selalu berbau, dan tidak semua orang yang bias mendeteksi bau sianida. Sianida umumnya ditemukan dalam bentuk persenyawaan dengan unsur kimia organik maupun anorganik lain membentuk suatu senyawa. Contoh yang paling sering ditemukan antara lain hidrogen sianida, sodium sianida dan potasium sianida. Hidrogen sianida berbentuk gas, tak berwarna, berbau khas dan mudah sekali

Optimization Software:
www.balesio.com

menguap. Potasium sianida dan sodium sianida berbentuk padat, serbuk Kristal berwarna putih dan larut dalam air.

Sianida yang ditemukan memiliki beberapa bentuk, yaitu (Sugeng Purnomo, 2011:309) :

1. Inorganic cyanide: Hidrogen Sianida (HCN).
2. Cyanide salts (garam sianida): Potasium Sianida (KCN), Sodium Sianida(NaCN), Calcium Sianida (Ca(CN)2.
3. Metal cyanide (logam sianida): Potasium Silver Cyanide (C2AgN2K), Gold(I) Cyanide (AuCN), Mercury Cyanide (Hg(CN)2), Zinc Cyanide (Zn(CN)2, Lead Cyanide (Pb(CN)2
4. Metal cyanide salts: Sodium Cyanourite.
5. Cyanogens halides: Cyanogen Klorida (CClN), Cyanogen Bromide (CBrN)
6. Cyanogens: Cyanogen (CN)2
7. Aliphatic nitriles: Acetonitrile (C2H3N), Acrylonitrile (C3H3N), Butyronitrile (C4H7N), Propionitrile (C3H5N).
8. Cyanogens glycosides: Amygdalin (C20H27NO11), Linamarin (C10H17NO6).

Sianida bebas merupakan penentu ketoksikan senyawa sianida yang dapat didefenisikan sebagai bentuk molekul (HCN) dan ion (CN-) dari sianida yang dibebaskan melalui proses pelarutan dan disosiasi ayawa sianida. Kedua senyawa tersebut berada dalam imbangan satu sama lain yang sangat dipengaruhi oleh faktor pH.

Optimization Software:
www.balesio.com

Pada pH di bawah 7, keseluruhan sianida berbentuk HCN sedangkan pada pH diatas 10,5, sianida berbentuk CN^-.

Sianida sederhana dapat didefenisikan sebagai garam-garam anorganik sebagai hasil persenyawaan sianida dengan natrium, kalium, kalsium dan magnesium. Sianida sederhana juga dapat didefenisikan sebagai garam HCN yang larut dalam larutan yang menghasilkan kation alkali bebas dan anion sianida. Bentuk sianida sederhana biasanya digunakan dalam proses leaching emas. Hal ini disebabkan karena bentuk sianida sederhana tersebut dapat larut dalam air dan terionisasi secara cepat dan sempurna menghasilkan sianida bebas dan ion logam. Pengunaan sianida pada umumnya digunakan pada industri dan pertambangan, terutama digunakan untuk membersihkan logam dan mengikat emas dengan reaksi :

$$Au + CN + O_2 \longrightarrow Au(CN)_4 + OH$$

3. Toksisitas Sianida (CN)

Tingkat ketoksikan sianida sangat ditentukan oleh jenis, konsentrasi dan pengaruhnya terhadap organisme hidup. Ketoksikan sianida umumnya berhubungan dengan pembentukan kompleks logam yang berperan sebagai kofaktor enzim.

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, lama paparan dan tipe komponen dari sianida. Sistem saraf

Optimization Software:
www.balesio.com

merupakan sasaran utama sianida. Paparan HCN dalam waktu yang lama dengan konsentrasi yang tinggi dapat menstimulasi sistem saraf pusat yang kemudian diikuti oleh depresi, kejang-kejang, lumpuh dan kematian. Hal ini diakibatkan karena HCN dapat terserap dengan cepat ke dalam tubuh dan terbawa hingga ke dalam plasma.

Sianida dianggap sebagai pencemar (polutan) karena sifatnya yang toksik (beracun) bagi makhluk hidup yang rendah untuk waktu yang cukup lama antara lain dapat menyebabkan gangguan pernapasan (sulit bernapas), sakit kepala dan pembesaran kelenjar tyroid, sedangkan kontak pada konsentrasi tinggi dengan waktu yang singkat dapat menyebabkan gangguan pada otak, jaringan syaraf bahkan dapat menyebabkan koma dan kematian.

Gejala yang paling cepat muncul setelah keracunan sianida adalah iritasi pada lidah dan membran mukus serta suara desir darah yang tidak teratur. Gejala dan tanda awal yang terjadi setelah menghirup HCN atau menelan garam sianida adalah kecemasan, sakit kepala, mual, bingung, vertigo, dan hypernoea, yang diikuti dengan dyspnea, sianosis (kebiruan), hipotensi, bradikardi, dan sinus atau aritmea AV nodus. Dalam keracunan stadium kedua, tampak kecemasan berlebihan, koma, dan terjadi kejang, nafas tersengal-sengal, kolaps kardiovaskular, kulit menjadi dingin, eringat, dan lembab. Nadi menjadi lemah dan lebih cepat. Tanda

Optimization Software:
www.balesio.com

terakhir dari toksisitas sianida meliputi hipotensi, aritmia kompleks, gagal jantung, udema pada paru-paru dan kematian.

Menurut Kamilah dkk (2014), masuknya sianida ke dalam tubuh meliputi beberapa cara, yaitu inhalasi, kulit dan oral.

a. Inhalasi, dimana pada pembakaran yang tidak sempurna dari roduk sintetis yang mengandung karbon dan nitrogen, seperti plastik, hidrogen sianida dilepas ke udara. Zat ini sangat mudah terdispersi dalam udara dan mengakibatkan munculnya gejala dalam hitungan detik hingga menit.
b. Kulit, dimana kontak langsung hidrogen sianida dalam bentuk cair pada kulit dapat menimbulkan iritasi. Efek yang muncul tergantung dari kemampuan penetrasi epidermal sianida, kelarutannya dalam lemak, kelembapan kulit, luas dan lama area kontak, serta konsentrasi cairan yang mengenai korban. Gejala muncul segera setelah paparan atau paling lambat 30-60 menit.
c. Oral, dimana tertelan bentuk garam sianida adalah sangat fatal. Hal ini karena sianida sangat mudah terserap masuk ke dalam saluran pencernaan. Tidak perlu melakukan atau merangsang korban untuk muntah, karena sianida sangat cepat berdifusi ke jaringan. Gejala muncul paling lambat pada rute ini. Berat ringannya gejala sangat tergantung dari jumlah zat yang masuk dan kemampuan detoksifikasi tubuh.

Optimization Software:
www.balesio.com

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.

Akibat racun sianida tergantung pada jumlah paparan dan cara masuk ke dalam tubuh, melalui pernapasan atau pencernaan. Racun ini menghambat sel tubuh mendapatkan oksigen sehingga yang paling terpengaruh adalah jantung dan otak. Paparan dalam jumlah kecil mengakibatkan napas cepat, gelisah, pusing, lemah, sakit kepala, mual dan muntah serta detak jantung meningkat. Paparan dalam jumlah besar menyebabkan kejang, tekanan darah rendah, detak jantung melambat, kehilangan kesadaran, gangguan paru serta gagal napas hingga korban meninggal.

Setelah terpajan sianida, gejala yang paling cepat muncul adalah iritasi pada lidah dan membran mukus serta suara desir darah yang tidak teratur. Gejala dan tanda awal yang terjadi setelah menghirup HCN atau menelan garam sianida adalah kecemasan, sakit kepala, mual, bingung, vertigo, dan hypernoea, yang diikuti gan dyspnoea, sianosis, hipotensi, bradikardi, dan sinus atau hea AV nodus. Onset yang terjadi secara tiba-tiba dari efek toksik

Optimization Software:
www.balesio.com

yang pendek setelah pemaparan sianida merupakan tanda awal dari keracunan sianida. Symptomnya termasuk sakit kepala, mual, dyspnea, dan kebingungan. Syncope, koma, respirasi agonal, dan gangguan kardiovaskular terjadi dengan cepat setelah pemaparan yang berat.

Dalam keracunan stadium kedua, tampak kecemasan berlebihan, koma, dan terjadi konvulsi, kejang, nafas tersengal-sengal, kolaps kardiovaskular, kulit menjadi dingin, berkeringat, dan lembab. Nadi menjadi lemah dan lebih cepat. Tanda terakhr dari toksisitas sianida meliputi hipotensi, aritmia kompleks, gagal jantung, udema pada paru-paru dan kematian.

Pencemaran lingkungan akibat penggunaan sianida (CN^-) dalam bentuk natrium sianida, kalium sianida dan asam sianida semakin meluas sejalan dengan peningkatan kuantitas penggunaan sianida dalam industri yang tidak diimbangi dengan proses pengolahan limbah yang sesuai.

C. Tinjauan Umum Penambangan Emas Rakyat

Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM RI Nomor 24 Tahun 2012, pertambangan adalah rangkaian kegiatan dalam rangka upaya pencarian, penambangan (penggalian), pengolahan, pemanfaatan dan penjualan alian (mineral, batubara, panas bumi, migas). Objek dari suatu ertambangan adalah sumber daya alam yang tak terbaharukan

Optimization Software:
www.balesio.com

(non-renewable), dimana dalam pengelolaan dan pemanfaatannya dibutuhkan pendekatan manajemen ruang yang ditangani secara holistik dan integratif dengan memperhatikan empat aspek pokok yaitu, aspek pertumbuhan *(growth)*, aspek pemerataan *(aquity)*, aspek lingkungan *(environment)* dan aspek konservasi *(conservation)*. Menurut Fuji Astuti (2017), pertambangan memiliki peran yang strategis dan memberikan kontribusi besar terhadap pembangunan daerah. Dengan beroperasinya kegiatan pertambangan di suatu daerah, akan membentuk suatu komunitas baru sebagai pusat pertumbuhan ekonomi baru di wilayah tersebut. Komunitas baru tersebut kemudian akan memberikan pengaruh terhadap perekonomian daerah tersebut.

Kegiatan penambangan emas tanpa ijin (PETI) adalah usaha penambangan yang dilakukan baik secara perorangan, kelompok atau perusahaan berbadan hukum yang dalam operasinya tidak memiliki izin baik dari pemerintah pusat atau daerah sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku. Menurut Fuji Astuti (2017), persoalan-persoalan kegiatan penambangan emas tanpa ijin diantaranya :

1. Keselamatan kerja kurang terjamin akibat para penambang dalam pengolahan bijih emas menggunakan bahan kimia beracun seperti merkuri dan sianida.
2. Modal kerja ditanggung oleh seorang pemilik lubang atau pemilik in. Cara patungan diupayakan diantara penambang sekalipun

Optimization Software:
www.balesio.com

jumlahnya sangat terbatas. Apabila modal belum mencukupi, para penambang sering kali berutang.

3. Para penambang bekerja dengan teknik yang sederhana yang dipelajari secara tradisional atau turun temurun, sehingga kurangnya inovasi.

Faktor pendorong hadirnya penambangan emas tanpa ijin (PETI) dapat dikelompokkan menjadi :

1. Faktor sosial, kegiatan yang sudah menjadi pekerjaan turunan karena dilakukan secara turun temurun oleh masyarakat setempat; terdapat hubungan yang kurang harmonis antara pertambangan resmi atau berizin dengan masyarakat setempat; dan terjadinya penafsiran keliru tentang reformasi yang diartikan sebagai kebebasan tanpa batas.
2. Faktor umum, yaitu ketidaktahuan masyarakat terhadap peraturan perundang-undangan yang berlaku di bidang pertambangan; kelemahan peraturan perundang-undangan di bidang pertambangan yang tercermin dalam kekurangberpihakan kepada kepentingan masyarakat luas dan tidak adanya teguran terhadap pertambangan resmi atau berizin yang tidak memanfaatkan wilayah usahanya (lahan tidur); serta terjadinya kelemahan dalam penegakan hukum dan pengawasan.
3. Faktor ekonomi disebabkan oleh keterbatasan lapangan kerja dan ...empatan berusaha yang sesuai dengan tingkat keahlian atau ...rampilan masyarakat bawah; kemiskinan dalam berbagai hal,

Optimization Software:
www.balesio.com

yakni kemiskinan secara ekonomi, pengetahuan dan ketrampilan; keberadaan pihak ketiga yang memanfaatkan kemiskinan untuk tujuan tertentu, yaitu penyandang dana (cukong), beking (oknum aparat) dan LSM; krisis ekonomi berkepanjangan yang melahirkan pengangguran terutama dari kalangan masyarakat bawah.

Dampak dari suatu kegiatan pertambangan dapat bersifat positif namun juga memberikan dampak negatif terhadap ekosistem. Dampak positif maupun dampak negatif akibat pertambangan terjadi pada tahap eksplorasi, eksploitasi (pemrosesan) hingga pasca penambangan. Usaha penambangan yang dilakukan oleh sebagian masyarakat sering dianggap sebagai penyebab kerusakan dan pencemaran lingkungan, salah satunya adalah penambangan emas skala kecil (PESK) atau penambangan rakyat. Secara umum kegiatan penambangan rakyat diketahui sebagai penyumbang merkuri terbesar di lingkungan.

Menurut Veiga (2009) dalam Salutin (2015), pengolahan emas dengan menggunakan metode amalgamasi, memungkinkan hilangnya merkuri bersama limbah dalam satu kali pengolahan sebesar 25-30%. Selain itu kegiatan penambangan tersebut secara tidak langsung dapat mengakibatkan rusaknya bentang alam dan vegetasi yang ada diatasnya. Pengolahan biji emas secara garis besar terbagi dalam dua proses yaitu proses fisika dan proses kimia. Tahap pengolahan emas terbagi atas tiga yaitu pencucian, penyaringan dan pembakaran.

Optimization Software:
www.balesio.com

Kegiatan penambangan emas tanpa ijin (PETI) selalu memberikan dampak baik itu dampak positif maupun dampak negatif terhadap aspek ekologi dan sosial-ekonomi kepada masyarakat lokal dan kegiatan tersebut pada umumnya tidak ramah lingkungan. Hal ini disebabkan karena minimnya kesadaran untuk tetap melestarikan lingkungan. Dalam skala makro, penambangan emas tanpa ijin (PETI) dilihat sebagai bahaya dan ancaman bagi investasi pertambangan indonesia sedangkan dalam skala mikro dapat digolongkan sebagai salah satu gerakan “ekonomi kreatif” yang memenuhi kebutuhan hidup rakyat kecil.

Dampak positif dari usaha penambangan emas di suatu wilayah adalah sebagai penggerak utama perekonomian daerah. Salah satu wilayah di Indoensia yang dikenal sebagai wilayah penambangan emas adalah di Kabupaten Bombana Provinsi Sulawesi Tenggara yang mencapai luas 2.062 hektar (Iswandi 2017). Pertumbuhan ekonomi Provinsi Sulawesi Tenggara selama delapan tahun terakhir mengalami peningkatan dari 4,20% pada tahun 2009 menjadi 6,64% pada tahun 2012 dari produk domestik regional bruto (PDRB) Provinsi Sulawesi Tenggara (BPS Sultra 2016 dalam Iswandi 2017). Namun, dalam kenyataannya pengelolaan pertambangan tersebut mengakibatkan terjadinya degradasi lahan pada fase pasca penambangan berupa perubahan bentang lahan, hilangnya unsur hara dan menurunnya kesuburan lahan sebagai sektor khususnya sektor pertanian. Hal ini dapat dilihat dari produk k regional bruto (PDRB) Provinsi Sulawesi Tenggara yang secara

Optimization Software:
www.balesio.com

absolut mengalami peningkatan namun secara relatif memperlihatkan penurunan rata-rata sebesar 1,08% per tahun.

Menurut Iswandi (2017), mendapatkan bahwa aktivitas penambangan emas di Kabupaten Bombana Provinsi Sulawesi Tenggara telah menyebabkan menurunnya produksi lahan pertanian/persawahan seluas 1.724 hektar yang sebelumnya mampu memproduksi 2-3 ton/ha/musim serta mengubah fungsi lahan perkebunan rakyat seluas 1.850 hektar menjadi areal pertambangan. Disamping itu, akibat aktivitas pertambangan tersebut juga menghilangkan nilai jasa lingkungan dan penurunan pendapatan masyarakat di wilayah lingkar tambang. Estimasi degradasi sumber daya alam dan lingkungan serta penurunan pendapatan masyarakat lingkar tambang mencapai Rp. 4.889 milliar per tahun.

Penambangan emas skala kecil yang merupakan penambangan emas tanpa ijin (PETI) banyak ditemukan di berbagai wilayah di Indonesia. Tingginya pencemaran logam berat baik merkuri (Hg) maupun sianida (CN) terhadap lingkungan (air, tanah, udara) disebabkan akibat tidak terkontrolnya penggunaan merkuri (Hg) dan sianida (CN) dan pembuangan limbah (tailing) ke lingkungan melalui proses amalgamasi maupun leaching.

Pertambangan Rakyat Poboya merupakan salah satu angan yang melakukan penambangan emas secara tradisional. angan emas tradisional ini dicirikan dengan penggunaan teknik

Optimization Software:
www.balesio.com

eksplorasi dan eksploitasi dengan menggunakan teknik amalgamasi untuk membentuk amalgam dengan menggunakan media air (Andi Wawo, 2017).

Kegiatan pertambangan emas rakyat di Kabupaten Buru khususnya di Gunung Botak secara langsung telah membawa perubahan pada lingkungan, sosial dan ekonomi. Dampak positif yang dirasakan oleh masyarakat yaitu meningkatnya pendapatan, namun pada kenyataannya dampak negatif seringkali lebih dominan dibandingkan dampak positif atau adanya eksternalitas dari kegiatan ekonomi manusia terhadap lingkungannya. Penelitian yang dilakukan oleh Tuaputty, dkk (2014) tentang eksternalitas pertambangan emas rakyat di Kabupaten Buru, menyimpulkan bahwa eksternalitas yang timbul akibat pertambangan emas sebagai dampak positif berupa lapangan kerja dan peningkatan pendapatan pada 20,000 penambang dan 500 orang buruh pikul namun dampak negatifnya adalah perpindahan profesi dari petani, nelayan dan lai-lain menjadi penambang serta kerugian pemerintah akibat penambangan emas di Gunung Botak mencapai 131.187.000.000 yang merupakan nilai eksternalitas pertambangan emas liar tahun 2013.

D. Tinjauan Umum Pencemaran Air

Aktivitas manusia akan menghasilkan barang sisa. Barang sisa dapat berupa zat padat, cair ataupun gas yang jika tidak diolah baik sesuai dengan cara yang tepat maka zat sisa tersebut tidak

Optimization Software:
www.balesio.com

hanya berdampak pada kesehatan manusia namun juga berdampak pada lingkungan dan kelestarian alam. Dalam pengendalian zat sisa yang kemudian disebut sampah atau limbah maka pemerintah menetapkan ketentuan melalui peraturan perundang-undangan terkait pengelolaan limbah tersebut. Limbah dapat mencemari lingkungan dalam kondisi tertentu. Untuk mencegah terjadinya pencemaran maka dibutuhkan tindakan khusus dalam mengatur dan mengolah limbah yang dihasilkan baik berupa zat padat, cair ataupun cair.

Air merupakan salah satu media yang sangat efektif membawa limbah yang berpotensi mencemari lingkungan. Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup RI No. 01 Tahun 2010 mendefenisikan pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya mahluk hidup, zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu air limbah yang telah ditetapkan sedangkan menurut Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001 menyebutkan bahwa pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya mahluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang membahayakan yang mengakibatkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukkannya.

Indikator atau tanda yang digunakan untuk mengetahui bahwa air engalami pencemaran yaitu adanya perubahan atau tanda yang amati dan di golongkan melalui ; pengamatan secara fisik, yaitu

Optimization Software:
www.balesio.com

pengamatan berdasarkan tingkat kejernihan air (kekeruhan), perubahan, suhu dan adanya perubahan warna, bau dan rasa, pengamatan secara kimiawi, yaitu pengamatan berdasarkan kandungan zat kimia yang terlarut dan perubahan pH dan pengamatan secara biologis, yaitu pengamatan berdasarkan kandungan mikroorganisme yang ada dalam air terutama ada tidaknya bakteri pathogen. Indikator yang umum digunakan dalam pemeriksaan kualitas air adalah :

1. pH *(konsentrasi ion hydrogen).*

   Pada air normal yang memenuhi syarat untuk digunakan mempunyai pH sekitar 6,5 – 7,5. Air akaan bersifat asam atau basa tergantung pada besar kecilnya pH. Bila nilai pH berada dibawah pH normal, maka air tersebut akan bersifat asam dan jika berada di atas nilai pH normal maka akan bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan industri akan mengubah pH air yang akan mengganggu kehidupan biota akuatik. Sebagian besar biota akuatik sangat sensitif terhadap perubahan pH. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimia perairan, diantaranya adalah proses nitrifikasi yang terjadi akibat pH air yang rendah.

2. Oksigen terlarut *(Dissolved Oxygen)*

   Mikroorganisme air sangat membutuhkan adanya oksigen terlarut (DO) untuk proses degradasi senyawa organik dalam air. Oksigen ...at dihasilkan dari atmosfir atau dari reaksi fotosintesis algae. ...gen yang dihasilkan dari reaksi fotosintesis algae tidak efisien,

Optimization Software:
www.balesio.com

karena oksigen yang terbentuk akan digunakan kembali oleh algae untuk proses metabolisme. Kelarutan oksigen dalam air sangat tergantung pada temperatur dan tekanan atmosfir.

Kadar oksigen terlarut yang tinggi dapat menimbulkan pengaruh fisiologis bagi manusia. Ikan dan organisme akuatik sangat membutuhkan oksigen terlarut dalam jumlah yang cukup banyak. Kebutuhan oksigen ini bervariasi antar setiap organisme. Pada siang hari pelepasan oksigen melalui proses fotosintesis lebih besar daripada oksigen yang dikomsumsi melalui proses respirasi yang berbeda ketika pada malam hari dimana proses fotosintesis tidak terjadi namun proses respirasi terus berlangsung. Pola perubahan kadar oksigen ini mengakibtakan terjadinya fluktuasi harian oksigen pada lapisan eufotik perairan. Kadar oksigen maksimum terjadi pada sore hari dan minimum pada pagi hari.

3. Kebutuhan oksigen biokimia *(Biochemycal oxygen demand)*

   BOD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam lingkungan perairan untuk memecah (mendegradasi) bahan buangan organik menjadi karbondioaksida dan air. Pada dasarnya prose oksidasi bahan organik berlangsung cukup lama oleh mikroorganisme atau bakteri aerobik.

4. Kebutuhan oksigen kimiawi *(Chemical oxygen demand).*

   adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan ada dalam perairan dapat teroksidasi melalui reaksi kimia baik

Optimization Software:
www.balesio.com

yang dapat terdegradasi secara biologis maupun yang sulit terdegradasi. Hampir semua zat organik dapat dioksidasi oleh oksidator seperti kalium permanganat dalam kondisi asam. Diperkirakan 95% - 100% bahan organik dapat dioksidasi.

Berdasarkan sumber-sumbernya, limbah cair dapat dibagi atas limbah infiltrasi, limbah industri, limbah domestik dan limbah hujan. Dalam aktivitasnya sebagian besar industri menggunakan air sebagai bahan untuk menggelontorkan buangannya yang bersifat kimia organik dan anorganik termasuk logam berat ataupun mendinginkan panas sebagai akibat dari suatu proses produksi. Limbah infiltrasi merupakan limbah yang mengandung bahan pencemar dan yang meresap kedalam tanah. Penggunaan racun hama/pestisida yang berlebihan bagi tanaman merupakan sumber limbah infiltrasi yang dengan bantuan air hujan kemudian berinfiltrasi ke dalam tanah selanjutnya bersama air tanah mengalir dan mencemari sungai bahkan laut. Secara umum jenis polutan air dapat di klasifikasikan sebagai berikut :

a. Fisik : dapat berupa pasir atau lumpur yang bercampur dalam limbah cair.
b. Kimia : merupakan bahan pencemar yang berbahaya seperti merkuri (Hg), cadmium (Cd), timah hitam (Pb), pestisida dan jenis logam berat lainnya.

Optimization Software:
www.balesio.com

c. Mikrobiologi : berbagai macam bateri, virus, parsit dan sebagainya seperti pabrik yang mengolah hasil ternak, rumah potong hewan dan tempat pemerahan susu sapi.

d. Radioaktif

e. Pertanian dan perkebunan.

Air merupakan zat yang sangat penting bagi kehidupan seluruh mahluk hidup. Suatu perairan ketika telah tercemar oleh pollutan atau bahan pencemar berbahaya maka akan dapat mengakibatkan hal yang buruk bagi kehidupan. Pencemaran logam berat beracun di lingkungan perairan disebabkan terutama oleh meningkatnya skala kegiatan sektor industri yang tidak disertai proses penanggulangan air limbah yang dihasilkan (Darmono, 2001).

Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat toksisitas logam berat di perairan antara lain suhu, salinitas, pH dan kesadahan. Penurunan pH dan salinitas perairan menyebabkan toksisitas logam berat semakin besar. Peningkatan suhu menyebabkan toksisitas logam berat meningkat sedangkan kesadahan yang tinggi dapat mengurangi toksisitas logam logam berat karena logam berat ketika berada dalam air dengan tingkat kesadahan yang tinggi dapat membentuk senyawa kompleks yang akan mengendap dalam air (Hutagalung, 1984).

Kenaikan pH pada badan perairan biasanya akan diikuti dengan kecilnya kelarutan dari senyawa-senyawa logam tersebut. ya pada pH yang semakin tinggi maka kestabilan akan bergeser

Optimization Software:
www.balesio.com

dari karbonat ke hidroksida. Hidroksida-hidroksida ini akan mudah membentuk ikatan pada permukaan dengan partikel-partikel yang terdapat dalam perairan yang kemudian akan mengendap dan membentuk lumpur (Palar, 2008).

Logam berat masuk kedalam perairan melalui air hujan, aliran air permukaan, erosi korofikasi batuan mineral dan melalui berbagai aktivitas manusia seperti aktivitas industri, pertambangan, pengolahan atau penggunaan logam dan bahan yang mengandung logam. Kelarutan logam berat dalam air dapat berubah menjadi tinggi atau lebih rendah, tergantung kondisi lingkungan perairan. Pada perairan yang kekurangan oksigen akibat tingginya konsentrasi bahan organik, kelarutan beberapa jenis logam seperti Zn, Cd, Pb dan Hg akan semakin rendah dan mudah mengendap.

Tabel 2.1 Tabel Sintesa Yang Relevan dengan Pencemaran Air Oleh Merkuri (Hg) dan Sianida (CN)

No.	Peneliti / Tahun	Metode Penelitian	Hasil
1.	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pajanan Merkuri Pada Masyarakat di Area Penambangan Emas Tanpa Ijin (PETI) Desa Kayeli Kabupaten Buru (Lain, 2016)	ARKL	Konsentrasi merkuri pada air sumur gali rata-rata sebesar <0,0005 mg/l dengan nilai RQ < 1 sedangakan pada kerang polymedosa erosa rata-rata sebesar 0,756433 mg/kg dengan nilai RQ > 1 yaitu 14,404.
	Merkuri dan Dampak Terhadap Kesehatan Penambang Emas	Eksperimental dan observasional	Diketahui bahwa hasil pemeriksaan kadar merkuri pada air bersih di lokasi penelitian menunjukkan

Optimization Software:
www.balesio.com

	Rakyat di Desa Lanut Kecamatan Modayang Kabupaten Bolaa Mongondow Timur Provinsi Sulawesi Utara (Latuconsina Luthfy, Polii Bobby, Umboh Jootje, 2018)		bahwa kadar merkuri tertinggi berada titik 1 dengan kandungan 0,0012 mg/L. Titik 1 ini terletak pada sumber air bersih jenis sumur gali yang terletak pada sungai di bagian hilir dusun II Desa Lanut, sedangkan terendah berada pada titik 3 dengan kandungan <0,0004 mg/L. Titik 3 ini terletak pada sumber air bersih jenis sumur gali yang terketak pada sungai bagian hulu di dusun II Desa Lanut. Kandungan ini tidak melebih kadar maksimum yang diperbolehkan yaitu kandungannya tidak melebihi 0.001 mg/L sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990.

E. Tinjauan Umum Pencemaran Sungai

Sungai *(run-off-river)* merupakan lingkungan perairan yang terbentuk secara alami dan memiliki pergerakan aliran dari hulu sampai ke hilir dan sering digunakan oleh manusia untuk berbagai keperluan, diantaranya sebagai tempat untuk membuang hasil sampingan atau limbah oleh karena itu kualitas air sungai mengalami perubahan seiring dengan waktu.

ualitas air sungai merupakan indikator kondisi sungai apakah dalam keadaan baik atau tercemar. Pencemaran sungai

Optimization Software:
www.balesio.com

didefenisikan sebagai perubahan kualitas suatu perairan akibat kegiatan manusia, yang pada gilirannya akan mengganggu kehidupan manusia itu sendiri ataupun mahluk hidup lainnya (Adibroto, 2002). Perubahan kualitas tersebut dapat disebabkan oleh zat pencemar sungai yang bergerak ke hilir bersama aliran air atau tersimpan di dasar, berakumulasi (khususnya pada endapan) dan suatu saat dapat juga terjadi pencucian atau pengenceran.

Perairan sungai sebagai suatu ekosistem mempunyai berbagai komponen biotik dan abiotik yang saling berinteraksi membentuk suatu jalinan fungsional yang saling mempengaruhi. Komponen pada ekosistem sungai akan terintegrasi satu sama lainnya membentuk suatu aliran energi yang akan mendukung stabilitas ekosistem tersebut. Secara ekologis sungai dibagian hulu dicirikan memiliki volume air yang kecil, dangkal, berbatu-batu, aliran air cepat, suhu air lebih rendah, oksigen terlarut lebih tinggi sedangkan pada bagian hilir di cirikan memiliki volume air yang besar, arus lambat, dasar sungai berpasir atau berlumpur, unsur hara terlarut tinggi dan kelimpahan organisme penghuni tinggi.

Menurut Syarief (1997) dalam Adibroto (2002), Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu kesatuan wilayah tata air yang terbentuk secara alamiah, tempat air hujan jatuh, meresap dan atau mengalir dari permukaan tanah ke sungai dan anak-anak sungai dari hulu ke hilir. suatu ekosistem DAS terjadi berbagai proses interaksi antar i komponen yakni air, tanah, vegetasi dan manusia. Berdasarkan

Optimization Software:
www.balesio.com

UNEP (1990) menyebutkan bahwa terjadinya kerusakan ekologis di daerah hilir DAS atau kawasan pesisir dan laut sebesar 80% disebabkan oleh akumulasi limbah yang dialirkan dari daerah hulu melalui aliran sungai pada suatu DAS. Saat ini kawasan pesisir dan laut Indonesia mengalami tekanan ekologis yang cukup parah, bahkan di beberapa wilayah tingkat kerusakan tersebut telah melampaui daya dukung lingkungan dan kapasitas keberlanjutannya (Adibroto, 2002).

Dalam sudut pandang bentang lahan *(landscape),* setiap ekosistem DAS sering dibedakan menjadi bagian atas (hulu), tengah dan bawah (hilir). Bagian hulu dipersepsikan sebagai wilayah resapan air *(rechange),* bagian tengah sebagai *storage* dan bagian hilir sebagai wilayah *discharge*. Perubahan penggunaan lahan di daerah hulu tidak hanya berdampak pada tempat kegiatan berlangsung, namun secara langsung juga berdampak pada daerah/wilayah hilir dalam bentuk perubahan/fluktuasi debit dan trasnport sedimen serta material terlarut dalam sistem aliran air.

Sungai terdiri dari tiga bagian yaitu bagian hulu yang terletak di daerah yang relatif tinggi sehingga dapat mengalir turun, bagian tengah sungai berada di bagian landai sungai dan bagian hilir sungai berada pada bagian landai dan mendekati muara. Air sungai pada umumnya jenuh dengan oksigen dan cukup mendapat cahaya. Karakteristik hulu dan hilir dapat berbeda-beda dalam hal ; kedalaman, panjang, lebar dan

Optimization Software:
www.balesio.com

luas daerah aliran sungai, volume air, tepi, tipe dasar sungai dan temperatur air.

Air sungai pada umumnya jenuh dengan oksigen. Faktor-faktor fisik yang cukup penting pada air tawar adalah suhu, arus, kecerahan, kandungan oksigen, pH dan ketersediaan makanan. Karateristik perairan sungai terdiri atas karakteristik fisika dan karakteristik kimia sedangkan kualitas biologi suatu perairan sungai yaitu kelimpahan plankton.

Penelitian oleh Polli dan Sonya (2002) pada daerah aliran sungai Buyat Minahasa terdeteksi konsentrasi merkuri (Hg) dengan kisaran 0,00032 mg/l – 0,00049 mg/l dan pada teluk buyat terdeteksi konsentrasi merkuri (Hg) pada kisaran antara 0,00021 mg/l – 0,001295 mg/l. Tingginya konsentrasi merkuri pada teluk buyat, diakibatkan adanya aktivitas penambangan emas pada hulu sungai yang kemudian akan bermuara pada teluk. Penelitian lain yang dilakukan oleh Astika (2016), menyimpulkan bahwa konsentrasi merkuri pada air permukaan sungai Tebaung Kapuas Hulu mengalami peningkatan konsentrasi dan telah melebihi baku mutu Air Badan Air berdasarkan PP No 82 Tahun 2001 yaitu sebesar 0,002 mg/l pada bagian hilir dibandingkan pada bagian tengah dan hulu sungai dimana hasil yang diperoleh konsentrasi dibagian hulu sebesar 0,004 mg/l, bagian tengah sebesar 0,0049 mg/l dan dibagian hilir sungai sebesar 0,0063 mg/l.

enggunaan merkuri dan sianida yang tidak terkendali pada daerah Gunung Botak, akan sangat mempengaruhi kualitas lingkungan.

Optimization Software:
www.balesio.com

Hal ini lebih diperparah ketika hujan, dimana semua limbah akan terdistribusi ke dalam sungai dalam jumlah yang besar. Sungai Waeapo merupakan salah satu sungai penerima limbah buangan pengolahan emas. Fungsi utama sungai Waeapo di Kabupaten Buru adalah sebagai sumber irigasi untuk lahan pertanian/persawahan (Salluti, 2015).

Mengacu pada permasalahan utama pada DAS yaitu kecenderungan penurunan fungsi dan kemampuan DAS sebagai akibat pertambahan lahan kritis, erosi tanah dan pencemaran serta menerapkan pendekatan pembangunan berkelanjutan, maka dalam rangka pengembangan DAS perlu diupayakan pengendalian dan penanggulangan lahan kritis, bahaya erosi dan pencemaran yang berdampak terhadap kehidupan masyarakat. Oleh karena itu menurut Sunaryo (2000) dalam Adibroto (2002), penerapan konsep *"One River, One Plan, One Integrated Management"* yang meliputi pengelolaan DAS, Pengelolaan Kuantitas dan Kualitas Air, Pengendalian Banjir, Pengelolaan Lingkungan DAS dan Pengelolaan Infrasturktur sumber daya air sudah saatnya dilakukan dengan pengembangan wawasan bahwa suatu DAS harus dilihat sebagai satu unit hidrologi yang dipertimbangkan sebagai satu unit pengelolaan.

Optimization Software:
www.balesio.com

Tabel 2.2 Tabel Sintesa Yang Relevan dengan Pencemaran Air Sungai Oleh Merkuri (Hg) dan Sianida (CN)

No.	Peneliti / Tahun	Metode Penelitian	Hasil
1.	Studi Pencemaran Logam Berat Merkuri (Hg) di Perairan Sungai Tabobo Kecamatan Malifut Kabupaten Halmahera Utara (Ainuddin dan Widyawati, 2017)	Deskriptif Kualitatif / AAS	Hasil penelitian diperoleh konsentrasi merkuri titik I sampai titik V masing-masing sebesar 0,0025 ppb, 0,0043 ppb, 0,0045 ppb, 0,0056 ppb dan 0,0073 ppb. Kualitas perairan di tinjau dari parameter fisik-kimia umumnya masih layak bagi kehidupan organisme yang meliputi parameter suhu, salinitas, pH dan DO.
2.	Analisis Kadar Merkuri Pada Komponen Ekosistem Akibat PETI di Sungai Tebaung Kabupaten Kapuas Hulu (Astika dkk, 2016)	Deskriptif / AAS	Konsentrasi merkuri pada hulu sungai sebesar 0,004 mg/l, tengah sungai sebesar 0,0049 mg/l dan hilir sungai sebesar 0,0063 mg/l. konsentrasi pada sedimen pada hulu sungai sebesar 0,1815 mg/l, tengah sungai sebesar 0,0585 mg/l dan hilir sungai sebesar 0,124 mg/l. konsentrasi merkuri pada Diplazium esculentum (paku sayur) pada hulu sungai sebesar 0,0096 mg/kg, tengah sungai sebesar 0,0124 mg/kg dan hilir sungai sebesar 0,0193 mg/kg.
3.	Analisis Sebaran Merkuri (Hg) pada Area Irigasi Sungai Waeapo Kabupaten Buru Provinsi Maluku	Deskriptif / AAS	Konsentrasi merkuri pada bagian hulu sungai sebesar 0,102 ppm, pada bagian tengah sungai masing-masing 0,005 ppm dan 0,002

Optimization Software:
www.balesio.com

	Akibat Penambangan Emas Tanpa Ijin di Areal Gunung Botak (Salluti, 2015)		ppm dan pada hilir sungai sebesar 0,031 ppm.
4.	Kajian Dampak Penambangan Emas Tanpa Ijin (PETI) Terhadap Lingkungan Sungai Batang Kuantan Kecamatan Kuantan Mudik Kabupaten Kuantan Singingi Riau (Rezky, 2017)	Deskriptif / AAS	Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi merkuri pada air sungai Batang Kuantan stasiun 1 sampai 4 diperoleh < 0,000024 mg/l dan masih dibawah baku mutu.

F. Tinjauan Umum Pencemaran Tanaman

Pertanian merupakan sektor unggulan di Indonesia. Hal ini sangat didukung oleh keadaan geografis indonesia selain sebagai negara maritim juga merupakan negara agraris. Menurut data Badan Pusat Statistik Republik Indonesia (2016), luas lahan sawah berdasarkan provinsi (ha) tahun 2003-2015 di Indonesia tercatat seluas 8.087.393 Ha. Jumlah tersebut terus mengalami penurunan dimana tercatat pada tahun 2017 luas lahan seluas 7,75 juta hektar dan pada tahun 2018 menjadi 7,1 juta hektar. Pengurangan jumlah luas lahan ini terjadi akibat beralih fungsinya lahan pertanian akibat pembangunan yang terus meningkat antara lain gunan pemukiman, industri dan jalan.

eiring dengan kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan, bangan teknologi di sektor pertanian juga mengalami

Optimization Software:
www.balesio.com

perkembangan terkait dengan pengendalian penyakit tanaman yang menggunakan bahan kimia berupa pestisida sintetik yang penggunaannya parktis dan cepat. Namun disisi lain penggunaan pestisida tersebut dianggap belum mampu menyelesaikan permasalahan tentang penyakit pada tanaman bahkan cenderung menimbulkan masalah baru, seperti terjadinya kerusakan lingkungan dan menimbulkan resistensi terhadap pestisida.

Pembangunan sektor pertanian saat ini tidak hanya bergerak dalam bidang agrobisnis namun juga dalam bidang agroindustri. Peningkatan produksi pertanian ini didorong untuk memenuhi permintaan dalam dan luar negeri namun peningkatan tersebut juga membawa dampak negatif bagi lingkungan. Pendorong utama intensifikasi dan perluasan pertanian diakibatkan oleh pertumbuhan penduduk dan adanya perubahan pemilihan makanan di dunia (de Fraiture, 2007 dalam Mallongi, 2017).

Tanaman memerlukan unsur mineral dari dalam tanah sebagai unsur nutrisi dalam jumlah sedikit, tetapi peka terhadap kandungan logam berat yang tinggi. Logam berat dalam tanah pada prinsipnya berada dalam bentuk bebas *(mobile)* maupun tidak bebas *(immobile)*. Dalam keadaan bebas, logam berat dapat bersifat racun dan terserap oleh tanaman. Sedangkan dalam bentuk tidak bebas dapat berkaitan dengan hara, bahan organik ataupun anorganik lainnya. Dalam kondisi tersebut, berat selain akan mempengaruhi ketersediaaan unsur hara juga dapat mengurangi produksi hasil tanaman (Charlena, 2004).

Optimization Software:
www.balesio.com

Bahan kimia yang diserap oleh tanaman akan disimpan dalam akar, batang dan daun yang nantinya akan diubah menjadi bahan kimia yang kurang berbahaya (gas) dan kemudian akan dilepaskan ke udara melalui proses transpirasi (EPA, 2001 dalam Siahaan, 2014). Menurut Siahaan, dkk (2014) menyebutkan bahwa keberadaan kegiatan penambangan emas di Desa Pesanggaran Kabupaten Bayuwangi telah menurunkan produksi tanaman jagung sampai 70%. Hal ini dapat disebabkan karena adanya logam berat dalam tanah pertanian yang dapat menurunkan produktivitas pertanian dan kualitas hasil pertanian serta kesehatan manusia melalui komsumsi pangan yang dihasilkan (Siahaan, 2014).

Menurut studi yang dilakukan oleh Qiu et al. (2011) dalam Aprianne (2014), sebagian besar metil merkuri dalam gabah terakumulasi dalam bulir beras yang sudah dipoles, kemudian dedak padi dan yang terkecil adalah pada sekam atau kulit sebesar 52%, 35,7% dan 12,3% dari total metil merkuri. Hal ini diakibatkan karena merkuri mengalami transformasi menjadi metil merkuri dan terbioakumulasi di dalam bulir beras yang mengakibatkan bagian bulir beras menjadi bagian dengan tingkat akumulasi metil merkuri tertinggi jika dibandingkan dengan jaringan atau bagian padi lainnya. Dalam hasil penelitian yang dilakukan oleh Aprianne (2014), konsentrasi total merkuri yang terukur dalam semua sampel beras dengan kulit memiliki nilai yang lebih besar daripada sampel beras tanpa

ana kandungan merkuri pada beras dengan kulit rata-rata 258

71,77 dan 161,76 µg/kg±329,78 untuk sampel beras tanpa kulit.

Optimization Software:
www.balesio.com

Sejalan dengan penelitian tersebut, penelitian yang dilakukan oleh Dewi (2015), menemukan konsentrasi merkuri banyak terakumulasi pada akar > jerami > beras serta rata-rata konsentrasi merkuri dalam beras berkisar antara 0,06 – 0,09 mg/kg pada musim tanam pertama dan 0,026 – 0,033 mg/kg pada musim tanam kedua.

Penggunaan air pada pertanian dan perkebunan memiliki komposisi kimia yang beragam, bergantung pada bahan-bahan yang ikut terlarut dan terangkut selamam perjalanannya, apakah mengandung logam berat yang bersifat toksis bagi kehidupan manusia atau tidak sampai akhirnya air bersama bahan terlarut akan terinfiltrasi ke dalam lapisan tanah yang lebih dalam atau langsung terabsorpsi oleh akar tanaman. Dengan demikian sumber air yang digunakan untuk mengairi dalam pertumbuhan tanaman sangat menentukan kandungan logam berat dalam tanaman.

Menurut Handayani (2008), sayuran yang diairi dengan air limbah rumah tangga dan perkotaan menunjukkan kandungan logam berat yang lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan air sumur. Akumulasi logam berat dalam tanaman tidak hanya tergantung pada kandungan dalam tanah, tetapi juga tergantung pada unsur kimia tanah, jenis logam dan spesies tanaman. Secara dominan, kelarutan logam dalam tanah sangat dipengaruhi oleh pH, unsur kation, kandungan unsur karbon dan tingkat sistem oksidasi (Ghosh and Singh, 2005). pH yang

Optimization Software:
www.balesio.com

tinggi akan meningkatkan retensi yang baik dari logam dan menurunkan kelarutan logam dalam tanah.

Tabel 2.3 Tabel Sintesa Yang Relevan dengan Pencemaran Tanaman Oleh Merkuri (Hg) dan Sianida (CN)

No.	Peneliti / Tahun	Metode Penelitian	Hasil
1.	Akumulasi Merkuri Pada Tanaman Padi Yang Ditanam Pada Tanah Sawah Terkontaminasi Merkuri (Dewi dan Hidayah 2015)	Eksperimen / AAS	Konsentrasi merkuri terakumulasi pada akar, jerami dan beras dan konsentrasi rata-rata merkuri dalam beras yang ditanam pada tanah yang terkontaminasi berkisar antara 0,06-0,09 mg/kg pada MT I dan 0,026-0,033 mg/kg pada MT II.
2.	Analisa pengukuran kandungan merkuri pada beras dan sedimen di sekitar kegiatan pertambangan emas skala kecil (PESK) di Kasepuhan Cisitu Kecamatan Cibeber Kabupaten Lebak Provinsi Banten (Aprianne dan Salami, 2014	ARKL	Hasil pengukuran Hg pada beras berada pada rentang 12,5-1186 µg/kg dengan konsentrasi rata-rata pada sampel beras dengan kulit 258 µg/kg±271,77 serta 161,76 µg/kg±329,78 untuk sampel beras tanpa kulit. Berdasarkan baku mutu yang berlaku, terdapat beberapa hasil pengukuran Hg pada beras yang berada di atas dan di bawah baku mutu. Analisa resiko kesehatan didasari oleh perkiraan asupan merkuri harian dari konsumsi beras dan dibandingkan dengan nilai maximum acceptable daily exposure yang ditetapkan oleh US EPA

Optimization Software:
www.balesio.com

			yaitu sebesar 0,1 µg/kg BB per hari. Perkiraan paparan merkuri harian masyarakat Kasepuhan Adat Cisitu sebesar 0,07 µg/kg BB per hari dan masih berada di bawah batas maksimum paparan yang ditetapkan oleh US EPA

G. Tinjauan Umum Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

1. Pengertian Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) atau *Environmental Health Risk Assessment* (EHRA) adalah metode yang digunakan untuk melakukan kajian dampak lingkungan terhadap kesehatan. Risiko lingkungan merupakan risiko terhadap kesehatan manusia yang disebabkan oleh faktor lingkungan, baik lingkungan fisik, biologi maupun sosial-budaya-ekonomi. Risiko secara luas dapat diartikan sebagai kemungkinan dari beberapa kondisi yang tidak menyenangkan, sedangkan risiko secara sempit dapat diartikan sebagai gambaran kemungkinan bahwa seseorang yang sehat tetapi terpapar oleh beberapa faktor risiko dan dapat menderita penyakit.

Pengertian *exposure assessment* merupakan tahap dari suatu tahap penilaian risiko lingkungan. Suatu validitas kuantitatif dari laian risiko tergantung dari penilaian paparan dan penilaian isitas. Salah satu model dari *retrospective exposure assessment* ah model sederhana yang mengasumsikan bahwa pemaparan

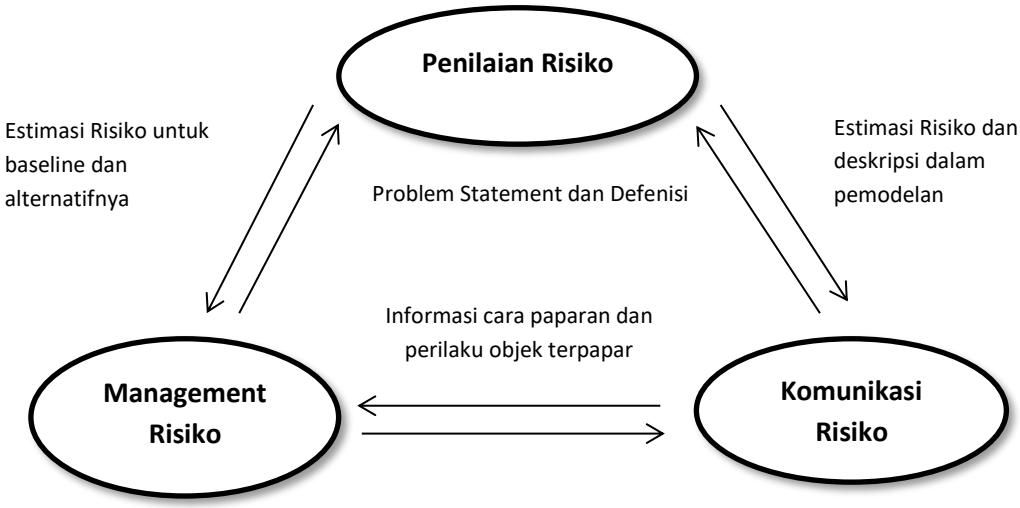
Optimization Software:
www.balesio.com

langsung berhubungan dengan konsentrasi di tempat tersebut. Bentuk model lain adalah NEM *(National Exposure Assessment)* yang digunakan EPA dalam menentukan kualitas udara ambient di USA.

Tingkat pemaparan suatu agen dalam lingkungan terhadap manusia merupakan interaksi antara agen tersebut dengan manusia melalui kulit, traktus respiratoris, traktus gastrointestinal. Besarnya dosis sangat tergantung pada jumlah yang terhirup dan yang tertelan, lokasi pengambilan polutan, kecepatan translokasi dan perjalanan polutan serta pemaparan akut atau kronis.

Menurut Food and Drugs Administration (FDA, 2002) mendefenisikan analisis risiko sebagai suatu alat untuk mengembangkan ilmu tentang dasar aturan/kebijakan. Hal ini meliputi kegiatan *risk assessment, risk management* dan *risk communication* dimana masing-masing komponen memiliki fungsi yang mandasar. Risk management berfungsi menyediakan informasi dan karakteristik risiko yang terdapat dalam suatu bahaya *(hazard)* sedangkan *risk communication* mencakup perubahan informasi dan pendapat mengenai risiko serta faktor-faktor terkait dengan risiko.

Optimization Software:
www.balesio.com



Gambar 2.1 Hubungan antara risk assessment, risk management dan risk communication

Secara umum defenisi risiko adalah kemungkinan adanya suatu bahan atau kondisi yang akan menghasilkan bahaya dalam kondisi tertentu. Dalam defenisi tersebut, risiko adalah kombinasi dari kemungkinan bahwa suatu kejadian berbahaya akan terjadi dan konsekuensi dari kejadian yang berbahaya.

Risiko menurut WHO (2000) adalah suatu konsep matematis yang mengacu pada kemungkinan terjadinya efek yang tidak diinginkan akibat paparan suatu polutan**.** Analisis risiko kesehatan bertujuan untuk menghitung besarnya probabilitas gangguan kesehatan yang mungkin terjadi pada penduduk akibat paparan bahan ahaya yang berada di lingkungan.

Optimization Software:
www.balesio.com

Penentuan besarnya risiko dilakukan melalui perhitungan dengan membandingkan antara asupan *(intake rate)* dengan konsentrasi acuan (RfC atau RfD). Hasil perhitungan RQ menunjukkan tingkat risiko kesehatan masyarakat akibat pajanan polutan, dimana apabila nilai RQ ≤ 1 menunjukkan paparan masih berada di bawah batas normal dan seseorang yang terpapar bahan berbahaya masih dalam batas aman dari risiko kesehatan sedangkan jika nilai RQ > 1 menunjukkan bahwa paparan berada di atas normal dan seseorang yang terpapar memiliki risiko kesehatan sepanjang hidupnya.

2. Tujuan dan Paradigma Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Analisis risiko digunakan untuk mengetahui besarnya risiko yang kemudian digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam manajemen risiko. Tujuan yang penting dalam analisis risiko adalah ; 1). Untuk memperkirakan batasan atau akibat dari suatu kejadian terburuk yang mengkin terjadi dengan atau tanpa perkiraan, 2). Membantu dalam penentuan peraturan dan atau pengambilan suatu kebijakan bagi pembuat kebijakan, 3). Untuk memperkirakan besarnya risiko yang masih bisa diterima oleh individu atau populasi yang terpapar.

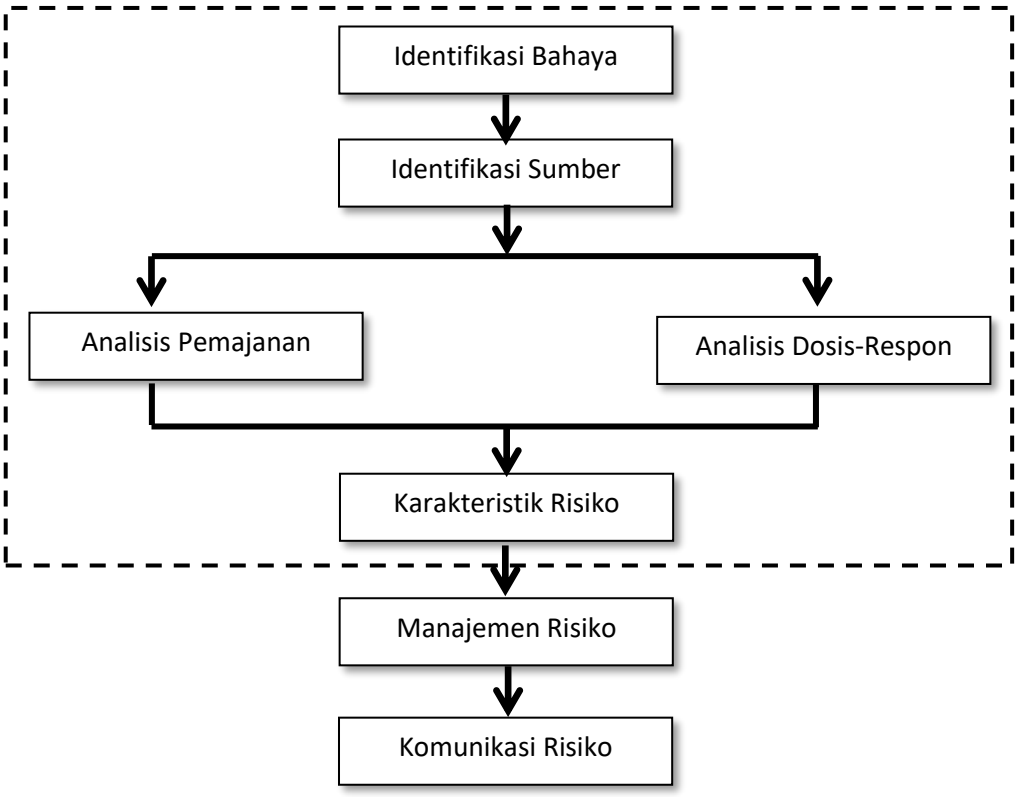
Paradigma analisis risiko untuk kesehatan masyarakat pertama dikemukakan oleh US National Academic of Science pada tahun 3 untuk menilai risiko kanker akibat bahan kimia di dalam

Optimization Software:
www.balesio.com

makanan (NRC, 1983). Menurut paradigma ini, analisis risiko terbagi dalam tiga langkah utama, yaitu penelitian *(research),* analisis risiko (risk assessment) dan manajemen risiko *(risk management)*. Analisis risiko terbagi dalam empat langkah yaitu identifikasi bahaya (hazard identification), analisis dosis-respon *(dose-response assessment),* analisis pemajanan *(exposure assessment)* dan karakteristik risiko *(risk characterization).*

Hasil telaah dari *International Programme on Chemical Safety* (IPCS) tentang metode analisis risiko dan manajemen risiko menyimpulkan bahwa langkah-langkah analisis risiko dan manajemen risiko tidaklah lurus dan satu arah, melainkan berupa proses siklus interaktif dan bahkan berulang-ulang. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam analisis risiko :

Optimization Software:
www.balesio.com

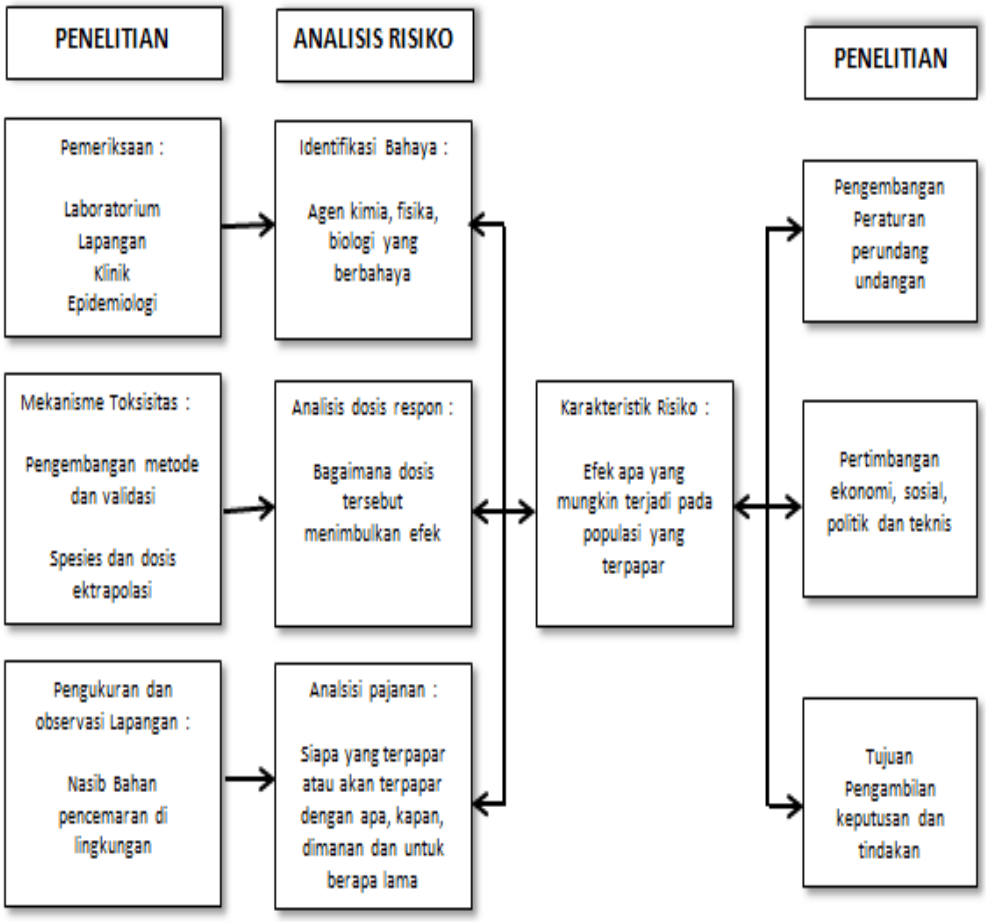


Gambar 2.2 Langkah-Langkah Analisis Risiko (Louvar JF dan Loufar BD 1989 dalam Anwar dan Arif 2014)

Berdasarkan paradigma analisis risiko tersebut, WHO (2004) kemudian merumuskan aturan umum bahwa dalam analisis risiko perlu diawali dengan analisis risiko pendahuluan yang bersifat subjektif dan informal. Langkah ini dilakukan untuk memastikan apakah suatu kasus memerlukan analisis risiko secara formal atau tidak. Analisis risiko pendahuluan merupakan transisi menuju analisis risiko formal yang merupakan suatu proses interactive yang mudahkan persinggungan kritis analisis risiko dengan manajemen o yang kemudian dikenal sebagai proses perumusan masalah.

Optimization Software:
www.balesio.com

Metode, teknik dan prosedur analisis risiko kesehatan lingkungan saat ini dikembangkan dari paradigma seperti di bawah ini :



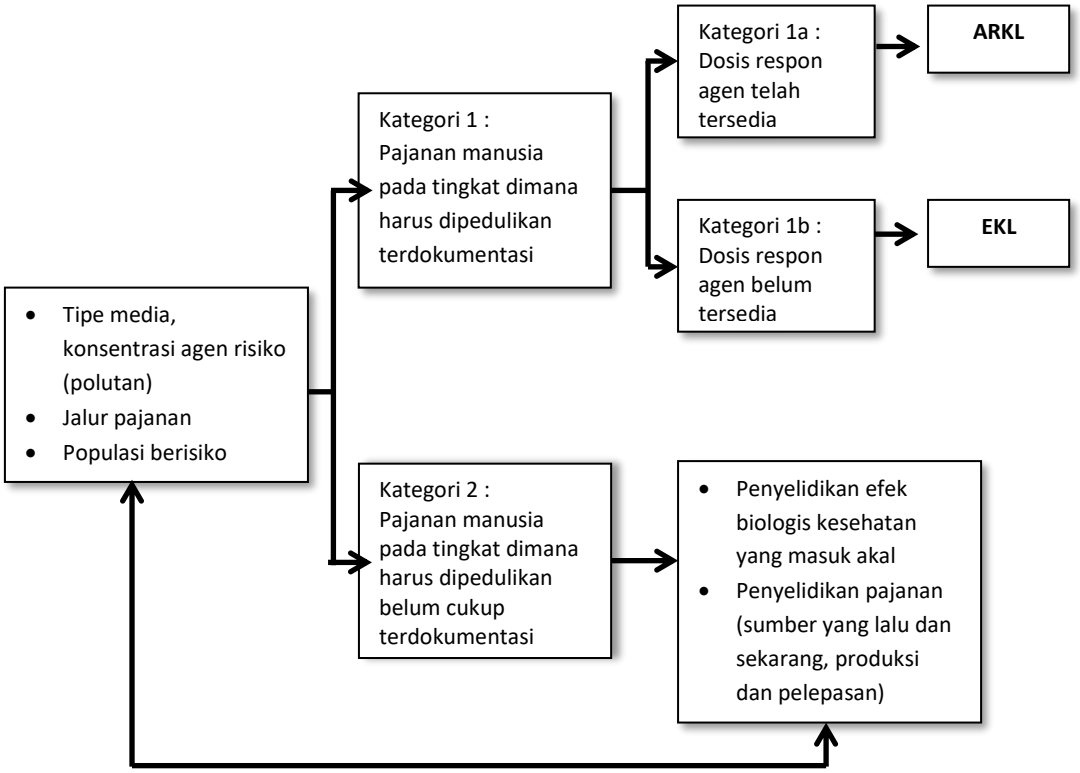
Gambar 2.3 Paradigma Analisis Risiko (NRC, 1983)

3. Dasar dan Prosedur Analisis Kesehatan Lingkungan

Secara garis besar analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) urut *National Research Council* (NRC) terdiri dari empat tahap

Optimization Software:
www.balesio.com

kajian yaitu ; identifikasi bahaya, analisis pajanan, analisis dosis respon dan karakteristik risiko.



Gambar 2.4 Ilustrasi logika pengambilan keputusan untuk menentukan tipe yang dapat dilakukan dalam mempelajari efek lingkungan terhadap kesehatan manusia (Rahman, 2007)

Langkah-langkah diatas tidak harus dilakukan secara berurutan, kecuali karakteristik risiko sebagai tahap akhir. Karakteristik risiko kesehatan pada populasi berisiko dinyatakan secara kuantitatif dengan menggabungkan analisis dosis-respon dengan analisis pajanan. Nilai numerik estimasi risiko kesehatan kemudian digunakan untuk merumuskan pilihan-pilihan manajemen risiko untuk gendalikan risiko tersebut. Selanjutnya manajemen risiko

Optimization Software:
www.balesio.com

dikomunikasikan ke pihak-pihak yang berkepentingan agar risiko potensial dapat diketahui, diminimalkan atau dicegah.

4. Metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Analisis risiko adalah proses literatif yang mengarah ke kuantifikasi risiko potensial. Penekanannya pada penilaian risiko kesehatan manusia akibat paparan bahan kimia tertentu yang persisten. Penilaian ini bertujuan untuk melihat beberapa skenario paparan dan menghitung risiko tambahan yang terkait dengan masing-masing skenario serta keseluruhan skenario yang timbul dari semua skenario yang digabungkan.

Kajian ARKL dimulai dengan memeriksa secara cermat apakah data dan informasi telah tersedia yang meliputi ; 1) jenis spesi kimia agent risiko, 2) dosis referensi untuk setiap spesi kimia agent risiko, 3) media lingkungan tempat agen berada (udara, air, tanah dan pangan), 4) konsentrasi agent risiko dalam media lingkungan yang bersangkutan, 5) jalu-jalur pajanan agent risiko (sesuai media lingkungannya), 6) populasi dan sub-sub populasi yang berisiko dan 7) gangguan kesehatan (gejala penyakit atau penyakit) yang terindikasi sebagai efek pajanan agent risko yang merugikan kesehatan pada semua segmen populasi berisiko.

Jika sekurang-kurangnya data dan informasi 1 s/d 4 telah edia, maka ARKL sudah dapat dikerjakan. Terdapat dua kajian L yang dapat dilakukan yaitu :

Optimization Software:
www.balesio.com

a. Evaluasi di atas meja (desk evaluation), selanjutnya disebut ARKL meja. 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 agent risiko dalam media lingkungan bermasalah, dosis referensi agent risiko dan nilai default faktor-faktor antropometri pemajanan untuk menghitung intake atau 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 diperoleh dari lapangan bukan dengan asumsi atau stimulasi. Kajian ini memerlukan data dan informasi tentang jalur pemajanan dan populasi berisko.

Berikut adalah langkah-langkah ARKL meja maupun ARKL lengkap :

1. Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya atau hazard identification adalah tahap awal analisis risiko kesehatan lingkungan untuk mengenali risiko. Informasinya dapat ditelusuri dari sumber dan penggunaan risk agent memakai agent oriented. Identifikasi bahaya juga bisa dilakukan dengan mengamati gejala penyakit yang berhubungan dengan toksisitas risk agent di masyarakat yang telah terkumpul

Optimization Software:
www.balesio.com

dalam studi-studi sebelumnya baik di wilayah kajian atau tempat-tempat lain. Penelusuran seperti ini dikenal sebagai pendekatan diseases oriented.

2. Analisis Pajanan

Analisis pajanan atau exposure assessment yang juga disebut sebagai penilaian kontak, bertujuan untuk mengenali jalur-jalur pajanan risk agent tentang jumlah asupan yang diterima individu dalam populasi berisiko dapat dihitung. Pada penilaian tersebut dilakukan estimasi pajanan maksimum lingkungan dengan memanfaatkan suatu daerah dimasa yang akan datang. Pengetahuan estimasi pajanan yang telah terjadi merupakan suatu hal yang penting. Jika kedua data sebelumnya telah terkumpul maka estimasi pajanan dimasa datang dapat dipakai sebagai dasar pengelolaan dalam pengambilan keputusan. Data dan informasi yang dibutuhkan untuk menghitung asupan adalah semua variabel yang terdapat dalam persamaan (1) (ATSDR, 2005).

$$I = \frac{C \times R \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$ **persamaan 1**

Dimana :

I = asupan (intake) mg/kg/hari

Optimization Software:
www.balesio.com

C = konsentrasi risk agent (mg/m^3) untuk medium udara, mg/l untuk medium air minum dan g/kg untuk makanan atau pangan.

R = laju asupan atau komsumsi, m^3/jam untuk inhalasi, l/hari untuk air minum dan g/hari untuk makanan

f_E = frekuensi pajanan

D_t = durasi pajanan, tahun (real time atau proyeksi 30 tahun untuk nilai default residensial)

Wb = berat badan (Kg)

Tavg = periode waktu rata-rata (30 x 365 hari/tahun untuk zat non karsinogen dan 70 x 365 hari/tahun untuk zat karsinogen)

Tabel 2.4 Aspek-Aspek Yang Perlu diperhatikan Dalam Analisis Pajanan

Aspek-Aspek	Keterangan
Agent	Biologis, kimia, fisika agent tunggal, berganda dan campuran
Sumber	Antropogenik/non antropogenik, area/titik, bergerak/diam, indoor/outdoor
Media pembawa *(carrier medium)*	Air, udara, tanah, debu, makanan, produk
Jalur pajanan *(exposure pathways)*	Makan makanan yang terkontaminasi, menghirup udara yang terkontaminasi, menyentuh permukaan benda
Konsentrasi pajanan	Mg/kg (makanan), mg/liter (air), µm/cm3 (udara), µm/cm2 (permukaan terkontaminasi, % (berat)
Rute pajanan	Inhalasi, kontak kulit, ingesti, rute berganda
Durasi	Detik, menit, jam, hari, minggu, bulan, tahun, seumur hidup
Frekuensi	Kontinu, intermiten, bersiklus, acak
Latar pajanan	Lingkungan kerja/nukan lingkungan kerja, pemukiman/nukan pemukiman, indoor/outdoor
Populasi terpajan	Populasi umum, sub populasi, individu
Lingkup geografis	Tempat/sumber spesifik, lokal, regional, nasional, internasional, global
Kerangka waktu	Masa lalu, masa sekarang, masa depan, trend

Sumber : WHO, 2000

Optimization Software:
www.balesio.com

Konsentrasi risk agent dalam media lingkungan dilakukan sesuai dengan karakteristik statistiknya. Jika distribusi konsentrasi risk agent normal, bisa digunakan nilai aritmatik meannya sedangkan jika tidak normal maka harus digunakan log normal atau mediannya. Normal tidaknya distribusi konsentrasi risk agent dapat ditentukan dengan menghitung *coeficience of variance* (VoC) yaitu SD (standar deviasi) dibagi mean. Jika nilai VoC ≤ 20% distribusi dianggap normal dan karena itu dapat digunakan nilai mean (NRC, 1983 dalam Novitasari 2016).

Optimization Software:
www.balesio.com

Tabel 2.5 Nilai default Faktor Pajanan (Rahman, 2007)

Tataguna Lahan	Jalur Pajanan	Asupan Harian	Frekuensi Pajanan (hari/tahun)	Durasi Pajanan (tahun)	Berat Badan (Kg)
Residensial	Air minum	2 L (dewasa)	350	30	70-55
		1 L (anak)	350	6	15
	Tanah/debu (tertelan)	100 mg (dewasa)	350	24	70-55
		200 mg (anak)	350	6	15
	Inhalasi (terhirup)	20 m3 (dewasa) 0,03 m3/jam	350	30	70-55
		12 m3 (anak) 0,5 m3/jam	350	6	15
Industri & Komersial Pertanian	Air Minum	1 L	250	25	70-55
	Tanaman pekarangan	42 g (buah-buahan)	350	30	70-55
		80 g (sayur mayur)	350	30	70-55
	Air minum	2 L (dewasa)	350	30	70-55
		1 L (anak)	350	6	15
	Tanah/debu (tertelan)	100 mg (dewasa)	350	24	70-55
		200 mg (anak)	350	6	15
	Inhalasi (terhirup)	20 m3 (dewasa) 0,03 m3/jam	350	30	70-55
Rekreasi	Ikan tangkapan	54 g	350	30	75-55

Sumber dari *Exposure Factors Handbook* (US-EPA, 1997)

Optimization Software:
www.balesio.com

3. 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 doses atau RfD) untuk efek non karsinogenik dan cancer slop faktor (CSF) atau cancer unit risk (CUR) untuk efek-efek karsinogen. Analisis dosis-respon merupakan tahap yang paling menentukan. ARKL hanya bisa dilakukan untuk risk agent yang sudah ada dosis responnya.

Menurut IPCS, reference dose adalah toksisitas kuantitatif nonkarsinogenik, menyatakan estimasi dosis pajanan harian yang diperkirakan tidak menimbulkan efek merugikan kesehatan meskipun berlanjut sepanjang hayat atau terus menerus (Rahman, 2007 dalam Novitasari, 2016). *Dosis referensi* dibedakan untuk pajanan oral atau tertelan (ingesti untuk makanan dan minuman) yang dsebut RfD dan untuk pajanan inhalasi disebut *reference consentration* (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 dalam Novitasari, 2016).

Optimization Software:
www.balesio.com

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 pada manusia sedangkan LOAEL berarti dosis terendah yang masih menimbulkan efek.

Tabel 2.6. Beberapa Nilai *Reference Dose* (RfD) Agen Risiko

Agen Risiko	RfD
Arsen Anaorganik (As)	3E-4
Kadmium (Cd)	5E-4 (water) 1E-3 (food)
Krom Cr^{6+}	3E-3 (water) 8E-6 (inhalation)
Merkuri (MeHg)	1E-4 mg/kg/hari (ingesti)
Sianida (CN)	2E-2 mg/kg/hari (food and drinking water)

Sumber : http://www.epa.gov/iris

4. Karakteristik Risiko

Karakteristik risiko kesehatan dinyatakan sebagai Risk Quotient (RQ) untuk efek-efek non karsinogenik. RQ dihitung dengan membagi asupan nonkarsinogenik (I_{nk}) risk agent dengan RfD atau RfC nya menurut persamaan 2 (ATSDR, 2005) :

Optimization Software:
www.balesio.com

$$RQ = \frac{I_{nk}}{RfD}$$ **Persamaan 2**

Dimana :

RQ = Risk Quotient (tingkat risiko)

I_{nk} = Intake (asupan) mg/kg/hari

RfD = Dosis referensi (mg/kg/hari)

Baik I_{nk} maupun *RfD* harus spesifik untuk setiap spesi kimia risk agent dan jalur pejanannya. Risiko kesehatan dinyatakan ada dan perlu dikendalikan jika RQ ≥ 1. Jika RQ ≤ 1, risiko tidak perlu dikendalikan tetapi perlu dipertahankan agar nilai numerik RQ tidak melebihi 1. Untuk estimasi target bahaya (THQ) yang berpotensi terjadi jika seseorang mengkomsumsi suatu bahan makanan atau minuman yang terkontaminasi oleh bahan kimia/kontaminan toksik tertentu baik yang bersifat karsinogenik maupun non karsinogenik menggunakan persamaan yaitu :

$$THQ = \frac{EF \times ED \times FIR \times C}{RfD \times BW \times AT} \times 10^{-3}$$ **Persamaan 3**

Dimana :

EF : Frekuensi pajanan (365 hari/tahun)

ED : Durasi pajanan (30 tahun)

FIR : Tingkat komsumsi makanan (gram/orang/hari)

C : Konsentrasi logam

Optimization Software:
www.balesio.com

RfD : Dosis referensi oral (μgxg^{-1}/hari)

BW : Berat badan (60 kg)

AT : Waktu paparan rata-rata non karsinogenik (365 hari/tahun x ED)

5. Manajemen Risiko

Berdasarkan karakteristik risiko, dapat dirumuskan pilihan-pilihan manajemen risiko untuk meminimalkan RQ dan efek risk agent dengan mengubah nilai faktor-faktor pemajanan yang tercakup dalam persamaan (1) sedemikian rupa sehingga asupan lebih kecil atau sama dengan dosis referensi toksisitasnya.

Berikut manajemen risiko yang dapat dilakukan untuk meminimalisir pengaruh negatif dari pemajanan, yaitu :

1. Menurunkan konsentrasi risk agent bila pola dan waktu komsumsi tidak dapat diubah. Cara ini menggunakan prinsip I_{nk} = RfD, maka persamaan yang digunakan adalah :

$$C = \frac{RfD \times W_b \times t_{avg}}{R \times f_E \times D_t} \text{ mg/l} \qquad \textbf{Persamaan 4}$$

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

$$R = \frac{RfD \times W_b \times t_{avg}}{C \times f_E \times D_t} \text{ g/hari} \qquad \textbf{Persamaan 5}$$

Optimization Software:
www.balesio.com

3. Mengurangi waktu kontak bila konsentrasi risk agent dan pola komsumsi tidak dapat di ubah. Cara ini juga sering digunakan dalam strategi studi epidemiologi kesehatan lingkungan. Persamaan yang digunakan adalah :

$$D_t = \frac{RfD \times W_b \times t_{avg}}{C \times f_E \times R} \text{ tahun} \qquad \textbf{Persamaan 6}$$

Keterangan :

C : Konsentrasi bahan pencemar (mg/kg atau mg/l)

R : Laju asupan

D_t : Durasi Pajanan (tahun)

RfD : Dosis referensi

Wb : Berat badan (kg)

t_{avg} : Periode waktu rata-rata (70 tahun untuk efek cancer)

f_E : Frekuensi Pajanan tahunan (hari/tahun)

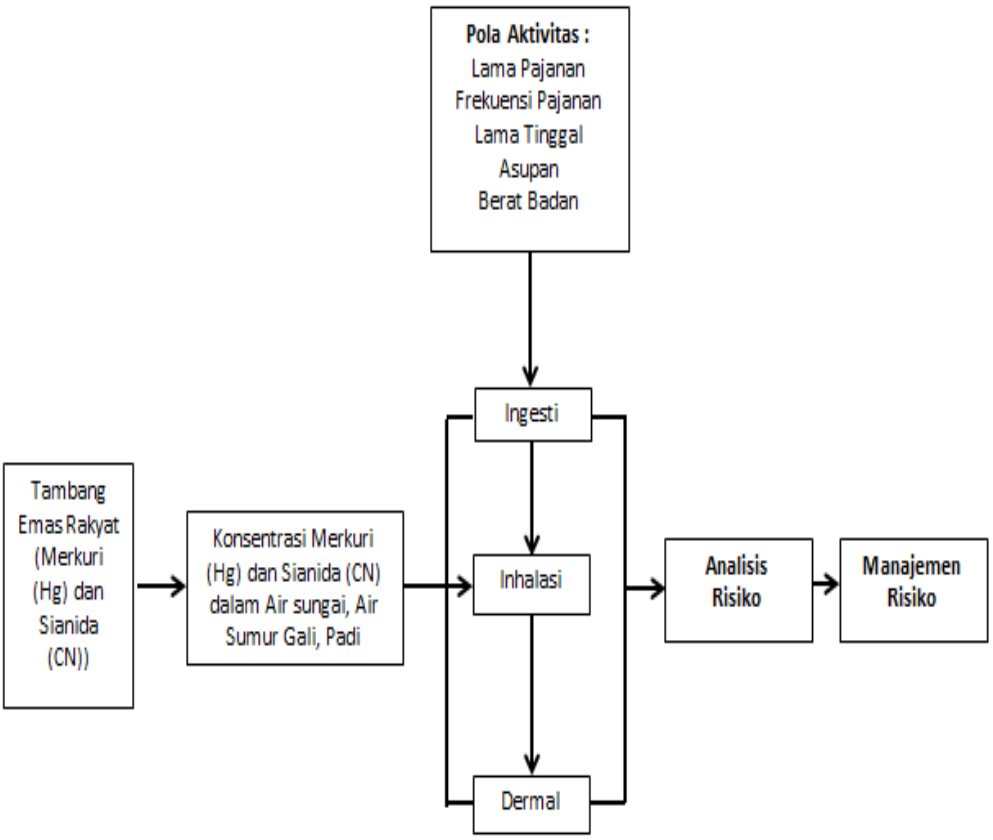
H. Kerangka Teori

Dampak dari suatu kegiatan penambangan emas rakyat selain dapat bersifat positif namun juga dapat memberikan dampak negatif. Penggunaan merkuri (Hg) dan sianida (CN) dalam proses amalgam dan leaching tentunya akan membawa dampak negatif bagi ekosistem dan hidup. Pembuangan limbah hasil proses pengolahan dapat ari sungai yang kemudian dapat mencemari sumber-sumber air asyarakat di sepanjang daerah aliran sungai. Kerusakan ekologis

Optimization Software:
www.balesio.com

di daerah hilir daerah aliran sungai 80% disebabkan oleh akumulasi limbah melalui aliran sungai. Penggunaan air sungai sebagai irigasi dalam sektor pertanian tentunya juga dapat berdampak negatif dan akan menimbulkan pencemaran terhadap tanaman salah satunya adalah tanaman padi. Intake terhadap polutan merkuri (Hg) dan sianida (CN) dapat melalui oral, inhalasi dan dermal. Intake tersebut akan sangat dipengaruhi oleh faktor antropometri/pola aktivitas masyarakat meliputi lama pajanan, frekuensi pajanan, lama tinggal, asupan dan berat badan. Intake merkuri (Hg) dan sianida (CN) oleh tubuh manusia dapat melalui jalur ingesti, inhalasi maupun dermal. Konsentrasi merkuri (Hg) dan sianida (CN) dalam tubuh sangat dipengaruhi oleh pola aktivitas seseorang yaitu lama pajanan, frekuensi pajanan, asupan, berat badan dan lama tinggal. Sebagai salah satu upaya yang perlu dilakukan adalah dengan melakukan analisis risiko kesehatan lingkungan yang bertujuan mengetahui tingkat risiko kesehatan masyarakat yang disimbolkan dengan RQ dan target bahaya atau THQ serta manajemen risiko.

Optimization Software:
www.balesio.com



Gambar 2.5 Kerangka Teori

I. Kerangka Konsep

1. Dasar Pemikiran Variabel

Aktivitas manusia akan menghasilkan barang sisa. Barang sisa tersebut dapat berupa zat padat, cair ataupun gas yang jika tidak diolah dengan baik sesuai dengan cara yang tepat maka zat sisa tersebut tidak hanya berdampak pada kesehatan manusia namun juga berdampak pada lingkungan dan kelestarian alam. Merkuri (Hg) dan Sianida (CN) merupakan polutan yang bersifat toksik yang keberadaannya di lingkungan sangat membahayakan keberlajutan

Optimization Software:
www.balesio.com

ekosistem dan kesehatan manusia. Dampak dari suatu kegiatan pertambangan dapat bersifat positif namun juga memberikan dampak negatif terhadap ekosistem. Pengolahan emas dengan menggunakan metode *amalgam* dan *leaching,* memungkinkan terbuangnya ke lingkungan yang mengakibatkan terjadinya degradasi lahan pada fase pasca penambangan berupa perubahan bentang lahan, hilangnya unsur hara dan menurunnya kesuburan lahan sebagai sektor primer khususnya sektor pertanian. Kerusakan ekologis di daerah hilir DAS atau kawasan pesisir dan laut sebesar 80% disebabkan oleh akumulasi limbah yang dialirkan dari daerah hulu melalui aliran sungai pada suatu DAS. Terjadinya pencemaran sumber-sumber air bersih masyarakat, meningkatnya kandungan logam berat pada hasil tanaman menunjukkan menurunnya kualitas tanah dan keracunan pada tanaman yang berdampak pada pencemaran lingkungan, oleh karena itu perlu dilakukan suatu analisis risiko kesehatan akibat pajanan merkuri (Hg) dan sianida (CN) melalui analisis risiko kesehatan lingkungan dengan mengetahui tingkat risiko kesehatan masyarakat (RQ) dan target bahaya (THQ) dan manajemen risiko sebagai upaya pengendalian pajanan merkuri (Hg) dan sianida (CN) bagi masyarakat.

Optimization Software:
www.balesio.com

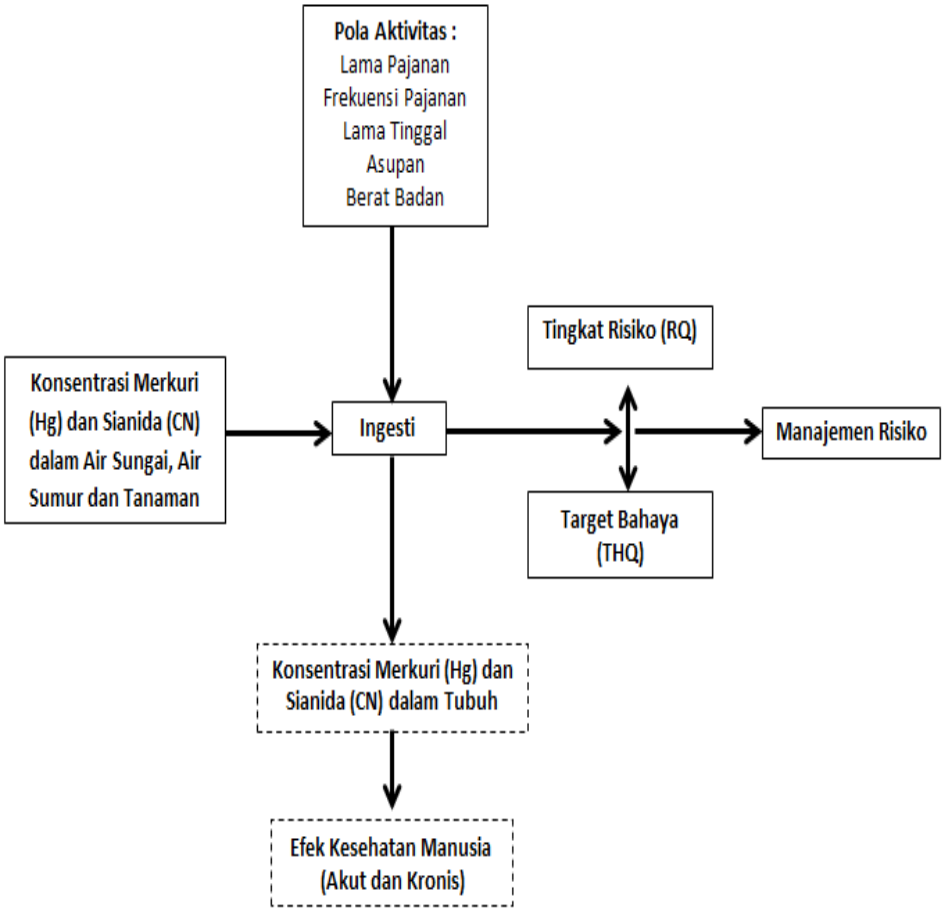
2. Bagan Rancangan Penelitian

Dalam penentuan tingkat risiko dan target bahaya pajanan merkuri (Hg) dan sianida (CN) pada manusia sangat dipengaruhi oleh konsentrasi merkuri (Hg) dan sianida (CN) dalam air sungai, air sumur dan tanaman serta pola aktivitas yang terdiri dari lama pajanan, frekuensi pajanan, lama tinggal, asupan dan berat badan. Laju komsumsi merupakan jumlah kosumsi makanan oleh seseorang setiap harinya melalui komsumsi sayur. Semakin besar laju asupan maka semakin besar tingkat risiko dan target bahaya seseorang terpajan oleh sumber polutan yang terkandung dalam makanan atau minum yang dikomsumsi sehingga dapat dibuat suatu manajemen risiko dalam upaya mengurangi laju paparan bahan polutan terhadap manusia.

Tingkat risiko dan target bahaya berkaitan dengan lama seseorang berada di tempat yang bersumber bahan polutan. Semakin lama seseorang tinggal dan menetap pada suatu daerah yang terpajan oleh polutan makan semakin besar peluangnya akan terpajan. Frekuensi pajanan merupakan total jumlah hari dalam setahun seseorang berada pada daerah atau wilayah dan mengkomsumsi makanan atau minuman yang sudah terkontaminasi bahan polutan sedangkan berat badan merupakan faktor utama dalam ghitung laju asupan karena semakin besar berat badan orang maka semakin kecil dosis internal yang diterima.

Optimization Software:
www.balesio.com

Konsentrasi merkuri (Hg) dan sianida (CN) dalam tubuh dan efek kesehatan masyarakat (akut dan kronis) akibat mengkomsumsi air dan tanaman melalui oral/ingesti dalam penelitian bukan sebagai variabel yang diteliti. Dengan demikian kerangka konsep penelitian ini adalah sebagai berikut :



Keterangan :

= Variabel yang diteliti

= Variabel yang tidak diteliti

Gambar 2.6 Kerangka Konsep Penelitian

Optimization Software:
www.balesio.com

J. Defenisi Operasional

1. Konsentrasi merkuri dan sianida adalah besarnya konsentrasi senyawa merkuri dalam sampel air sungai, air sumur gali dan tanaman pada Desa Kayeli
2. Frekuensi pajanan (f_E) adalah jumlah hari dalam setahun responden terpajan oleh senyawa merkuri dan sianida melalui air minum dan tanaman yang dikomsumsi. Nilai frekuensi pajanan (f_E) diperoleh dengan mengurangi jumlah hari dalam setahun (365 hari) dengan jumlah hari keluar seseorang tidak berada di rumah pada daerah yang terpajanan polutan.
3. Durasi pajanan (D_t) adalah lama tinggal masyarakat pada lokasi penelitian (tahun).
4. Laju asupan (R) adalah laju komsumsi air minum oleh masyarakat dimana dalam penelitian ini penetapan laju asupan mengacu pada standar yang digunakan US-EPA yaitu 2 liter/orang/hari untuk air minum dan 42 gram untuk buah serta 80 gram untuk sayuran.
5. Berat badan (W_b) adalah jumlah massa tubuh responden yang diukur saat penelitian dilakukan dengan menggunakan timbangan dalam satuan kilogram.
6. Tingkat risiko (RQ) adalah nilai prakiraan besarnya kemungkinan terjadinya gangguan kesehatan pada responden akibat efek pajanan kuri dan sianida melalui komsumsi air sumur gali dan tanaman.

Optimization Software:
www.balesio.com

Kriteria objektif :

Berisiko : jika nilai RQ > 1

Tidak berisiko : jika nilai RQ ≤ 1

7. Target bahaya (THQ) adalah nilai prakiraan besarnya kemungkinan bahaya yang ditimbulkan akibat efek pajanan merkuri dan sianida melalui komsumsi air sumur gali dan tanaman.

   Berisiko : jika nilai THQ > 1

   Tidak berisiko : jika nilai THQ ≤ 1

Optimization Software:
www.balesio.com