

ILMU LINGKUNGAN PANAS BUMI, GEOLOGI PERTAMBANGAN MINERAL, MIGAS, BATUBARA

Penyusun :

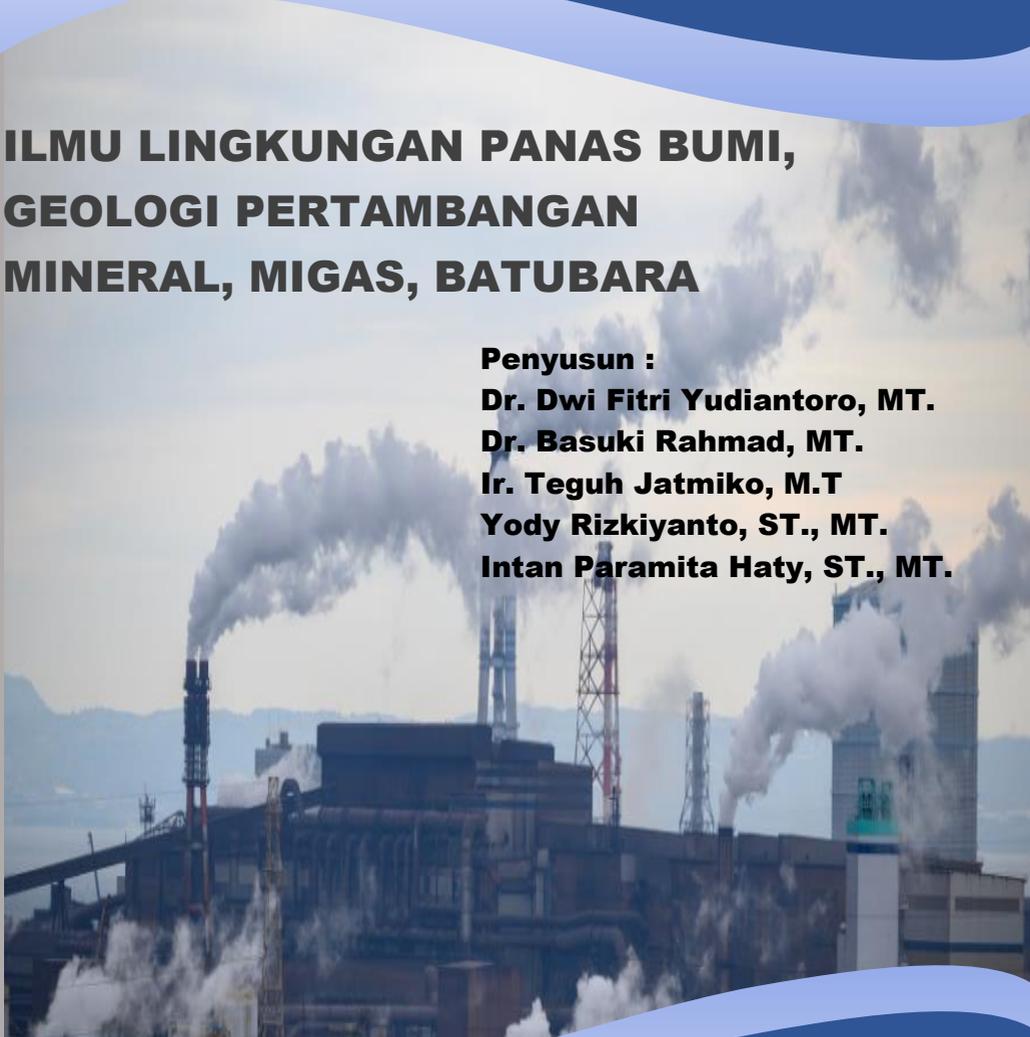
Dr. Dwi Fitri Yudiantoro, MT.

Dr. Basuki Rahmad, MT.

Ir. Teguh Jatmiko, M.T

Yody Rizkiyanto, ST., MT.

Intan Paramita Haty, ST., MT.



**JURUSAN TEKNIK GEOLOGI
UPN 'VETERAN' YOGYAKARTA
2022**

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap puji syukur kehadirat Allah Yang Maha Kuasa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyusun Buku Bahan Ajar “**ILMU LINGKUNGAN PANAS BUMI, GEOLOGI PERTAMBANGAN MINERAL, MIGAS, BATUBARA**”.

Buku Ajar ini disusun secara khusus dengan mempertimbangkan pemamahan dasar aspek geologi terhadap aspek lingkungan di kawasan pertambangan batubara, mineral, panas bumi dan minyak serta gas bumi.

Dengan tersusunnya Buku Ajar ini diharapkan dapat membantu para pembaca khususnya mahasiswa geologi untuk mempelajari lebih dalam mengenai pengetahuan ilmu lingkungan di kawasan pertambangan. Diharapkan pula bahwa mahasiswa geologi dapat juga melakukan penelitian terkait dengan ilmu lingkungan.

Buku ini disusun dari berbagai sumber pustaka dan tentunya banyak sekali kekurangan dalam penyajiannya. Dengan demikian dengan ketulusan hati penulis ucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah berperan aktif dalam penyusunan Buku Ajar ini.

Yogyakarta, 27 Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
BAB I	1
DAMPAK KIMIA LINGKUNGAN PANAS BUMI	1
I.1. Tahapan Kegiatan Eksplorasi Panasbumi	1
I.2. Dampak Kimia Dari Pembangunan Geotermal	2
I.3. Komposisi Bahan Kimia Pembangkitan Geotermal	2
I.4. Perilaku Kimia Pencemar Geotermal	4
I.5. Prediksi Dan Pemantauan Pembuangan Kimia	8
BAB II	9
DAMPAK LINGKUNGAN PANAS BUMI	9
II.1. Penanganan Dampak Lingkungan Operasional PLTP	9
II.1.1. Penanganan Gas	9
II.1.2. Penanganan Limbah Padat	10
II.1.3. Penanganan Limbah Air PLTP	11
II.1.4. Penanganan Air Kondensat dan Brine	12
II.1.5. Penanganan Air Limbah Domestik	13
II.1.6. Penanganan Oli Bekas dan Air Limbah dari Bengkel	14
II.1.7. Penanganan Limbah Minyak, Bahan Kimia dan Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)	14

II.2. Pengukuran Faktor Fisik dan Kimiawi Perairan	23
BAB III	26
TAMBANG EMAS RAKYAT	26
III.1. Tambang Emas	26
III.2. Pencemaran Merkuri Dalam Tanah	27
III.3. Pencemaran Merkuri Dalam <i>Tailing</i>	28
III.4. Dampak Pencemaran Merkuri	29
III.5. Uji Kadar Merkuri	30
BAB IV	38
DAMPAK TERHADAP LINGKUNGAN TAMBANG EMAS PERUSAHAAN, TAMBANG RAKYAT DAN NIKEL	38
IV.1. Dampak terhadap lingkungan: Dataran Tinggi. 38	
IV.1.1. High Grading	38
IV.1.2. Air Asam Batuan (<i>'Acid Rock Drainage'</i> – ARD)	38
IV.2. Dampak terhadap lingkungan: Dataran Rendah 44	
IV.2.1. Tumbuhan dan Logam Berat	46
IV.2.2. Satwa Liar dan Logam Berat	47
IV.2.3. TTS dan Kekeruhan Air Tawar	50
IV.2.4. Bioavailability dari Tembaga Terlarut	50
IV.2.5. Racun Tembaga Terlarut Pada Spesies Air Tawar	51

IV.3. Dampak terhadap lingkungan: Diluar Konsesi Penambangan	58
IV.3.1. Taman Nasional Lorentz	58
BAB V	59
ANALISA KUALITAS LINGKUNGAN PADA EKSPLOITASI MINYAK BUMI	59
V.1. Konsumsi Energi dan Pertumbuhan Penduduk ..	59
V.2. Kontribusi Minyak Bumi Terhadap Pembangunan Nasional dan Kemakmuran (Kesejahteraan)	61
V.3. Dampak Lingkungan akibat Industri Migas	62
V.4. Analisa Keberlanjutan SDA Minyak dengan Praktek Pengelolaan Saat ini	65
V.5. Keberlanjutan SDA dengan Usaha Perubahan Tata Kelola	70
BAB IV	72
DAMPAK AIR ASAM TAMBANG TERHADAP LINGKUNGAN	72
VI.1. Pertambangan Batubara Indonesia	72
VI.1.1. Dampak Negatif Penambangan Batubara (Terbuka)	72
VI.2. Air Asam Tambang (AAT)	73
VI.2.1. Pengelolaan AAT	76
VI.2.2. Tujuan Pencegahan Dan Mitigasi	77
VI.2.1. Pengolahan AAT	77

BAB I

DAMPAK KIMIA LINGKUNGAN PANAS BUMI

I.1. Tahapan Kegiatan Eksplorasi Panasbumi

- **Survei Pendahuluan** : Kegiatan yang meliputi pengumpulan, analisis, dan penyajian data yang berhubungan dengan informasi kondisi geologi, geofisika, dan geokimia untuk memperkirakan letak dan adanya sumber daya panas bumi serta Wilayah Kerja.
- **Eksplorasi** : Rangkaian kegiatan yang meliputi penyelidikan geologi, geofisika, geokimia, pemboran uji, dan pemboran sumur eksplorasi yang bertujuan untuk memperoleh dan menambah informasi kondisi geologi bawah permukaan guna menemukan dan mendapatkan perkiraan potensi panas bumi. Kegiatan eksplorasi ini sudah selesai dikerjakan dan siap dilanjutkan ke tahap pengembangan (eksploitasi).
- **Studi Kelayakan** : Tahapan kegiatan usaha panas bumi untuk memperoleh informasi secara rinci seluruh aspek yang berkaitan untuk menentukan kelayakan usaha panas bumi, termasuk penyelidikan atau studi jumlah cadangan yang dapat dieksploitasi di wilayah kerja tersebut.
- **Eksplorasi** : Rangkaian kegiatan pada suatu wilayah kerja tertentu yang meliputi pemboran sumur pengembangan dan sumur reinjeksi, pembangunan fasilitas lapangan dan operasi produksi sumber daya panas bumi. Guna memasok uap ke pembangkit listrik panas bumi perlu dilakukan pemboran sejumlah sumur dari suatu lokasi pemboran (wellpad).
- **Pemanfaatan tidak langsung** : Kegiatan usaha pemanfaatan energi panas bumi untuk pembangkit tenaga listrik, baik untuk kepentingan umum maupun untuk kepentingan sendiri.
- **Pemanfaatan langsung** : Kegiatan usaha pemanfaatan energi dan/atau vida panas bumi untuk keperluan non-listrik, baik untuk kepentingan umum maupun untuk kepentingan sendiri.

I.2. Dampak Kimia Dari Pembangunan Geotermal

Pembangkit listrik tenaga panas bumi sering dianggap sebagai alternatif "bersih" untuk bahan bakar fosil atau pembangkit listrik tenaga nuklir.

Meskipun kontaminasi kimiawi terhadap lingkungan dapat terjadi melalui pembuangan gas, uap dan lubang atau air pendingin, dampaknya dapat diminimalkan atau bahkan dihilangkan dengan pengelolaan yang cermat.

I.3. Komposisi Bahan Kimia Pembangkitan Geotermal

1. Gas

Pembangkit listrik tenaga panas bumi menggunakan pabrik siklus uap standar akan menghasilkan pelepasan gas yang tidak dapat dikondensasi, dan partikel padat halus (*partikulat*) ke atmosfer.

Pada dominasi uap seperti *Larderello* (Italia) dan *The Geysers* (AS), semua cairan limbah diinjeksikan kembali, gas dalam uap akan menjadi pembuangan terpenting dari perspektif lingkungan.

Emisi gas berkelanjutan yang paling signifikan akan berasal dari pembuangan gas pembangkit listrik, seringkali dibuang melalui menara pendingin.

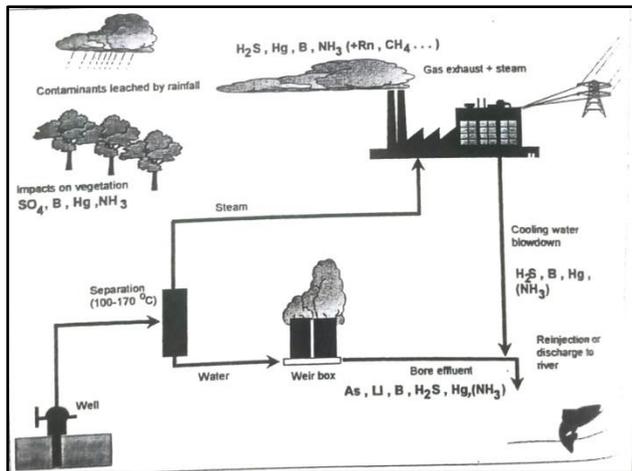
Meskipun sebagian besar adalah karbon dioksida (CO_2), gas panas bumi dapat mencakup gas hidrogen sulfida (H_2S).

Dampak pelepasan H_2S akan bergantung pada topografi lokal, pola angin dan penggunaan lahan, tetapi termasuk pengaruh yang tidak menyenangkan bau, korosi peralatan, iritasi mata dan kerusakan pernafasan pada manusia. H_2S dilarutkan dalam aerosol air, seperti kabut, bereaksi dengan oksigen atmosfer untuk membentuk senyawa pendorong sulfida yang lebih teroksidasi.

Meskipun beberapa dari senyawa sulfur teroksidasi telah diidentifikasi sebagai komponen "hujan asam", hubungan langsung antara emisi H_2S dan hujan asam belum terbentuk.

Gas panas bumi mungkin juga mengandung gas amonia (NH_3), jumlah jejak uap merkuri (Hg) atau boron (B), hidrokarbon seperti metana (CH_4) atau etana (C_2H_6), dan radon (Rn). Meskipun kadar Rn harus dipantau, jumlahnya sedikit. Bukti bahwa tingkat dinaikkan di atas latar belakang oleh emisi gas panas bumi.

B, NH_3 , dan, pada tingkat yang lebih rendah, Hg terlepas dari atmosfer oleh hujan, menyebabkan kontaminasi tanah dan / atau vegetasi. B, khususnya, dapat berdampak serius pada vegetasi. Kontaminan yang terlepas dari atmosfer juga dapat mempengaruhi permukaan air dan berdampak pada kehidupan akuatik.



Gambar 1.1. Ringkasan pembuangan dan kontaminan kimia utama dari pembangkit listrik tenaga panas bumi siklus-uap di lapangan panas bumi air panas

2. Bor dan Air Pendingin

Sebagian besar air sumur mengandung konsentrasi tinggi setidaknya satu dari kontaminan kimia berikut: litium (Li), B, arsen (As), H_2S , Hg, dan terkadang amonia (NH_3).

Jika dibuang ke sungai atau danau, kontaminan tersebut berpotensi merusak kehidupan akuatik, tumbuhan darat dan / atau kesehatan manusia. Pembuangan air bor yang sangat asin juga dapat berdampak buruk pada kualitas air. Dalam fitur geotermal alami, dampak kontaminan tersebut dapat dikendalikan oleh pengendapan di dekat fitur atau fiksasi di tanah dan sedimen. Hg dan As diendapkan dalam sinters silika, misalnya, dan NH_3 diambil oleh tanah. Kondensat uap biasanya memiliki konsentrasi yang lebih tinggi dari H_2S , Hg,

NH₃, dan, pada tingkat yang lebih rendah. Akibatnya, kontaminan ini dapat terkonsentrasi dalam pembuangan air pendingin.

Meskipun pembuangan rutin adalah fokus dari jalur pendek ini, ada sumber kontaminasi potensial lainnya. Tumpahan atau kebocoran bahan kimia selama operasi pembangkit listrik adalah contoh masalah yang tidak dapat diprediksi, tetapi biasanya dapat dihindari. Dampak bahan bakar, pelumas, biosida dan bahan kimia dosis lainnya, dan bahan kimia spesialis, seperti hidrokarbon yang digunakan untuk pertukaran panas di pabrik biner, harus dipertimbangkan selama penilaian dampak lingkungan.

Tabel 1.1. Konsentrasi kontaminan (ppm) dalam fluida dan gas panas bumi tertentu, dan di air tawar rata-rata dunia

	Li	B	As	Hg	H ₂ S	NH ₃
Freshwater	0.003	0.01	0.002	0.00004	<dl	0.04
Deep well waters						
Salton Sea (US)	215	390	12	0.006	16	386
Cerro Prieto (Mex)	-	19	2.3	0.00005	0.16	127
Wairakei (NZ)	14	30	4.7	0.0002	1.7	0.20
Steam (s) or non-condensable gases (ncg)						
Geysers (US)(s)	-	16	0.019	0.005	540	700
Geysers (US)(ncg)	-	-	-	-	222	52
Cerro Prieto (s)	-	-	-	0.04	-	-
Cerro Prieto (ncg)	-	-	-	-	350	190
Wairakei (s)	-	0.23	-	0.002	52	4
Wairakei (ncg)	-	0.052	-	-	400	7.5

I.4. Perilaku Kimia Pencemar Geotermal

Dampak lingkungan dari B, Hg, As, H₂S dan NH₃, secara langsung dipengaruhi oleh reaksi kimia yang melibatkan kontaminan ini seperti oksidasi, reduksi, disosiasi, pengompleksan dan / atau konversi ke fase uap. Reaksi oksidasi dan reduksi terjadi sebagai respons terhadap perubahan kondisi redoks. Sebagian besar fluida panas bumi di kedalaman mengandung konsentrasi gas hidrogen yang signifikan, dan karenanya sangat berkurang.

Saat pertama kali terpapar oksigen atmosfer, sejumlah reaksi oksidasi kimia akan terjadi. Misalnya, H₂S akan teroksidasi untuk membentuk unsur belerang atau, akhirnya, sulfat (SO₄²⁻), tergantung pada pH. Oksidasi menjadi SO₂ mengubah bilangan oksidasi ion belerang dari -2 menjadi +6. Kompleks adalah

asosiasi logam terlarut dengan ion lain, yang dikenal sebagai "ligan", dalam larutan untuk membentuk spesies terlarut bermuatan atau tidak bermuatan seperti HgCl_2 , atau $\text{B}(\text{OH})_4^-$. Disosiasi adalah hilangnya gugus proton atau ligan dari kompleks.

1. As (Arsenik)

Arsenik dapat terjadi di salah satu dari empat bilangan oksidasi: -3, (seperti dalam arsine gas AsH_3), 0 (logam As), +3 dan +5. Arsenik stabil dalam bilangan oksidasi +3 dan +5 di lingkungan air tawar alami, sedangkan gas arsin dan logam As stabil hanya dalam kondisi reduksi tinggi. Ketidakstabilan As dalam kondisi atmosfer sangat rendah dan As biasanya tidak ada dalam emisi gas.

2. B (Boron)

Boron dapat terjadi dalam tiga oksidasi: -3 (mis. Seperti pada borohidrida), 0, dan +3. Dua bilangan oksidasi B yang lebih rendah stabil hanya pada kondisi reduksi tinggi. B di air tawar alami berada dalam bilangan oksidasi +3, sebagai asam borat (H_3BO_3). Ini adalah asam lemah yang berdisosiasi pada pH tinggi (> 9) menurut reaksi (lihat Tabel 1.2).

3. Hg

Dissolved Hg dapat terjadi di salah satu dari tiga bilangan oksidasi 0, +1 dan +2. Dalam bilangan oksidasi +2, Hg mudah dikomplekskan oleh klorida, iodida dan bromida untuk membentuk kompleks stabil seperti HgCl_2 . Ion merkuri, HgCl_2 , dan Hg juga dapat berada di bawah kondisi redoks yang ada di perairan alami.

Merkuri memiliki tekanan uap yang relatif tinggi dan akan terjadi pada pelepasan air dan gas. Jumlah Hg yang ditransfer ke fase uap selama pemisahan uap dapat dihitung dari koefisien distribusi (lihat Tabel 2) untuk reaksi:

$$\text{Hg} = \text{Hg}_{(g)}$$

$$K_d = [\text{Hg}_{(g)}] / [\text{Hg}] \dots\dots\dots 4$$

Tekanan parsial $\text{Hg}_{(g)}$ pada kesetimbangan dengan Hg terlarut dapat dihitung dari konstanta Hukum Henry, konsentrasi Hg terlarut dan tekanan total. Konstanta Hukum Henry (KH) didefinisikan sebagai:

$$\text{KH} = P_{\text{Hg}_{(g)}} / [\text{Hg}] \dots\dots\dots 5$$

Dimana P adalah tekanan parsial Hg(g), dan konsentrasi Hg terlarut diberikan dalam mol / kg (molal) atau sebagai fraksi mol. Seperti koefisien distribusi, konstanta Hukum Henry bergantung pada suhu. Untuk Hg, volatilitas meningkat dengan meningkatnya suhu. Hg kurang larut dalam air pada suhu rendah dibandingkan NH₃ dan B. Akibatnya, meskipun uap Hg akhirnya tersapu dari atmosfer oleh curah hujan, Hg tetap berada di atmosfer untuk jangka waktu yang lama, mungkin selama satu tahun atau lebih.

4. H₂S

Sulfur relatif kompleks. Belerang dapat berada dalam bilangan oksidasi -2 (mis. H₂S), 0 (unsur S), +2 (tiosulfat, S₂O₃⁻²), +4 (sulfit, SO₃⁻²) dan +6 (sulfat SO₄⁻²), serta zat antara menyatakan dalam polisulfida (S_nS⁻²) dan polietionat (S_nO₆⁻² di mana n > 3). Di perairan bor panas bumi, sulfur hadir dalam kondisi paling tereduksi sebagai H₂S. Seperti Hg dan B, H₂S ada baik sebagai gas maupun sebagai spesi terlarut dan, sekali lagi, konsentrasi spesi gas yang terjadi dalam fasa uap selama pemisahan fluida panas bumi dapat dihitung dari koefisien distribusi:

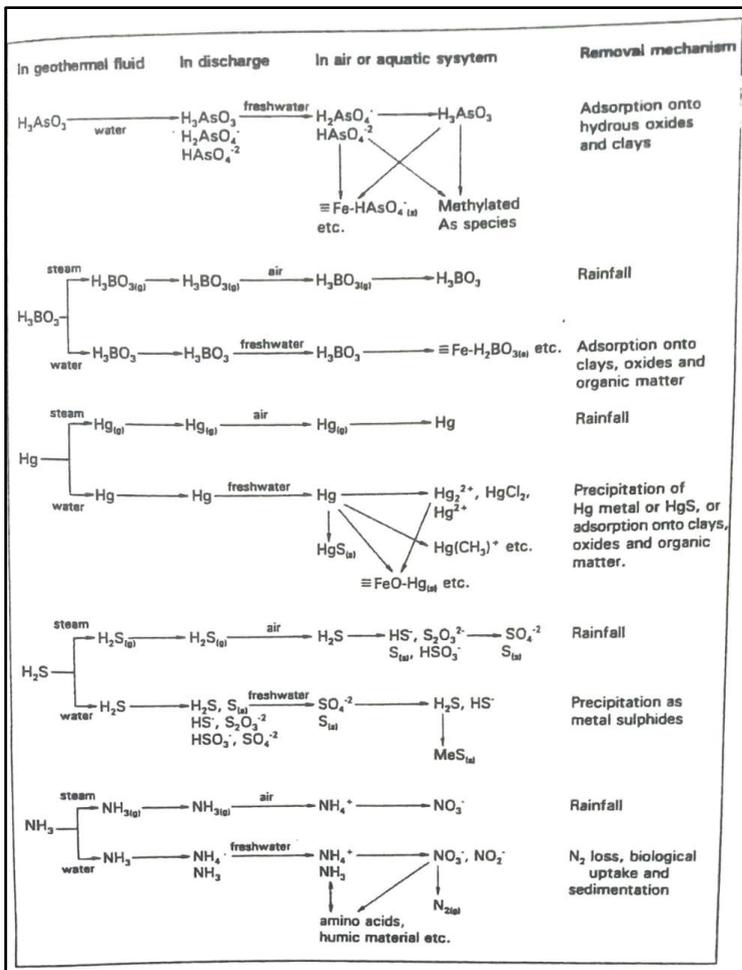
$$H_2S = H_2S_{(g)} \quad Kd = [H_2SO_{(g)}] / [H_2S] \dots\dots\dots 6$$

5. NH₃

Seperti belerang, nitrogen dapat terjadi dalam berbagai bilangan oksidasi, mulai dari -3 hingga +5 di air tawar alami. Spesies yang paling berkekurang adalah NH₃, yang merupakan bentuk utama nitrogen dalam gas panas bumi dan cairan sumur dalam. Seperti H₂S dan Hg, NH₃, didistribusikan antara fase uap dan air dari fluida panas bumi, menurut reaksi:

$$NH_3 = NH_{3(g)} \dots\dots\dots 13$$

Konsentrasi NH₃ , dalam fase uap selama pemisahan fluida dapat atmosfer dapat bereaksi dengan komponen lain dari uap. Reaksi dengan H₂S konstanta Hukum Henry untuk reaksi ini. NH₃ dilepaskan ke dalam alculated dari distribusi koefisiensi, dan tekanan parsial NH dari dan uap air, misalnya, akan membentuk partikulat amonium sulfat. Karena NH₃, larut dalam air, gas tersebut terlindih dari atmosfer dengan air hujan.



Gambar 1.2. Spesies dominan dan mekanisme pembuangan kontaminan yang dibawa udara dan air. Spesies dilarutkan kecuali dilambangkan dengan gas (g) atau padatan

Tabel 1.2. Konstanta disosiasi, koefisien distribusi dan konstanta Hukum Henry untuk beberapa reaksi penting.

Reaction:	25°C	50°C	100°C	200°C
	Distribution coefficients ¹			
Hg = Hg _{aq}	15135	12882	9120	1778 ²
H ₂ S = H ₂ S _{aq}	6448	3666	1185	124
NH ₃ = NH _{3aq}	21.7	18.4	13.2	6.7
H ₂ BO ₃ = H ₂ BO _{3aq}	-	-	0.004	0.019 ³
	Henry's Law constants ¹ (bar/molal):			
Hg = Hg _{aq}	12.2	28.5	167	531 ²
H ₂ S = H ₂ S _{aq}	9.92	16.1	27.9	36.8
NH ₃ = NH _{3aq}	0.019	0.049	0.26	2.14
	Dissociation constants (log K) ⁴			
H ₂ S = HS ⁻ + H ⁺	-6.98	-6.70	-6.61	-7.14
NH ₃ + H ⁺ = NH ₄ ⁺	9.25	8.56	7.41	5.8
H ₂ BO ₃ = H ₂ BO ₃ ⁻ + H ⁺	-9.23	-9.06	-8.94	-8.99
H ₂ AsO ₄ = HAsO ₄ ²⁻ + H ⁺	-6.94			
¹ Henley et al. (1984), 2: Mroczek (1994: in press), low temperature constants were determined at 30°C not at 25°C as shown, 3: Glover (1988), 4: Ellis and Mahon (1977)				

I.5. Prediksi Dan Pemantauan Pembuangan Kimia

Sebelum ladang panas bumi dikembangkan, pelepasan kimiawi gas dan air perlu diprediksi sehingga potensi dampak lingkungan dapat dinilai. Pelepasan selama pengembangan dan operasi jangka panjang perlu dipertimbangkan. Sifat kimiawi dan kepentingan relatif pembuangan udara dan air akan bergantung pada sifat lapangan, prosedur lingkungan sekitar yang akan digunakan selama pembangkit listrik.

Untuk pembangkit listrik yang menginjeksikan kembali limbah air bor dan semburan air pendingin, atau untuk bidang yang didominasi uap seperti *Geysers* atau *Larderello*, perhatian akan difokuskan pada emisi gas dan uap. Steam dikeluarkan dari sumur selama pengeboran, pembersihan sumur dan pengujian produksi, serta dari stasiun selama operasi normal. Tingkat kontaminan seperti H₂S, B dan NH₃, dalam emisi uap akan bergantung pada konsentrasinya dalam fluida panas bumi, suhu pemisahan dan, untuk emisi pembangkit listrik, efisiensi sistem kondensasi. Konsentrasi dapat dihitung menggunakan table konstanta yang diberikan.

BAB II

DAMPAK LINGKUNGAN PANAS BUMI

Dampak negatif dari penggunaan energi panas bumi sebagai sumber energi adalah produksi energi panas bumi menghasilkan limbah.

Limbah yang dihasilkan berupa *geothermal brine* dan *sludge*. Limbah padat (*sludge*) berasal dari endapan pada proses pengolahan limbah cair (*geothermal brine*) dan kerak silika dari pipa-pipa instalasi Pusat Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) (Asy'hari dan Amirulloh 2010).

Salah satu contohnya adalah endapan lumpur yang dihasilkan pada kolam pengendapan di PLTP Dieng yang setiap bulannya mencapai sekitar 165 ton (Suprpto 2009).

Besarnya limbah panas bumi yang dihasilkan sangat berpotensi sebagai penyebab terjadinya pencemaran lingkungan karena limbah padat dari kegiatan *geothermal* mengandung unsur logam yang beberapa diantaranya merupakan logam berat seperti logam Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, Cd, As, Sb, Au, Ag, Hg, dan Se.

II.1. Penanganan Dampak Lingkungan Operasional PLTP

II.1.1. Penanganan Gas

Pada saat konstruksi, emisi gas HS bersumber dari rencana kegiatan uji produksi sumur, sedangkan pada saat operasi, emisi gas HS bersumber dari pelepasan NCG melalui *stack cooling tower* dari kegiatan operasional PLTP.

a. Emisi gas HS pada saat uji produksi sumur

Proses uji produksi sumur berlangsung selama 24 jam dalam jangka waktu 7 — 30 hari, sehingga lamanya waktu uji produksi maksimum adalah 30 hari. Pada saat uji produksi sumur, emisi gas HS dilepas ke atmosfer melalui *stack Atmospheric Flash Tank* (AFT). Beban emisi HS dalam jangka waktu paparan maksimum

30 hari lebih rendah dibandingkan dengan beban emisi gas HS pada baku mutunya dengan waktu paparan jangka panjang.

b. Emisi gas HS pada saat beroperasinya PLTP

NCG yang telah terpisah dalam *Gas Removal System* dilepaskan ke atmosfer melalui *stack Cooling tower* yang memiliki jumlah total 10 fan. Pelepasan NCG ke atmosfer tersebut menimbulkan emisi gas HS sebesar 27 mg/Nm³.

II.1.2. Penanganan Limbah Padat

Limbah padat berasal dari limbah domestik perkantoran, konstruksi pembangkit dan jalur perpipaan, serta proses pemboran. Limbah padat domestik akan dikumpulkan pada area penimbunan sementara di lokasi proyek. Limbah yang masih bisa dimanfaatkan akan dipakai secara sebelah sebelum dipindahkan ke area penimbunan. PT SERD telah bekerja dengan pemerintah Kabupaten Lahat untuk mengirimkan sampah domestik ke Ternpat Pengolahan Akhir (TPA) Lahat. Limbah padat yang tersisa akan atau diserahkan kepada pihak untuk dilakukan pengelolaan atau pemanfaatan, sedangkan limbah padat yang masih bisa dimanfaatkan di lokasi kegiatan akan dimanfaatkan kembali.

Limbah padat dari proses pemboran adalah serpih pemboran (*drill cuttings*) dan lumpur pemboran (*drill mud*).

a. Serpih Pemboran

Limbah padat ini berasal dari kegiatan pemboran yang menggunakan *water-based mud* dan bukan tergolong B3. yang secara fisik berbentuk Sepedi pasir tinggi. sehingga serpih pemboran dapat digunakan untuk bahan konstruksi teknik. Kegunaannya antara adalah untuk bahan konstruksi jalan. pembuatan beton, pembuatan batako dan konblok.

b. Bekas Lumpur Pemboran

Limbah padat *water-based mud* bukan tergolong B3. yang secara fisik berbentuk lumpur berkadar kalsium (Ca) dan barium (Ba) Oleh karena itu Saat selesainya kegiatan pemboran. lumpur pemboran (*drilling mud*) dapat ditutup dengan tanah dan direvegetasi.

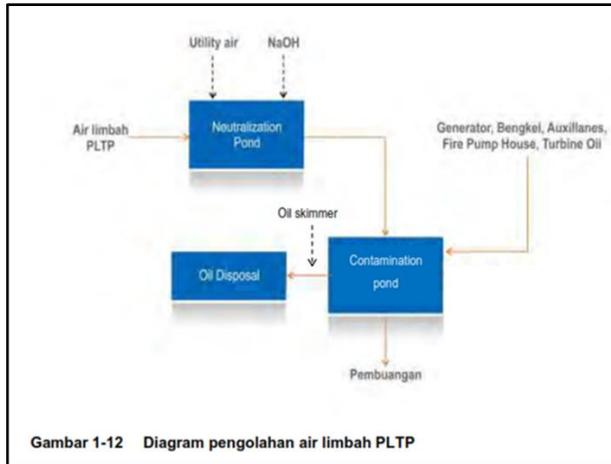
c. Limbah Padat Konstruksi Pembangkit dan Jalur Perpipaan

Limbah padat ini dapat berupa besi bekas, sisa material insulasi, dan sejenisnya yang sebagian besar dapat dimardatkan secara internal maupun oleh pihak ketiga.

II.1.3. Penanganan Limbah Air PLTP

Air limbah PLTP berasal dari cecceran oli bengkel, tangki oli serta cecceran bahan kimia dalam kadar yang kecil. Dengan demikian, bahan kimia utama yang terdapat dalam air limbah PLTP adalah hidorcarbon dan TDS Secara umum, air limbah PLTP diolah dalam *Waste Water Treatment Plant* (WWTP). Air limbah PLTP berasal dari berbagai sumber, yakni *Drain Chemical Injection Building*, generator, bengkel, *auxilliarries*, *Fire pump house* dan turbin.

Dalam WWTP, air limbah dari *Drain Chemical Injection Bulding* dialirkan ke *Neutralization Pond* terlebih dahulu agar pHnya dinetrilisasi melalui penambahan utiliy air dan NaOH sebelum dialirkan ke *Contamination Pond*. Sementara Itu, air limbah dari sumber lainnya langsung dialirkan ke *Contamination Pond*. Dalam *Contamination Pond*, limbah minyak disaring dengan *Oil Skimmer*. Limbah minyak tersebut ditampung dalam *Oil Disposal*. Penanganan limbah minyak selanjutnya akan dipaparkan lebih lanjut di 1.2.3.4.6. Sisa air yang telah disaring akan dialirkan ke badan air.



Gambar 1-12 Diagram pengolahan air limbah PLTP

II.1.4. Penanganan Air Kondensat dan Brine

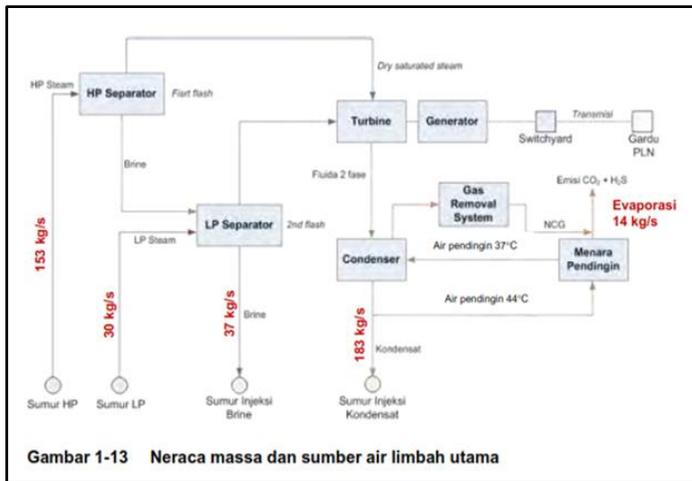
Pada Saat konstruksi, yakni pada Saat uji produksi di AFT akan timbul limbah cair berupa brine. Kemudian pada Saat operasi di Separator Station (SS) juga ditimbulkan limbah cair brine dan dari PLTP akan menimbulkan limbah cair kondensat

1. Brine

Air Brine adalah air ikutan steam yang berkadar garam (TDS) tinggi sekitar 5.800 mg/liter. Sumber utama air brine adalah Atmospheric Flash Tank (AFT, Saat uji produksi) dan Separator Station (Saat produksi). Brine yang dihasilkan akan dialirkan ke sistem brine untuk diinjeksikan kembali.

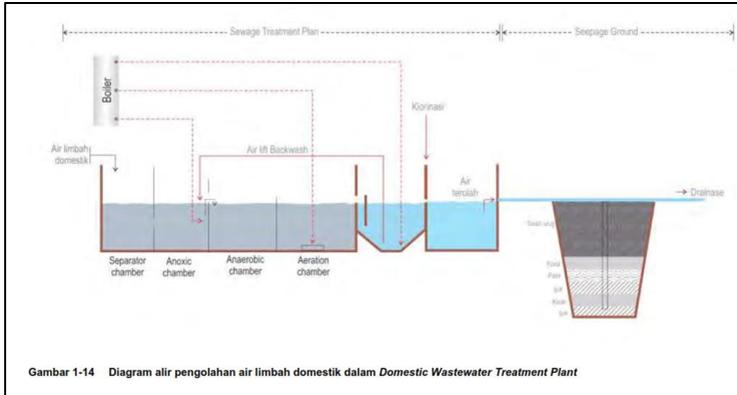
2. Kondensat

Air Kondensat adalah fluida cair terbentuk akibat diembunkan di Condenser, lalu dikembalikan ke reservoir melalui sumur injeksi kondensat.



II.1.5. Penanganan Air Limbah Domestik

Kegiatan di *accomodation complex*, *warehouse* dan kantor proyek dapat menimbulkan air limbah domestik. Masing-masing *Sewage Treatment Plant* (STP) dapat mengolah air limbah sebesar 20 m³/hari ditempatkan pada *accomrnodation complex*, *warehouse* dan kantor PLTP- Air limbah domestik diolah dalam STP. Selanjutnya air limbah dalirkan ke dalam *seepage ground*. Di *seepage ground* akan ditambahkan kapur bila diperlukan untuk menetralkan nilai pH agar memudahkan proses pengendapan. Secara berkala, lumpur dikeruk dan dimanfaatkan untuk pupuk organik. Diagram alir *Domestic Wastewater Treatment Plant* dapat disalikan dalam gambar berikut :



II.1.6. Penanganan Oli Bekas dan Air Limbah dari Bengkel

Air limbah dari bengkel yang berkadar minyak/oli dialirkan ke dalam oli/ Catcher untuk memisahkan minyak dan air limbah. Minyak yang terpisah disebut slop oil dan ditampung dalam drum lalu disimpan sementara dalam tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3. Sementara itu, air dari Oli Catcher dipompa ke Condensate Pond. Selanjutnya air ini bersama air kondensat dialirkan ke sumur injeksi kondensat. Oli bekas dan slop oil akan dikelola oleh pihak ketiga yang memiliki izin untuk pengangkutan dan pengolahan limbah B3.

II.1.7. Penanganan Limbah Minyak, Bahan Kimia dan Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

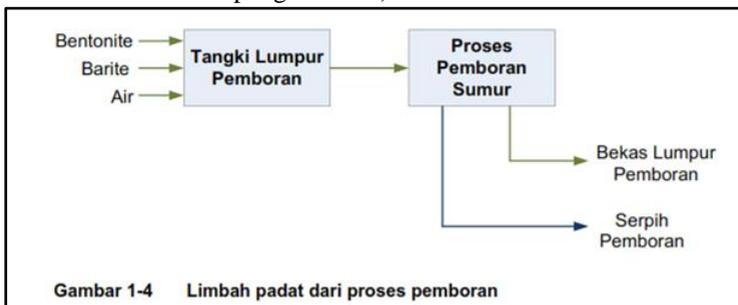
Rencana kegiatan proyek menimbulkan limbah B3 berupa oli bekas dan minyak pendingin trafo, Penanganan limbah B3 akan mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun atau peraturan perundang-undangan lainnya yang berlaku. Limbah B3 akan disimpan sementara di TPS limbah B3 dan selanjutnya dikirimkan ke perusahaan pengolah limbah B3 yang telah disertifikasi. PT SERD telah memiliki TPS yang berizin dari instansi terkait.

A. Kebisingan dari kegiatan pemboran dan uji produksi

- Bising saat kegiatan pemboran terjadi di areal wellpad pada saat proses pemboran sumur dan, dikarenakan lokasi pemboran jauh dari permukiman penduduk, hanya berdampak terhadap karyawan di lingkungan kerja. Oleh karena itu ada kewajiban setiap karyawan mengenakan hearing protector.
- Bising saat uji produksi, yang terjadi di areal wellpad pada saat uji produksi sumur. AFT, selain berfungsi untuk memisahkan steam dan brine, juga berfungsi untuk meredam bising,
- Bising di Separator Station (SS) hanya terjadi ketika ada gangguan turbin, yang mana semua steam di lepas ke atmosfer melalui Rock Muffler yang dipasang di areal SS.

B. Kebisingan dari kegiatan operasional PLTP

- Bising di ruang turbin dan Generator diredam dengan membuat bangunan kedap suara, sehingga bising hanya terjadi di lingkungan kerja PLTP saja.
- Bising dari Jet ejector dan Cooling tower diminimalkan dampaknya dengan menetapkan areal buffer zone PLTP hingga terdapat jarak aman dengan permukiman penduduk, karena pemilihan lokasi PLTP di dekat wellpad E sangat jauh dari permukiman penduduk (26,5 km dari kampung terdekat).



Cara pengelolaan dan penanganan limbah padat dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Serpilh bor (drilling cutting)

Selama proses pemboran akan terbentuk limbah padat berupa serpilh bor (driling cutting. Selama masa pemboran, limbah padat serpilh bor tersebut dikumpulkan dan disimpan sementara dalam bak TPS yang terbuat dari konstruksi beton. Secara fisik serpilh bor berwujud seperti pasir sehingga baik untuk bahan konstruksi teknik, misalnya untuk konstruksi fondasi, jalan atau untuk membuat batako dan konblok (cone block) dan bahan kontruksi teknik lainnya.

Limbah serpilh bor akan dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi teknik (material bangunan atau jalan), disolidifikasi dengan semen (batako, konblok, bahan baku beton, dl atau pun disimpan di tempat penimbunan.

2. Bekas lumpur pemboran (drilling mud)

Pemboran akan dilakukan menggunakan lumpur bor yang bertungsi untuk mengendalikan tekanan formasi, mengangkat serpilh bor dan mempertahankan stabilitas lubang bor. Pemboran sumur Rantau Dedap menggunakan lumpur bor berbahan dasar air atau water 'base mud (WBM) yang ramah lingkungan. Lumpur bor bekas pemboran yang sudah tidak dapat dipergunakan lagi akan dikumpulkan dalam mudpond yang dilapisi dengan plastik HDPE (high density polietnylene). Setelah mudpond penuh, sisa lumpur pemboran akan diangkat, dikeringkan dan akan dicampur dengan media tanam lainnya serta top soil untuk pembibitan tanaman, revegetasi tanaman, reboisasi, atau pun disimpan bersama-sama serpilh bor.

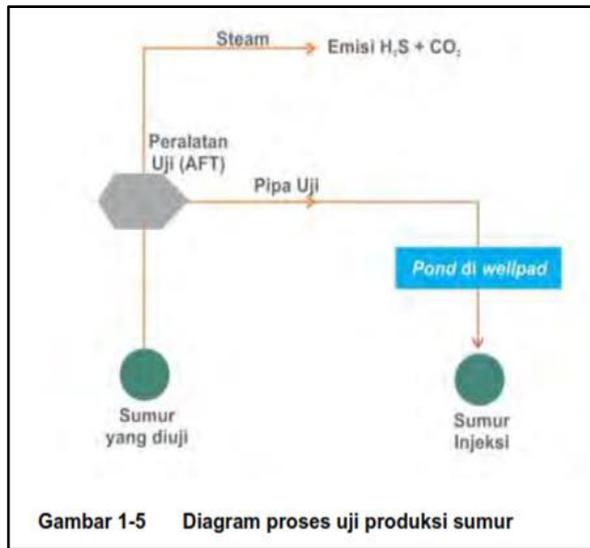
3. Uji produksi sumur (well testing)

Setelah selesainya pemboran, lalu dilakukan uji produksi sumur yang bersifat sementara. Salah satu tujuan uji produksi sumur adalah untuk menentukan kapasitas produksi atau deliverablity sumur. Uji produksi dilakukan menggunakan metode Uji Datar menggunakan AFT. Pelaksanaan uji

produksi dimulal dengan menstabilkan tekanan reservoir dengan cara menutup sumur, lalu membuka sumur pada bukaan tertentu dan membiarkan uap mengalir pada laju produksi tertentu hingga mencapai tekanan stabil. Proses ini diulang-ulang dengan beda bukaan, sehingga hasil akhirnya dapat berguna untuk menentukankapasitas produksi atau deliverability sumur.

Kondisi stabil setiap sumur dapat dicapai dalam waktu yang berbeda-beda, sehingga uji produksi sumur dapat dilakukan dalam jangka waktu pendek (7 hari x 24 jam) atau jangka panjang (30 hari x 24 jam) agar mendapatkan kondisi yang stabil. Peralatan uji produksi sumur terdiri dari alat pengambil sampel steam dan brine, alat pengukur laju alir steam, dan brine, dan lain-lain. Pada ujung pipa ujl dipasang Atmospheric Flash Tank (AFT) yang berfungsi untuk memisahkan uap dan brine yang sekaligus untuk meredam bising ketika uap dilepas ke atmosfer.

Selama uji produksi, uap akan dipisahkan dari brine di dalam AFT. Uap dilepas ke atmosfer melalui cerobong setinggi 5 m. sedangkan brine dialirkan ke dalam pond yang berada di setiap wellpad. Diagram proses uji produksi sumur dapat disajikan dalam gambar sebagai berikut:



a. Brine saat uji produksi sumur

Selama uji produksi sumur, fluida dua fasa dari sumur dialirkan menuju AFT untuk memisahkan steam dan brine. Steam yang terpisah lalu dilepas ke atmosfer melalui cerobong pada AFT, sedangkan brine dialirkan ke saluran brine dan pond yang ada di wellpad untuk kemudian dimasukkan kembali ke dalam reservoir melalui sumur injeksi.

b. Emisi gas saat uji produksi sumur

Lepasnya steam ke atmosfer dari cerobong AFT dapat menimbulkan emisi NCG, terutama emisi H₂S. Emisi gas H₂S tersebut diperkirakan hanya tersebar di dalam lingkungan kerja (batas proyek) sehingga berlaku ketentuan NAB Lingkungan Kerja. Menurut Permenakertrans No. PER. 13/MENIX/2011 tentang NAB (Nilai Ambang Batas) faktor kimia di tempat kerja yakni 1 BDS (Bagian H₂S Dalam Sejuta Udara terkontaminasi).

Uji produksi berlangsung paling cepat 7 x 24 jam dan paling lama adalah 30 x 24 jam. H₂S akan dipantau guna mengukur luas sebaran gas H₂S dalam batas aman bagi karyawan. Lokasi sumur berlokasi jauh dari permukiman penduduk (6.5 km), Dengan demikian, uji produksi tersebut hanya berdampak terhadap lingkungan kerja tetapi tidak berdampak terhadap permukiman penduduk

Pelepasan uap ke atmosfer pada saat uji produksi dapat disajikan dalam gambar sebagai berikut :



Gambar 1-6 Pelepasan uap ke atmosfer melalui cerobong AFT

Tabel 2-4 Titik pengukuran kualitas udara dan kebisingan

Kode	Lokasi
AQN-1	Masyarakat penerima dampak akibat kegiatan mobilisasi (Desa Sukarami)
AQN-2	Masyarakat di Desa Padang Panjang, antara Desa Tunggul Bute dan Desa Sukarami
AQN-3	Masyarakat penerima dampak akibat kegiatan mobilisasi alat dan material (Desa Tunggul Bute)
AQN-4	Masyarakat penerima dampak akibat kegiatan operasi (Kampung Yayasan)
AQN-5	Perwakilan lokasi tapak sumur (<i>wellpad</i>) di <i>wellpad</i> B
AQN-6	Rencana lokasi PLTP (<i>wellpad</i> E)
AQN-7	Perwakilan tapak sumur (<i>wellpad</i>) di titik terluar area kegiatan (<i>wellpad</i> L, X, M, dan N)

Sedangkan khususnya untuk parameter H₂S dan NH₃, akan dilakukan pengukuran di lokasi yang berbeda dengan parameter seperti pada tabel 2-5.

Tabel 2-5 Titik pengukuran kebauan

Kode	Lokasi
O-1	Reseptor yaitu masyarakat penerima dampak akibat kegiatan mobilisasi alat dan material (Desa Tunggul Bute)
O-2	Reseptor yaitu masyarakat penerima dampak akibat kegiatan operasi (Kampung Yayasan)
O-3	Perwakilan lokasi tapak sumur (<i>wellpad</i>) – <i>wellpad</i> B
O-4	Dekat rencana lokasi PLTP – <i>wellpad</i> E
O-5	Perwakilan lokasi tapak sumur (<i>wellpad</i>) - <i>wellpad</i> C
O-6	Perwakilan tapak sumur I (<i>wellpad</i>)
O-7	Perwakilan tapak sumur (<i>wellpad</i> L, M, X, N) dan berada di titik terluar area kegiatan
O-8	Reseptor (Pondok di dekat jalan akses)

Hasil pengukuran kualitas udara ambien ke tujuh titik, dapat dilihat pada tabel 2-6. Berdasarkan hasil pengukuran, seluruh parameter memenuhi baku mutu yang diisyaratkan dalam peraturan pemerintah Nomor 41 tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara dan peraturan gubernur

sumatera selatan No. 17 tahun 2005 tentang baku mutu udara ambien dan baku tingkat kebisingan.

Tabel 2-6 Hasil pengukuran kualitas udara ambien

Parameter	Satuan	Hasil							BML ¹	BML ²
		AQN1	AQN2	AQN3	AQN4	AQN5	AQN6	AQN7		
Sulfur dioksida (SO ₂)	µg/Nm ³	46	29	30	41	28	26	26	900	900
Karbon monoksida (CO)	µg/Nm ³	2,635	1,833	1,948	2,520	1,604	1,146	1,260	30,000	30,000
Nitrogen dioksida (NO ₂)	µg/Nm ³	32	20	24	30	22	17	21	400	400
Oksidan (O ₃)	µg/Nm ³	40	26	29	38	23	20	24	235	235
Hidro karbon (HC)	µg/Nm ³	94	87	88	90	85	80	83	160	160
Debu (TSP)	µg/Nm ³	78	60	67	70	45	31	40	-	90
Timah hitam (Pb)	µg/Nm ³	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	2	2
PM10 (Partikel <10 µm)	µg/Nm ³	17	14	15	18	10	8	9	150	150
PM2,5 (Partikel <2,5 µm)	µg/Nm ³	5	3	3	5	2	2	2	65	65

1) Peraturan Pemerintah RI No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara

2) Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 17 Tahun 2005

Sumber: Hasil Pengukuran oleh Kehati untuk PT SERD, 2016

Hasil pengukuran kualitas parameter kebauan di ke delapan titik, dapat dilihat pada tabel 2-7. Berdasarkan hasil pengukuran, seluruh parameter memenuhi baku mutu yang di persyaratkan dalam keputusan menteri lingkungan hidup No. 50 tahun 1996 tentang Kebauan.

Tabel 2-7 Hasil pengukuran kebauan

Parameter	Satuan	Hasil								BML*
		O-1	O-2	O-3	O-4	O-5	O-6	O-7	O-8	
H ₂ S	µg/Nm ³	<0,0016	<0,0016	0,004	<0,0016	0,005	0,006	<0,0016	<0,0016	0,02
NH ₃	µg/Nm ³	< 0,03	< 0,03	0,05	< 0,03	0,06	0,07	< 0,03	< 0,03	2

*) Kepmen LH No. 50 Tahun 1996 tentang Kebauan

Sumber: Hasil Pengukuran oleh Kehati untuk PT SERD, 2016

Kebisingan

Pengukuran tingkat kebisingan dilakukan di lokasi yang sama dengan lokasi pengukuran kualitas udara, seperti tabel 2-4.

Tingkat kebisingan di beberapa lokasi pengukuran berkisar antara 45-49 dBA. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa secara umum kondisi kebisingan dibawah baku mutu yang dipersyaratkan berdasarkan Kep-48/MENLH/11/1996, baik untuk kegiatan industri (outdoor) maupun baku mutu untuk area pemukiman. Kualitas kebisingan diseluruh lokasi pengamatan baik yang berada di pemukiman dan di lokasi industri memenuhi baku mutu yang berlaku.

Hasil pengukuran tingkat kebisingan di tiap area dapat dilihat pada **tabel 2-8**.

Kode	Lokasi Pengamatan	BML	Tingkat Kebisingan - dB(A)
Industri*			
AQN 5	Perwakilan lokasi tapak sumur (<i>wellpad</i>) di <i>wellpad</i> B	70	46
AQN 6	Rencana lokasi PLTP (<i>wellpad</i> E)	70	46
AQN 7	Perwakilan tapak sumur (<i>wellpad</i>) di titik terluar area kegiatan (<i>wellpad</i> L, X, M, dan N)	70	46
Pemukiman**			
AQN 1	Masyarakat penerima dampak akibat kegiatan mobilisasi (Desa Sukarami)	55	49
AQN 2	Masyarakat di Desa Padang Panjang, antara Desa Tunggul Bute dan Desa Sukarami	55	45
AQN 3	Masyarakat penerima dampak akibat kegiatan mobilisasi alat dan material (Desa Tunggul Bute)	55	48
AQN 4	Masyarakat penerima dampak akibat kegiatan operasi (Kampung Yayasan)	55	47

Keterangan:
Tingkat kebisingan berdasarkan Kep-48/MENLH/11/1996
* Industri 70 dB(A)
**Perumahan and Pemukiman adalah 55 dB(A)
Sumber: Hasil Pengukuran oleh Kehati untuk PT SERD, 2016

Selain limbah cair dan limbah padat dalam proses kegiatan eksplorasi *geothermal* di daerah hulu dapat mengganggu distribusi aliran sungai, dikarenakan proses eksplorasi panas bumi memerlukan air tanah, sehingga kegiatan PLTP melakukan kegiatan penebangan hutan untuk mendapatkan *reservoir*.

Jika air tanah bagian hulu digunakan secara terus menerus, maka efek jangka panjang dari kegiatan ini jika musim kering hulu sungai akan menjadi kering.

Dari beberapa parameter yang berkaitan dengan permasalahan yang terjadi di sekitar Sungai Cikaro yang

salah satunya diduga disebabkan oleh kegiatan eksplorasi *Geothermal* yang mungkin mempengaruhi keanekaragaman hayati ikan di aliran Sungai Cikaro, karena ikan merupakan organisme yang sensitif dan rentan terhadap perubahan lingkungan. Perubahan lingkungan sangat mempengaruhi komposisi dan distribusi ikan, seperti faktor fisik, kimia air dan biologis perairan. Maka dari itu dapat dikatakan bahwa kegiatan eksplorasi geothermal diduga menyebabkan terganggunya keanekaragaman hayati ikan di aliran Sungai Cikaro.

II.2. Pengukuran Faktor Fisik dan Kimiawi Perairan

Faktor fisik dan kimia perairan yang diukur mencakup pengukuran:

a. Suhu

Suhu diukur dengan menggunakan termometer air raksa yang dimasukkan ke dalam badan air ± 3 menit kemudian dibaca skala yang tertera pada termometer.

b. Penetrasi Cahaya

Diukur dengan menggunakan keping seechi yang dimasukkan ke dalam badan air sampai keping seechi tidak terlihat, kemudian diukur panjang tali yang masuk ke dalam air.

c. Derajat Keasaman (pH)

Derajat Keasaman (pH) diukur dengan menggunakan pH meter dengan cara memasukkan probe ke dalam sampel air yang diambil dari dasar perairan sampai pembacaan pada alat konstan dan dibaca angka yang tertera pada layout pH meter tersebut.

d. DO (Disolved Oxygen)

Disolved Oxygen (DO) diukur dengan menggunakan DO Meter dengan cara memasukkan probe ke dalam sampel air yang diambil dari dasar perairan sampai pembacaan pada alat konstan dan dibaca angka yang tertera pada layout DO meter tersebut.

e. COD (Chemycal Oxygen Demand)

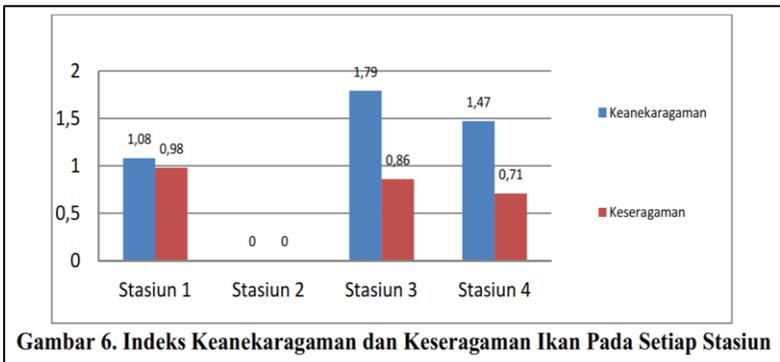
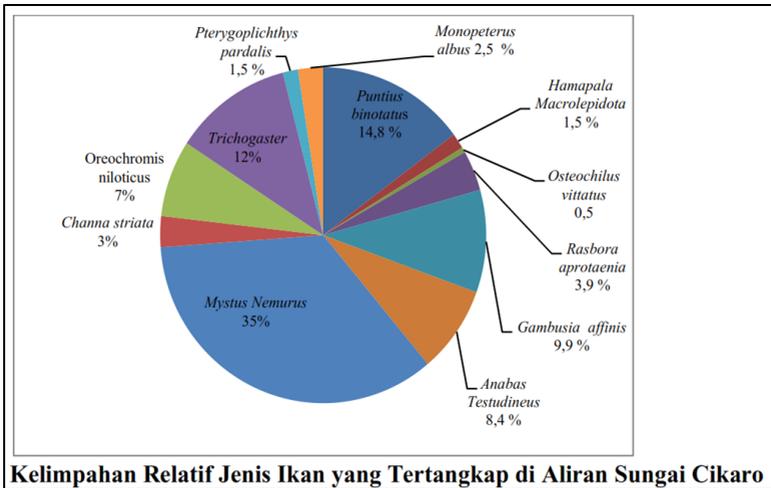
Pengukuran COD dilakukan dengan metoda refluks di Laboratorium Balai Lingkungan Keairan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air

Hasil Pengamatan Kualitas Air Di Lokasi Penelitian

Parameter	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4	Baku Mutu
Suhu (°C)	20 – 24	40 – 41	23 – 25	24 – 25	Deviasi 3*
DO (ppm)	3,7 – 5,0	2,2 – 3,4	2,3 – 2,8	4,2 – 7,6	3*
Derajat Keasaman	6,9 – 7,5	6 – 6,7	5,65 – 6,9	6,6 – 7,2	6-9*
Kedalaman (cm)	60	60 – 76	50 – 100	65 – 73	
COD (ppm)	2,2 – 5,7	3,0	2,2 – 6,4	3,9 – 11	50*
Arus (m/s)	0,1	0,6	1,7	2	0,5 – 1 ^x
Transparansi (cm)	60	60 – 76	20 – 35	40 – 43	> 45**

Keterangan : * = PP. No. 82 Tahun 2001, Tentang Baku Mutu Kualitas Air Kelas 3
 ** = Menurut Odum Tahun 1996
 x = Menurut Mason 1981

No	Famili	Species	Nama lokal	Stasiun				Jumlah	%
				1	2	3	4		
1.	Cyprinidae	<i>Puntius binotatus</i>	Benteur	8	-	17	5	30	14,8
		<i>Hampala macrolepidota</i>	Hampala	-	-	0	3	3	1,5
		<i>Osteochilus vittatus</i>	Nilem	-	-	1	-	1	0,5
		<i>Razbora aprotaenia</i>	Paray	6	-	2	-	8	3,9
2.	Poeciliidae	<i>Gambusia affinis</i>	Cere	10	10	0	-	20	9,9
3.	Anabantidae	<i>Anabas testudineus</i>	Betok	-	-	14	3	17	8,4
4.	Bagridae	<i>Mystus nemurus</i>	Keting	-	-	30	41	71	35
5.	Channidae	<i>Channa striata</i>	Bogo	-	-	6		6	3
6.	Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>	Nila	-	-	13	2	15	7,4
7.	Osphronemidae	<i>Trichogaster trichopterus</i>	Sepat rawa	-	-	12	12	24	11,8
8.	Loricariidae	<i>Pterygoplichthys pardalis</i>	Sapu-Sapu	-	-	-	3	3	1,5
9.	Synbranchidae	<i>Monopterus albus</i>	Belut Sawah	-	-	-	5	5	2,5
Jumlah				24	10	95	74	203	100
Kelimpahan (%)				8,4	4,9	46,8	36,5	100	
Indeks Keragaman (H')				1,08	0	1,79	1,47		
Indeks Keseragaman (E)				0,98	0	0,86	0,71		



BAB III

TAMBANG EMAS RAKYAT

III.1. Tambang Emas

Usaha pertambangan, oleh sebagian masyarakat sering dianggap sebagai penyebab kerusakan dan pencemaran lingkungan. Pada kegiatan usaha pertambangan emas skala kecil, pengolahan bijih dilakukan dengan proses amalgamasi dimana merkuri (Hg) digunakan sebagai media untuk mengikat emas. Amalgamasi adalah metode yang sering digunakan penambang emas tradisional skala kecil dalam memisahkan emas dengan bahan kimia pengikat (Delgado, et al., 2012). Pencemaran merkuri banyak sekali ditemukan pada penambang emas tradisional. Penambang Emas Tanpa Izin (PETI) ditemukan diberbagai tempat di Indonesia antara lain di Pongkor, Jawa Barat, Sulawesi Selatan dan Kalimantan Tengah (Lestaris, 2010).

Pertambangan emas rakyat di Kecamatan Kokap Kabupaten Kulon Progo mulai muncul pada tahun 1995 oleh penambang asal Tasikmalaya, yang kemudian diikuti oleh penduduk setempat. Sejak awal mula kemunculannya di Kokap, yaitu di Desa Kalirejo, penambangan dilakukan dengan cara sederhana dengan sistem tambang bawah tanah dengan cara membuat terowongan dan sumur (vertical shaft). Satu lokasi pengolahan bijih emas menggunakan 1 – 10 gelundung dan setiap gelundung dapat mengolah 15 – 25 kg bijih dalam sehari. Bijih yang telah ditumpuk dimasukkan kedalam gelundung berisi potongan besi (rod), ditambahkan air, merkuri dan semen dan selanjutnya diputar selama beberapa jam dengan tenaga listrik (generator). Setelah proses amalgamasi selesai, amalgam dipisahkan dari tailing dengan cara diperas dengan kain parasit dan tailing dialirkan kedalam bak penampung tailing atau dibiarkan mengalir kehalaman rumah (Sambowo dkk., 2012).

Peraturan Pemerintah RI No 101 tahun 2014 tentang Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, pasal 31 ayat 1 menyebutkan setiap orang yang menghasilkan limbah B3 wajib melakukan pengumpulan limbah B3 yang 2 dihasilkan. Namun pada kenyataannya, usaha pengolahan emas dengan cara amalgamasi telah membuang limbah hasil pengolahannya dilingkungan sekitar.

Pencemaran merkuri dari penambangan emas terjadi ketika proses pengolahan berlangsung yang mengakibatkan sisa tailing tercecer pada saat pemindahan dan saat kondisi bak penampungan penuh, sehingga tailing meluap dan mengalir ke sungai, terutama jika terjadi hujan, maka terjadi kontaminasi merkuri dilingkungan sekitarnya. Hasil analisis contoh tanah di daerah Sangon, Kulon Progo menunjukkan kadar merkuri yang sangat tinggi >50 ppm Hg (Setiabudi, 2005). Berdasarkan PP No 101 tahun 2014, baku mutu tanah tidak tercemar merkuri tidak boleh melebihi ambang batas yang ditetapkan sebesar 0,3 ppm.

III.2. Pencemaran Merkuri Dalam Tanah

Dalam proses penambangan emas, masyarakat cenderung menambahkan Hg dalam jumlah yang berlebih dengan maksud agar emas yang terikat lebih banyak. Disisi lain penambahan Hg yang berlebih menyebabkan Hg yang terbuang ke lingkungan juga lebih tinggi, kalau kadar emas yang terkandung dalam bijih tidak sebesar yang diharapkan masyarakat mencoba-coba dengan mengharapkan hasil maksimal (Martono, 2007). Menurut Alvian (2006), merkuri merupakan salah satu unsur logam berat yang banyak digunakan oleh manusia dalam proses industri ataupun pertambangan. Di alam, merkuri merupakan salah satu logam yang dapat ditemukan dalam dua bentuk, yakni organik dan anorganik. Merkuri organik merupakan senyawa merkuri yang berikatan dengan unsur karbon membentuk metil, etil, ataupun gugus fungsi yang sejenis. Sedangkan merkuri anorganik meliputi uap merkuri (Hg^0), garam merkuri (Hg^{2+}) serta logam merkuri. Merkuri organik merupakan bentuk geokimia dari

merkuri yang mempunyai tingkat toksisitas paling tinggi terhadap manusia (Alpers dan Hunerlach, 2000).

Proses penambangan emas tradisional merupakan kontributor anthropogenic terbesar pencemaran merkuri, salah satu metode ekstraksi biji emas yang banyak digunakan oleh penambangan emas tradisional adalah amalgamasi (Appel dan Na-Oy, 2014).

Pada proses penambangan emas, masyarakat cenderung menambahkan merkuri dalam jumlah yang berlebih agar emas yang terikat lebih banyak. Penambahan merkuri yang berlebih menyebabkan merkuri yang terbuang ke lingkungan akan lebih tinggi. Kadar emas yang terkandung dalam bijih tidak sebesar yang diharapkan masyarakat sehingga dilakukan percobaan penambahan merkuri dengan mengharapkan hasil maksimal (Martono, 2007). Contoh uji tanah yang diteliti oleh Setiabudi (2005), di lokasi penambangan emas rakyat di daerah Sangon, Yogyakarta menunjukkan bahwa kadar merkuri yang sangat tinggi, 4 contoh mengandung >50 ppm Hg dan 1 contoh mengandung 7 ppm Hg. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa wilayah di sekitar tempat pengolahan emas rakyat telah mengalami kontaminasi merkuri yang signifikan.

III.3. Pencemaran Merkuri Dalam *Tailing*

Tailing secara teknis didefinisikan sebagai material halus yang merupakan mineral yang tersisa setelah mineral berharganya diambil dalam suatu proses pengolahan bijih (Wills, 1988). *Tailing* juga dianggap ampas yang sudah tidak mengandung mineral berharga lagi, namun mengingat perolehan pengolahan yang tidak mencapai 100% maka masih memungkinkan terdapat emas di dalam *tailing* tersebut (Pohan et al., 2007; Widodo, 2008). *Tailing* hasil penambangan emas mengandung salah satu atau lebih bahan berbahaya beracun seperti arsen (As), kadmium (Cd), timbal (Pb), merkuri (Hg), sianida (Sn) dan lainnya (Mirdat et al., 2013; Setiabudi, 2005). *Tailing* terdiri dari batuan yang telah hancur, berasal dari batuan mineral yang telah diambil mineralnya. *Tailing* dapat berupa padatan semacam pasir yang sangat halus atau *slurry* yaitu

tailing padat yang bercampur dengan air membentuk lapisan tipis (Purwantari, 2007).

Tailing memiliki porositas tinggi sehingga kapasitas memegang air (holding capacity) rendah, struktur tidak stabil, sangat miskin bahan organik, bahkan dapat dikatakan tidak ada bahan organik, miskin unsur hara mikro dan makro, aktivitas mikroba juga tidak ada sama sekali. Sehingga memerlukan waktu yang relatif lama dan strategi tertentu untuk mengelolanya menjadi area atau lahan yang lebih produktif. *Tailing* yang telah direklamasi memerlukan waktu lebih dari 10 tahun untuk membentuk top soil setebal 10 cm (Purwantari, 2007). Fakta yang terjadi di lapangan menunjukkan bahwa pencemaran lingkungan karena pembuangan limbah *tailing* bijih emas secara tidak benar masih banyak terjadi di beberapa lokasi pengolahan biji emas (Widodo et al., 2010). Konsentrasi merkuri yang tinggi dalam contoh *tailing* pada umumnya disebabkan oleh proses amalgamasi yang tidak sempurna. Dari beberapa penelitian, diperoleh data yang menunjukkan merkuri yang hilang setelah amalgamasi dapat mencapai 5% - 10%. Merkuri yang dimasukkan ke dalam tabung amalgamasi (tromol) berkurang sampai 10 % pada saat akhir proses, hal ini disebabkan karena pada tahap pencucian terbawa ke *tailing* (Rohmana et al., 2006).

Contoh analisis *tailing* yang diteliti oleh Setiabudi (2005), di lokasi pertambangan emas rakyat di daerah Sangon Yogyakarta menunjukkan bahwa dari 9 lokasi pengolahan emas rakyat di Sangon, semuanya menunjukkan nilai konsentrasi Hg yang sangat tinggi, yaitu 800 – 6900 ppm. Kenaikan konsentrasi merkuri yang sangat tinggi berhubungan erat dengan pemakaian merkuri dalam proses penggilingan bijih dengan menggunakan alat gelundung.

III.4. Dampak Pencemaran Merkuri

Merkuri di alam umumnya terdapat sebagai methyl merkuri (CH₃-Hg), yaitu bentuk senyawa organik dengan daya racun tinggi dan sukar terurai dibandingkan zat asalnya. Menurut Rani (2012), dampak merkuri bagi kesehatan manusia dapat diuraikan

sebagai berikut : a. Pengaruh terhadap fisiologis Toksisitas Hg terutama pada sistem saluran pencernaan (SSP) dan ginjal terutama akibat merkuri terakumulasi. Jangka waktu, intensitas dan jalur paparan serta bentuk Hg sangat berpengaruh terhadap sistim yang dipengaruhi. Organ utama yang terkena pada paparan kronik oleh elemen Hg dan organ merkuri adalah SSP sedang garam merkuri akan berpengaruh terhadap kerusakan ginjal. Keracunan akut oleh elemen merkuri yang terhisap mempunyai efek terhadap sistim pernafasan sedang garam merkuri yang tertelan akan berpengaruh terhadap SSP. b. Pengaruh terhadap sistim saraf Hg yang masuk dalam pencernaan akan memperlambat SSP yang mungkin tidak dirasakan pada pemajanan setelah beberapa bulan sebagai gejala pertama sering tidak spesifik seperti pandangan kabur atau pendengaran hilang (ketulian). c. Pengaruh terhadap ginjal Apabila terjadi akumulasi pada ginjal yang diakibatkan oleh masuknya garam anorganik Hg atau phenylmercury melalui SSP akan menyebabkan naiknya permeabilitas *epitel tubulus* sehingga akan menurunkan kemampuan fungsi ginjal (*disfungsi ginjal*). Paparan melalui uap merkuri atau garam merkuri melalui saluran pernafasan juga dapat mengakibatkan kegagalan ginjal karena terjadinya *proteinuria* atau *nephrotik sindrom* dan *tubular nekrosis* akut.

Pengaruh terhadap pertumbuhan Terutama terhadap bayi dari ibu yang terpajan oleh MeHg, dari hasil studi membuktikan ada kaitan yang signifikan bayi yang dilahirkan dari ibu yang makan gandum yang telah ditaburi pestisida, maka bayi yang dilahirkan mengalami gangguan kerusakan otak yaitu retardasi mental, tuli, penciutan lapangan pandang, *microcephaly*, buta dan gangguan menelan.

III.5. Uji Kadar Merkuri

Penentuan kadar merkuri dalam sampel dapat dilakukan menggunakan metode *absorption spectrometry* atau disebut juga *dhithizone colorimetry*. Pada metode tersebut, dhithizone akan membentuk kompleks dengan ion logam dan menghasilkan

larutan berwarna yang intensitasnya tergantung pada konsentrasi merkuri pada sampel (*Japan Ministry of Environment*, 2004). Sebelum dilakukan prosedur analisis dengan metode di atas, terlebih dahulu sampel harus didigesti menggunakan metode *Nitric Acid Digestion* sesuai *Standard Method 3030-E* tentang *Nitric Acid Digestion of Metal Samples* (APHA, 1992). Komposisi kimia maupun karakteristik fisik dari sampel tailing dapat di analisis dengan menggunakan beberapa teknik, diantaranya yaitu metode *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS), *Inductively Coupled Plasma Spectrometry* (ICPS) dan *Colorimetry* (US EPA, 2003). Sebelum diuji menggunakan salah satu dari ketiga metode di atas, sampel tailing terlebih dahulu dilarutkan menggunakan larutan asam kuat seperti terdapat pada US EPA Method 3050B tentang *Acid Digestion of Sediment, Sludges and Soils for Metals Analysis by FLAA/ICP or GFAA/ICPMS*. Untuk keperluan proses digesti dibutuhkan 1-2 gram sampel dalam berat basah ataupun 1 gram sampel dalam berat kering. Sampel didigesti dengan menambahkan asam nitrat dan hidrogen peroksida secara berulang (US EPA, 1996).

Tabel 4.6 Hasil Analisis Total Konsentrasi Merkuri Pada Tanah

Kode Sampel	Jumlah Tromol (Unit)	Jumlah Merkuri Yang Digunakan (kg Hg)	Kadar Hg mg/kg	Baku Mutu (mg/kg)
				PP 101 tahun 2014
TA I-30	12	6	5,34	0,3
TA I-60			22,51	0,3
TA I-90			3,22	0,3
TA II-30	10	5	0,42	0,3
TA II-60			1,01	0,3
TA II-90			0,78	0,3
TA III-30	4	2	0,75	0,3
TA III-60			1,06	0,3
TA III-90			0,88	0,3
TA IV-30	6	3	4,81	0,3
TA IV-60			3,49	0,3
TA IV-90			0,89	0,3
TA V-30	12	6	0,74	0,3
TA V-60			0,30	0,3
TA V-90			4,22	0,3

**ANALISIS KARAKTERISTIK LIMBAH PENGOLAHAN
EMAS DAN POTENSI PEMICU AIR ASAM TAMBANG
PADA PERTAMBANGAN RAKYAT KELURAHAN
POBOYA KAB. DONGGALA, PROV. SULAWESI TENGAH**

Pengolahan emas menggunakan merkuri di Poboya menyebabkan timbulnya limbah yang dapat mengakibatkan masalah lingkungan di daerah sekitar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi air asam tambang yang berasal dari limbah pengolahan emas. Metode yang digunakan yaitu dengan karakterisasi mineralogi dan geokimia. Hasil penelitian menunjukkan terdeteksi adanya mineral sulfida pada setiap sampel yaitu rambergit (FeMnS) dan violarit (FeNi_2S_4), serta mineral sulfida sekunder yaitu melanterit ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) dan retgersit ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Kehadiran mineral sulfida pada sampel berpengaruh terhadap pembentukan air asam tambang. Hasil Pengujian terhadap semua sampel terdeteksi unsurunsur yang banyak terkandung dalam air asam tambang seperti seperti besi (Fe) sebesar $6.975,88\mu\text{g/g}$ sampai $15.755,67\mu\text{g/g}$ dengan ambang batas $20\mu\text{g/g}$, mangan (Mn) sebesar $202,66\mu\text{g/g}$ sampai $372,92\mu\text{g/g}$ dengan ambang batas $0,15\mu\text{g/g}$, dan seng (Zn) sebesar $4,98\mu\text{g/g}$ sampai $75,04\mu\text{g/g}$ dengan ambang batas $0,06\mu\text{g/g}$, semua unsur tersebut telah melebihi ambang batas menurut Badan Standarisasi Nasional (SNI, 2004). Hasil penelitian menunjukkan limbah pengolahan emas di lokasi penelitian berpotensi menimbulkan air asam tambang

Kode Sampel	Mineral	Rumus Kimia
Sampel 1	Kuarsa	SiO ₂
	Melanterit	FeSO ₄ .7H ₂ O
	Rambergit	FeMnS
Sampel 2	Kuarsa	SiO ₂
	Kalsit	CaCO ₃
	Retgersit	NiSO ₄ .6H ₂ O
	Violarit	FeNi ₂ S ₄

Hasil uji XRD pada sampel limbah pengolahan emas

Tabel 2. Hasil kuantitatif senyawa oksida uji XRF.

No	Elemen Uji	Kode Sampel	
		Sampel 1 (%)	Sampel 2 (%)
1	SiO ₂	60,289	76,407
2	Fe ₂ O ₃	4,455	2,362
3	K ₂ O	3,600	0,621
4	CaO	2,458	6,448
5	SO ₃	0,660	0,228
6	TiO ₂	0,506	0,195

Tabel 3. Hasil pengujian unsur logam berat menggunakan AAS.

Elemen Uji	Kode Sampel	
	Sampel 1	Sampel 2
	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)
Fe	15.755,67	6.975,88
Mn	372,92	202,66
Zn	75,04	4,98

No	Elemen Uji	Kode Sampel	
		Sampel 1	Sampel 2
		(%)	(%)
7	MnO	0,064	0,063
8	Tm ₂ O ₃	0,038	-
9	SrO	0,034	0,060
10	As ₂ O ₃	0,030	-
11	V ₂ O ₅	0,024	0,009
12	ZrO ₂	0,023	0,006
13	ZnO	0,016	0,008
14	Rb ₂ O	0,011	0,004
15	Y ₂ O ₃	0,006	-
16	Ag ₂ O	0,004	-
17	Lain-lain	27,781	13,565

Berdasarkan hasil uji geokimia sampel limbah pengolahan emas, pada pengujian XRF terhadap sampel 1 menghasilkan 21 unsur yang terdeteksi, dan sampel 2 terdeteksi 19 unsur (tabel 2). Berdasarkan jumlah elemen yang terdeteksi pada hasil uji XRF sebagian besar elemen utama terdeteksi juga oleh pengujian XRD. Geokimia sampel penelitian ini diketahui melalui analisis XRF dan AAS, sampel pada daerah penelitian berasal dari dua jenis limbah yang berbeda akan menghasilkan karakteristik geokimia yang juga berbeda. Pengujian XRF berguna untuk mengetahui unsur dan mineral yang teroksidasi pada sampel. Pada kedua sampel terdeteksi SiO_2 . hal ini terjadi karena kuarsa merupakan mineral paling banyak ditemukan pada kerak bumi. Terdeteksinya Al_2O_3 yang juga melimpah. Dari semua sampel uji juga terdapat senyawa Fe_2O_3 yang merupakan mineral hasil sisa oksidasi. Al_2O_3 dan Fe_2O_3 merupakan dua senyawa yang dapat menghasilkan logam didalam air asam tambang (Sayoga, 2014).

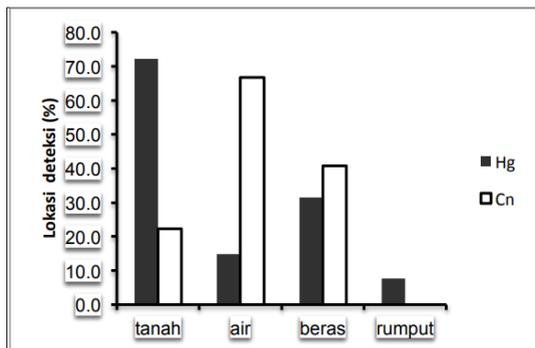
Beberapa unsur yang terdeteksi seperti arsen, mangan, tembaga dan besi akan berpengaruh terhadap perolehan emas bila dilindi dengan sianida (Li, et al., 2010). Air asam tambang mengandung banyak unsur logam beracun berbahaya yang menyebar ke lingkungan sekitar dapat terjadi secara alami maupun sebagai akibat kegiatan pertambangan. Dispersi logam yang terjadi secara alami akan membentuk rona awal kandungan logam di daerah sekitar tubuh bijih yang tinggi, yaitu diatas rata-rata pada kerak bumi (Wahyudi, et al., 2014). Kegiatan penambangan akan cenderung memicu proses pembentukan air asam tambang berlangsung menjadi lebih intensif.

Pada semua sampel terdapat unsur Fe dan S yang apabila berikatan dapat membentuk mineral sulfida yang sangat reaktif membentuk asam seperti pirit. Air asam tambang mengandung banyak unsur logam beracun berbahaya yang menyebar ke lingkungan sekitar dapat terjadi secara alami maupun akibat kegiatan pertambangan. Kegiatan penambangan akan cenderung memicu proses pembentukan air asam tambang berlangsung menjadi lebih intensif. Pada tabel 4 dapat dilihat hasil pengujian

geokimia dengan menggunakan metode AAS, semua sampel terdeteksi unsur logam berat yang sering ditemukan pada air asam tambang yang telah melewati batas berdasarkan nilai ambang batas logam berat pada sedimen atau tanah oleh Badan Standarisasi Nasional (SNI) tahun 2004.

Tabel 4. Hasil pengujian logam berat yang pada umumnya terdapat pada air asam tambang.

Elemen Uji	Kode Sampel		Nilai Ambang Batas (ug/g)
	Sampel 1 (ug/g)	Sampel 2 (ug/g)	
Fe	15.755,67	6.975,88	20
Mn	372,92	202,66	0,15
Zn	75,04	4,98	0,06



Gambar 1. Lokasi deteksi merkuri (Hg) dan sianida (Cn) pada sampel tanah, air, beras dan rumput alam

Tabel 2. Hasil analisis kandungan merkuri (Hg) dan sianida (Cn) pada sampel tanah, air, beras dan rumput alam di sekitar pengolahan emas tradisional di kabupaten Lombok Barat dan Lombok Tengah

Sumber	Kandungan Logam berat (ppm)	Ambang Batas (ppm)**
Tanah		
Hg	0,2-3,5	0,005
Cn	0,013-0,067	Belum ada standar
Air		
Hg	0,00006-0,00034	0,002
Cn	0,001-0,04	0,001
Beras		
Hg	0,0001-0,0003	0,05
Cn	0,007-0,121	0,5
Rumput alam		
Hg	0,05	Belum ada standar

Sumber **: WHO (2004) dan SNI (2009)

BAB IV

DAMPAK TERHADAP LINGKUNGAN TAMBANG EMAS PERUSAHAAN, TAMBANG RAKYAT DAN NIKEL

IV.1. Dampak terhadap lingkungan: Dataran Tinggi

IV.1.1. High Grading

Proses pemisahan fisik yang tidak mempunyai dampak terhadap lingkungan seperti cyanide leaching seperti yang digunakan dalam operasi tambang emas pada umumnya”

campuran berbagai bahan kimia (daftar ada di bagian 4.4 di bawah) untuk memisahkan logam dari bijinya.

Tembaga yang terbuang ke dalam tailings, juga banyak terdapat batu-batuan mengandung tembaga yang ditambang tetapi tidak diproses. Sebagian dari batuan yang ditambang di Grasberg merupakan limbah batuan yang non-mineralised (*overburden*), misalnya batu kapur, yang diangkat untuk melebarkan lubang penggalian agar dapat menggali lebih dalam dengan aman. Namun demikian, sebagian batu tambang yang mengandung tembaga dengan kadar sedang kadang dibuang sebagai batuan limbah karena kapasitas pertambangan yang terbatas lebih diutamakan untuk memproses hasil tambang yang kadarnya lebih tinggi. Ini adalah keputusan ekonomis yang disebut “*high grading*”

IV.1.2. Air Asam Batuan (*‘Acid Rock Drainage’ –ARD*)

Tembaga yang ditambang mengandung metal sulfida, terutama pyrite dan chalcopyrite. Chalcopyrite paling banyak terdapat dalam proses penambangan tembaga Grasberg. Mineral yang juga terkandung dalam buangan sulfur ini adalah besi dan tembaga, dan sejumlah kecil logam berat lainnya. Sulfida sebenarnya stabil jika dia “terkunci” di dalam bebatuan di bawah tanah, tapi ketika bebatuan digali, dihancurkan dan diuraikan

dalam elemen-elemennya, dia menjadi tidak stabil dan terurai menjadi elemen yang berbahaya bagi lingkungan yang disebut Air Asam Batuan (Acid Rock Drainage - ARD). Terbukanya dinding lubang pertambangan, penggalian bawah tanah, pembuangan batuan sisa tambang dan tailings semuanya dapat menjadi sumber ARD jika mengandung mineral sulfida.

ARD adalah proses oksidasi yang menghasilkan asam dan melepas logam berat dari bentuk mineral, memungkinkan polutan ini meninggalkan area pertambangan atau area pembuangan tailings dan terbawa ke lingkungan sekitarnya seperti dasar sungai dan permukaan drainase air. Dampak ARD bisa jadi tidak langsung muncul akibat pelannya perubahan keseimbangan dari penghantar dan hasil reaksi ARD, dan bisa jadi dimanapun dilakukan penggalian batuan yang mengandung asam akan terdapat dampak jangka panjang (Kempton 2003)

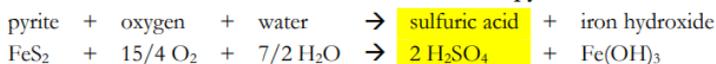


Air Asam Batuan (Acid Rock Drainage–ARD) di Grasberg. Air yang berwarna mengindikasikan hasil oksidasi dari tembaga (biru/hijau) dan besi (coklat kemerahan) dalam batu buangan yang mengandung *chalcopyrite* dan *pyrite* yang terkandung dalam limbah batuan (MoE 2006)

Terurainya *pyrite* dan *chalcopyrite* disebabkan oleh paparan oksigen dan air, dipercepat oleh bakteri *aerobic*, *acidophilic iron* dan *sulphur oxidaxing* seperti *Acidithiobacillus ferrooxidans*. Di samping, mennghasilkan asam dan melepas logam, proses oksidasi sulfida juga menghasilkan panas; ini sebabnya mengapa reaksi yang aktif terjadi dalam buangan limbah batuan di

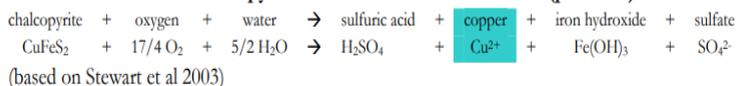
Freeport terpantau dalam keadaan sangat panas (Miller et al 2003b). Reaksi pyrite yang memproduksi ARD termasuk asam *sulfuric* dan besi berwarna coklat kemerahan adalah sebagai berikut:

Rumus 1. Oksidasi pyrite.



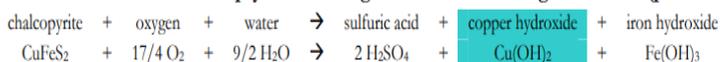
Reaksi chalcopyrite sangat penting di Freeport karena proses ini melepas tembaga ke lingkungan sekitar.: Dalam kondisi produksi asam yang tinggi, seperti pada dinding lubang tambang dan pada dataran tinggi limbah batuan, tembaga dikeluarkan dari bentuk mineral chalcopyrite langsung dalam bentuk elemental sebagai berikut:

Rumus 2. Chalcopyrite oxidation in acidic conditions (pH < 5.5).



Dalam kondisi lingkungan yang netral atau tidak terlalu asam (pH>5.5), seperti yang diinginkan pada tempat pembuangan limbah batuan dan tailings masa depan di sungai Otomona – ADAmuara Ajkwa, tembaga tetap terlepas dari mineral chalcophyrite, menjadi tembaga hidroksida. Reaksi oksidasi yang dominan adalah:

Rumus 3. Oksidasi Chalcopyrite dalam tingkat keasaman sedang atau netral (pH > 5.5).



Contoh tambang tembaga yang memiliki masalah ARD berkelanjutan adalah tambang tembaga/uranium Rum Jungle, terletak 90 kilometer sebelah selatan Darwin di Northern Territory, Australia. Sejak tahun 1960-an, ARD dari batuan sisa tambang di tambang yang tutup telah menyebabkan

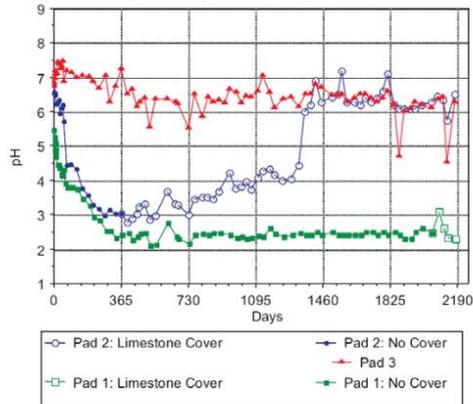
meningkatnya kadar tembaga di bagian timur Sungai Finnish. Akibat dari ARD ini adalah tidak adanya ikan yang hidup di sungai tersebut sebelum endapan bekas tambang diatasi pada tahun 1980-an. Pengangkatan endapan bekas tambang mengurangi kadar tembaga dalam air sampai 95%, tapi hanya bisa mengembalikan 30% spesies ikan. Sayangnya, kadar tembaga di percabangan timur sungai ini masih dapat meracuni ikan dan penanganan perairan lebih lanjut tengah dipertimbangkan pada tahun 2003 dengan tujuan meningkatkan kualitas air demi mengembalikan kehidupan perairan normal (Twining, 2003).

IV.1.2.1 Dampak Air Asam Batuan ('Acid Rock Drainage' – ARD) Terhadap Air Permukaan dan Air Tanah

Air yang dikumpulkan dari tempat yang menghasilkan air asam, misalnya dekat NW Wanagon dan dites untuk menguji kadar tembaga, besi, keasaman dan daya konduksi.

Ada grafik di bagian lain dalam laporan tiga bulanan itu yang menunjukkan bahwa air tanah dan air permukaan yang tercemar ARD dikumpulkan untuk di coba perbaiki dengan menggunakan kapur di tempat pengolahan, menunjukkan rata-rata pH=3, padahal tingkat pH tersebut mengandung kadar keasaman yang tinggi (PTFI 2005c).

Figure 20. Efek yang dihasilkan dalam pencampuran dan *capping* dengan batuan kapur terhadap keasaman (dalam unit pH) dari limbah batuan PAF yang rendah hingga moderat di Freeport. Pad 3 menggunakan 25% campuran batuan kapur, dan Pad 2 menggunakan *capping* dengan kapur setelah satu tahun (perhatikan simbol yang berubah). (dari Miller et al 2003)



1. Erosi dan Runtuhnya Timbunan Batuan Limbah

Timbunan batuan limbah saat ini sudah lebih dari 1,5 milyar ton pecahan batu dan akan bertambah menjadi sekitar 3 milyar ton. Timbunan ini sangat rawan terhadap erosi dengan curah hujan sekitar 4.000-5.000 mm yang turun setiap tahun di lokasi tambang. Foto dan gambar satelit dengan jelas menunjukkan proses yang sedang terjadi (lihat Figure 21, Figure 22 dan WALHI 2000). Erosi dari timbunan limbah batuan ini memperparah muatan tailings yang sudah bersedimen tinggi masuk ke dalam aliran sungai.

Figure 21. Gundukan batuan limbah tambang milik Freeport-Rio Tinto (terdiri dari bijih logam dengan kadar rendah) di hamparan dataran tinggi. (MoE Feb 2006)



2. Risiko Toksisitas Bahan Kimia Penggilingan dan Pengambangan

Proses ekstraksi emas dan tembaga yang dilakukan Freeport memakai bahan kimia berikut ini, yang dalam proporsi tertentu bisa terbang ke lingkungan sekitar bersama dengan tailings dari lokasi pertambangan dan di Pelabuhan Amamapare selama proses peningkatan konsentrasi mineral:

- SIBX (Sodium Isobutyl Xanthate)
- Oreprep OTX-140:
 - 70% C8-C10 Alcohols
 - 15% Polypropylene Glycol
 - 12% C10-C16 Aldehydes/Esters
 - 1-2% C5-C8 Alcohols
- Hyperfloc A-237 (Anionic Polyacrylamide)
- Cytec S-7249 (41% Sodium Diisobutyl Dithiophosphate)
- Isobutyl Alcohol

Penduduk sekitar tepi sungai Amungme, Desa Banti dan Waa mengeluh karena bau yang tidak sedap dari tailings melewati Sungai Aghawagon, yang diasumsikan berasal dari satu atau beberapa bahan kimia. Selama screening-level risk assessment (SLRA) dari bahaya yang diderita anak-anak akibat mengkonsumsi air sungai yang mengandung tailings di dekat Desa Banti, beberapa dari bahan kimia yang digunakan dalam proses produksi menerima screening quotients (SQs) yang tidak jauh dari 1, mengindikasikan adanya bahaya dan harus diselidiki lebih lanjut, yakni:

- Sodium Diisobutyl Dithiophosphate SQ = 0.61
- Sodium Isobutyl Xanthate SQ = 0.41

Karena tingkat SQ untuk anak yang terpapar bahan kimia pabrik adalah < 1 , bahaya ini tidak bisa diujikan ke dalam Penilaian Risiko Kesehatan Manusia (Human Health Risk Assessment)

IV.2. Dampak terhadap lingkungan: Dataran Rendah

Daerah dataran rendah yang diperuntukkan sebagai tempat pembuangan tailing tersebut disebut Ajkwa Deposition Area (ADA). Untuk mencegah agar tailing tidak mengalir ke sungai-sungai lain di sekitar kawasan tersebut dan untuk membatasi daerah yang terkena imbas tailing tersebut, maka sepasang

tanggul telah dibangun di bagian timur dan barat dari kanal alami Sungai Ajkwa.

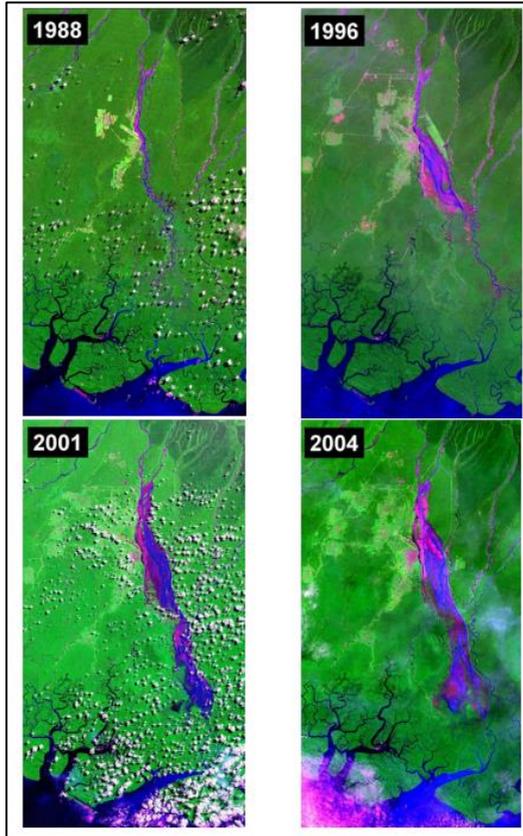
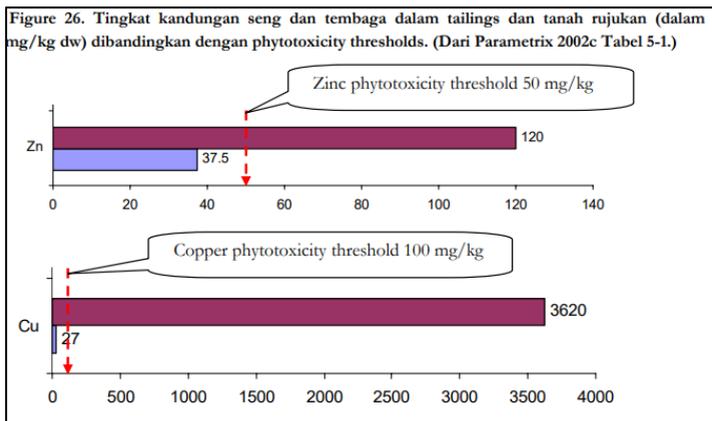


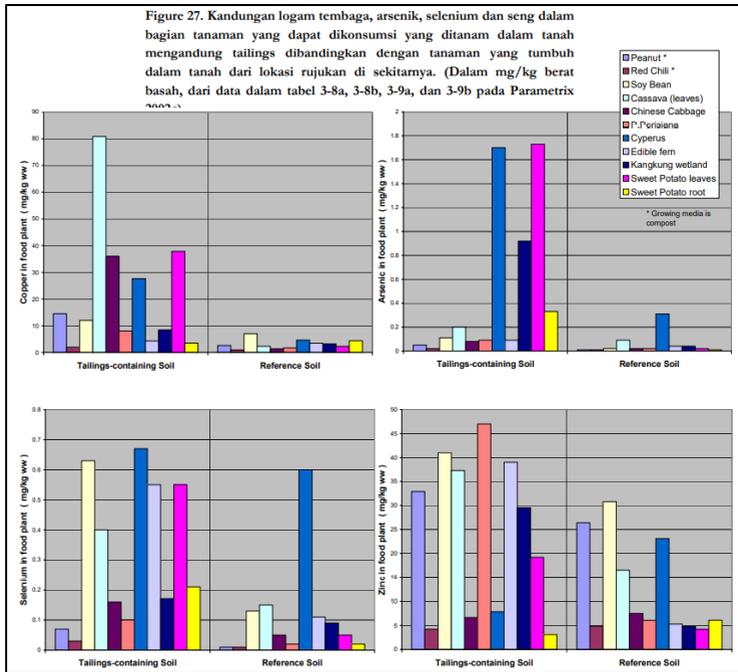
Figure 23. (Pada halaman sebelah). Foto landsat dari jejak pengendapan tailings yang meluas di dataran rendah Timika, pada tahun-tahun sesuai dengan yang tertera pada gambar. Timbunan tailing pada ADA ditandai dengan warna merah muda (tailing kering) dan biru (tailing basah). Daerah yang gelap kehitaman menggambarkan genangan air atau bayangan awan. Daerah hutan yang dibabat digambarkan dengan warna hijau

muda (dari Paull et al 2006). Lihat juga Gambar 7 untuk foto Landsat tahun 2005.

IV.2.1. Tumbuhan dan Logam Berat

Sebagaimana yang telah diilustrasikan sebelumnya pada Figure 15, tingkat kandungan logam selenium (Se), timbal (Pb), arsenik (As), seng (Zn), Mangan (Mn), dan tembaga (Cu) pada tailings milik Freeport meningkat jika dibandingkan dengan kandungan pada tanah hutan alam dari daerah sekitarnya di Timika. Konsentrasi dari beberapa metal yang terkandung dalam tailings tersebut melebihi phytotoxicity thresholds (ambang batas racun yang bisa mematikan tumbuhan), yang mengindikasikan adanya efek racun dalam pertumbuhan tanaman – contoh untuk seng dan tembaga diberikan dalam Figure 26.





IV.2.2. Satwa Liar dan Logam Berat

Selain wilayah ADA yang pada akhirnya akan dipenuhi oleh tailings setinggi beberapa meter, area hutan dan kanal di luar ADA tertutup oleh lapisan tipis tailings ketika tepian sungai Ajkwa runtuh sebelum dibangun sistem tanggul pada tahun 1997. Peningkatan logam berat yang diakibatkan oleh tailings dalam area tersebut memiliki potensi risiko terhadap kehidupan satwa liar. Berbagai hewan dapat terkena dampak paparan langsung terhadap tailings, serta kerusakan dan perubahan habitat yang disebabkan oleh bahan-bahan kimia (kandungan logam berat yang tinggi, bahan organik dan nutrisi yang rendah) dan karakteristik fisik dari tailings (ukuran partikel, masalah retensi air), dan proses pengendapan (proses penyumbatan terhadap komunitas tumbuhan dan hewan invertebrata air). Logam berat dari tailings juga bisa meresap ke air permukaan

dan air tanah, keluar dari kawasan ADA dan menciptakan rute paparan sekunder (Parametrix 2002c).

Tidak mengalami peningkatan risikorisiko karena terpapar logam dari tailings:

- Predator tingkat atas seperti elang atau buaya;
- Burung omnivora seperti egrets (sejenis bangau).

Mengalami sejumlah peningkatan risikorisiko karena terpapar logam dari tailings:

- kingfishers dan burung pemakan ikan lainnya;
- brush turkey, fantail (sejenis kalkun) dan beberapa jenis burung lainnya yang memakan invertebrata di tanah atau dedaunan;
- kasuari dan burung besar pemakan buah lainnya;

Mengalami peningkatan risikorisiko yang tinggi karena terpapar logam dari tailings:

- mamalia seperti kalong atau hewan seukuran lainnya yang mengkonsumsi buah dan makanan lainnya, atau hanya mengkonsumsi buah saja;
- mamalia seperti kelelawar yang hanya memakan invertebrata pada dedaunan;
- mamalia seperti kuskus yang makan tanaman;
- mamalia omnivora besar seperti babi. (Parametrix 2002c).

Figure 28. Rantai makanan untuk ekosistem hutan di wilayah Timika. Dari Parametrix (2002c).

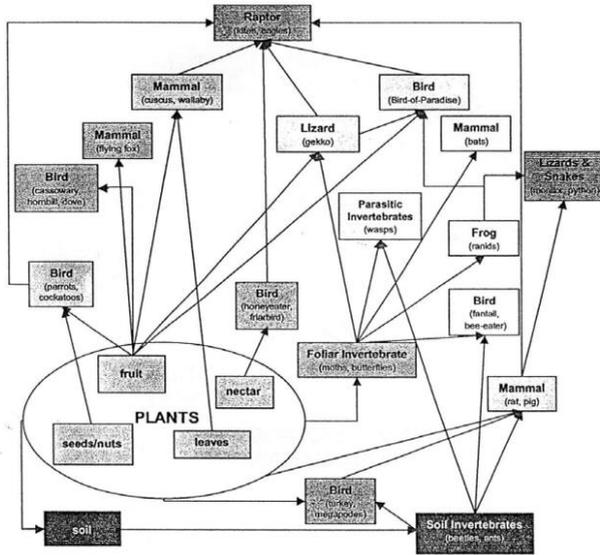
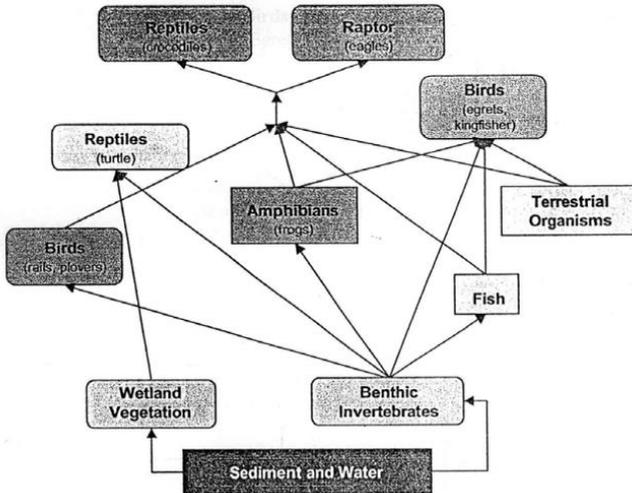


Figure 29. Rantai makanan untuk ekosistem sungai di Timika. From Parametrix (2002c).



IV.2.3. TTS dan Kekeruhan Air Tawar

Padatan tersuspensi menciptakan risikorisiko tinggi terhadap kehidupan dalam air pada aliran air yang menerima tailings di kawasan dataran rendah, terutama di ADA. Dalam daftar berikut ini, dapat dilihat bahwa padatan tersuspensi dalam jumlah yang berlebih (diukur sebagai total suspended solids – TSS) memiliki dampak langsung yang berbahaya terhadap kehidupan dalam dan bisa juga mengakibatkan kerusakan ekologis yang signifikan melalui beberapa mekanisme berikut ini:

- Abrasi langsung terhadap insang binatang air atau jaringan tipis dari tumbuhan air (Parametrix and URS Greiner 1999)
- Penyumbatan insang ikan atau selaput pernapasan lainnya
- Menghambat tumbuhnya/smothering telur atau kurangnya asupan oksigen karena terlapsi oleh padatan
- Gangguan terhadap proses makan, termasuk proses mencari mangsa dan menyeleksi makanan predation and filter feeding
- Gangguan terhadap proses fotosintesis oleh ganggang atau rumput air karena padatan menghalangi sinar yang masuk.
- Perubahan integritas habitat akibat perubahan ukuran partikel. (Parametrix 2002a hal.4-20).

IV.2.4. Bioavailability dari Tembaga Terlarut

Kemajuan dalam memahami kadar racun tembaga dalam ekosistem air telah mengidentifikasi adanya suatu mekanisme dimana tidak semua tembaga terlarut dapat dianggap ‘bioavailable’, yaitu mampu menyebabkan efek keracunan. Hal ini bisa terjadi ketika tembaga diikat oleh karbon organik dan molekul-molekul lainnya yang menghalangi penembusan langsung (passing directly) melewati selaput-selaput biologis. Sebagai tambahan, peningkatan kekerasan air tawar (CaCO_3 terlarut) akan mengurangi tingkat racun tembaga (Parametrix 2002a).

Penelitian mengenai bioavailability dan racun yang dilakukan oleh CSIRO Australia (Apte et al 1997) yang ditugaskan oleh PTFI menemukan bahwa kebanyakan tembaga yang larut dalam sungai Ajkwa adalah bioavailable dan berada pada tingkat beracun, berdasarkan tes kimia dan biologis yang mereka lakukan (Parametrix 2002a hal.5-18).

Penemuan ini dikonfirmasi oleh Parametrix dalam AERA (2002). Parametrix menemukan bahwa sekitar 1,2 $\mu\text{g/L}$ dari tembaga yang larut di hilir Sungai Ajkwa (S-255) dan 8,8 $\mu\text{g/L}$ di bagian atas muara Ajkwa (S-260) diikat oleh molekul karbon organik. Namun demikian, hal ini hanyalah sebagian kecil dari tembaga terlarut yang dicatat pada tingkat antara 22 sampai 48 $\mu\text{g/L}$ pada bagian hilir Sungai Ajkwa dan bagian atas muara Ajkwa, yang artinya masih terdapat tembaga bioavailable yang larut dengan kadar yang sangat tinggi.

IV.2.5. Racun Tembaga Terlarut Pada Spesies Air Tawar

Figure 31 dibawah merupakan grafik distribusi kepekaan spesies yang menunjukkan tingkat racun tembaga yang akut dan kronis bagi organisme air tawar. Grafik ini mencakup data perhitungan aktual dari nilai kronis rata-rata spesies (SMCVs, ditandai dengan titik-titik berwarna hijau) dan nilai akut rata-rata spesies (SMAV). Tembaga yang terlarut merupakan racun kronis bagi kebanyakan (75%) spesies air tawar yang diuji pada 30 μg per liter, yaitu konsentrasi rata-rata yang ditemukan di hilir Sungai Ajkwa, dan merupakan racun kronis bagi hampir seluruh (90%) spesies air tawar yang diuji pada konsentrasi sebesar 42 μg per liter, yaitu konsentrasi maksimum yang ditemukan di hilir Sungai Ajkwa (Gambar berdasarkan Table 3).

Figure 31. Distribusi kepekaan spesies yang terukur untuk racun akut dan kronis dari tembaga terlarut terhadap organisme air tawar (Diadaptasi dari Parametrix 2002a)

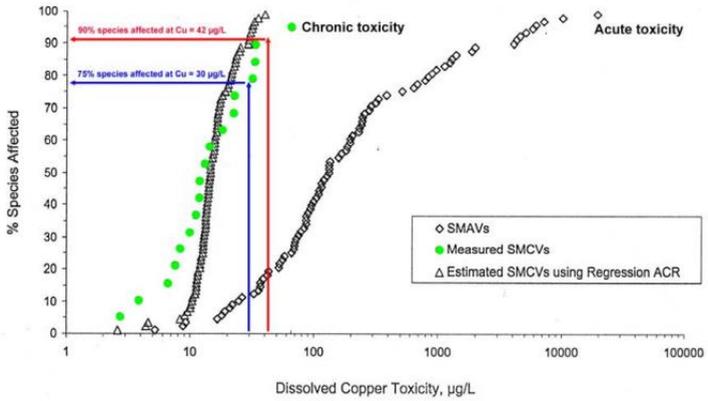


Figure 32. Distribusi kepekaan spesies yang diperkirakan untuk tingkat racun akut dan kronis dari tembaga yang terlarut terhadap organisme air tawar. Pengurangan racun untuk kadar kekerasan air 150 ppm ditemukan di Sungai Ajkwa. (Diadaptasi dari Parametrix 2002a).

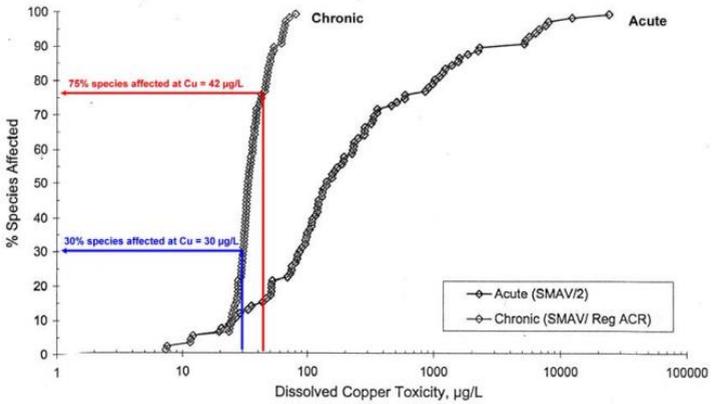


Figure 34. Jenis komunitas tumbuhan pada Muara Ajkwa sekitar tahun 1997, dipetakan oleh Ellison (pada Brunskill et al 2004)

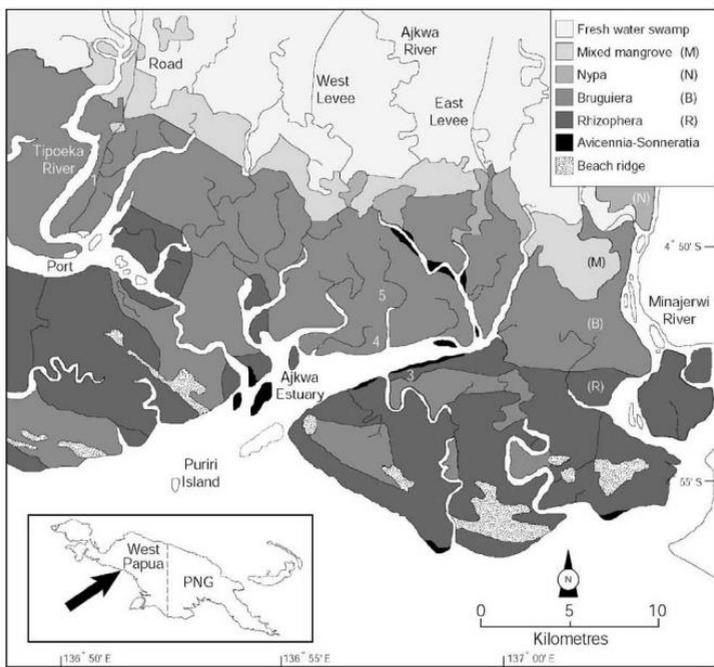


Figure 35. Rantai makanan untuk ekosistem bakau di wilayah Timika. Dari Parametrix (2002c)

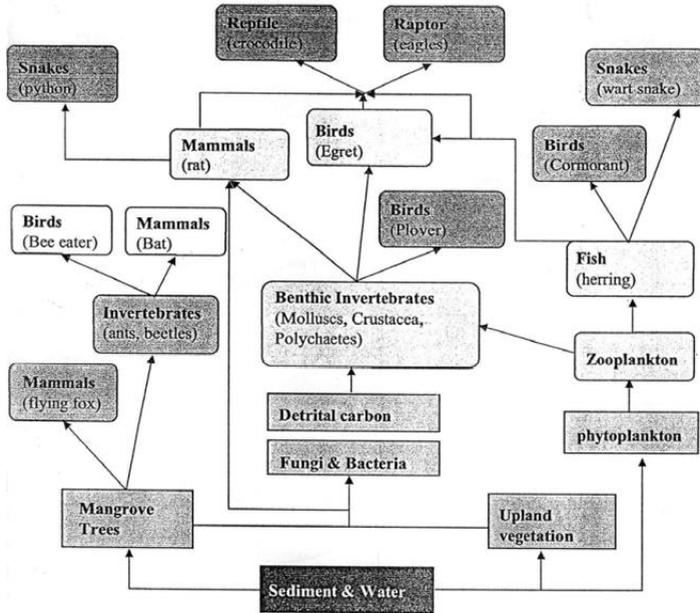


Table 11. Risiko yang terkait dengan kualitas air saat ini dan prediksinya, dalam persentase hilangnya spesies, terhadap kehidupan air dari tingkat TSS dan laju sedimentasi (diambil dari tabel 13 dalam ERA Review Panel, 2002).

Stressor	Location	Year modelled			
		2000	2014	2034	2068
TSS	Surface water upper estuary	30%	49%	49%	2%
	Surface water lower estuary	4 - 8%	5 - 12%	7%	2%
	Surface water outer estuary	4%	5 - 12%	7%	2%
	Bottom water upper estuary	61%	68%	68%	3%
	Bottom water lower estuary	15%	22%	22%	3%
	Bottom water outer estuary	15%	22%	22%	3%
	Mangroves	10 - 15%	10 - 15%	5 - 10%	5 - 10%
Sedimentation	Estuary channels	5 - 35%	5 - 35%	5 - 15%	background
	Mangroves	3 - 10%	5% or less	negligible	background

Figure 38. Peta risiko ekologis dari muara Ajkwa Estuary berdasarkan dari pendangkalan, dari risiko yang dirangkum pada tabel ES-1 dalam (Parametrix 2002a).

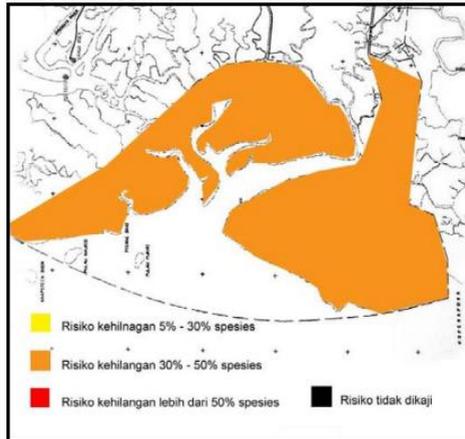


Figure 39. Peta Risiko Ekologis dari Muara Estuaria berdasarkan pada TSS terukur, dari risiko-risiko yang dirangkum pada tabel ES-1 dalam (Parametrix 2002a).

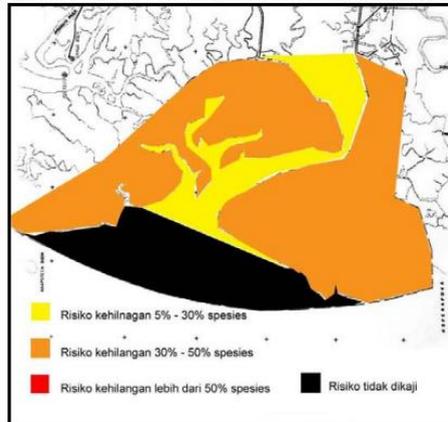


Figure 42. Peta risiko ekologis dari Muara Ajkwa berdasarkan monitoring biologis dari fitoplankton, dari risiko-risiko yang dirangkum pada tabel ES-1 dalam (Parametrix 2002a).

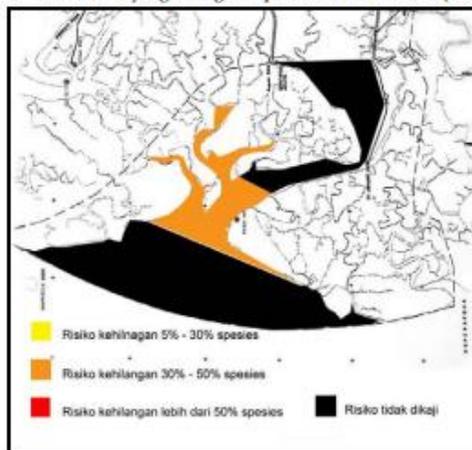


Figure 43. Peta risiko ekologis dari muara Ajkwa berdasarkan pengukuran tembaga terlarut, dari risiko-risiko yang dirangkum pada tabel ES-1 dalam (Parametrix 2002a).

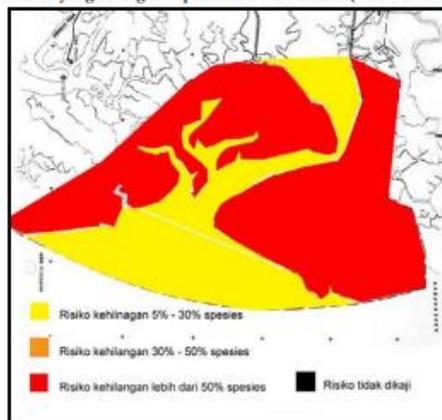


Figure 44. Distribusi kepekaan spesies untuk racun akut dan kronis dari tembaga terlarut terhadap organisme air laut. Konsentrasi sejumlah 23 µg/L ditemukan dalam kolom air pada wilayah bakau Ajkwa dan air pada sarang kepiting. (Diadaptasi dari Parametrix 2002a).

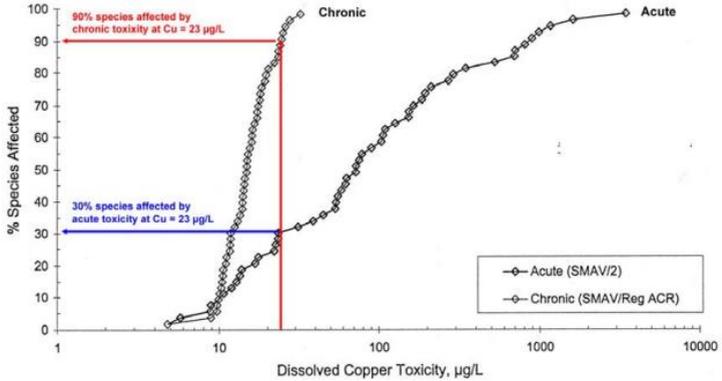
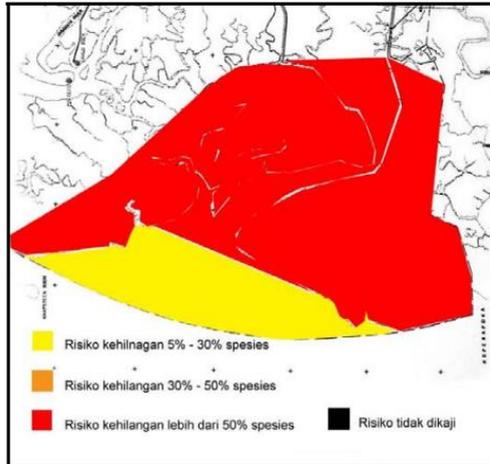


Figure 49. Peta risiko ekologi dari Muara Ajkwa berdasarkan pengawasan biologi terhadap benthos, dari risiko yang diringkas dari table ES-1 dalam (Parametrix 2002a)



IV.3. Dampak terhadap lingkungan: Diluar Konsesi Penambangan

IV.3.1. Taman Nasional Lorentz

Perbatasan bagian barat wilayah konservasi dunia, yaitu Taman Nasional Lorentz yang membentuk huruf L mengelilingi daerah konsesi tambang PTFI, dimulai dari glasier Puncak Carstensch, diikuti Sungai Mawati melalui dataran tinggi Amungme tempat tinggal suku Tsing, dan berakhir di Laut Arafura, termasuk daerah pantai yang ditunjukkan di Figure 3. Area Lorentz yang dilindungi adalah salah satu permata konservasi Indonesia dan keragaman biologis serta geomorfisnya terhitung penting bagi dunia, seperti yang dijelaskan di bagian Deskripsi Situs di awal dokumen ini.

BAB V

ANALISA KUALITAS LINGKUNGAN PADA EKSPLOITASI MINYAK BUMI

V.1. Konsumsi Energi dan Pertumbuhan Penduduk

Minyak bumi sebagai sumber daya alam tak terbarukan sampai saat ini memiliki peranan penting dalam perekonomian Indonesia karena persinya yang sangat besar sebagai salah satu sumber penerimaan negara. Sayangnya, profil cadangan dan produksi minyak bumi semakin lama semakin menurun.

Menurut SKK-MIGAS, produksi minyak mentah akan terus menurun dengan rata-rata sebesar 5,8% per tahun, sehingga dengan kebutuhan minyak yang terus meningkat akan menyebabkan impor juga semakin meningkat.

Apabila tidak menemukan cadangan baru yang cukup besar, impor minyak diperkirakan akan meningkat lebih dari 8 kali lipat dari 113 juta barel pada tahun 2013 menjadi 953 juta barel pada tahun 2050. Pangsa impor minyak terhadap kebutuhan minyak meningkat dari 38% (2013) menjadi 97% (2050).

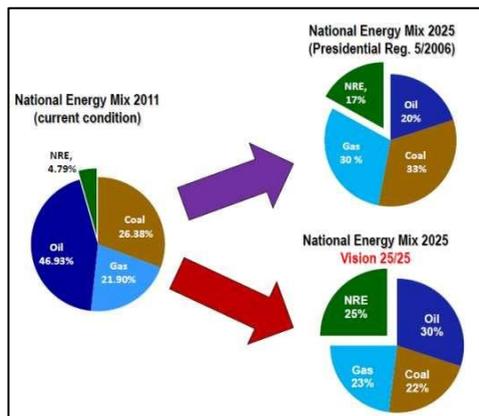
Pada kurun waktu 2013-2050 kebutuhan minyak mentah diperkirakan akan meningkat lebih dari 3 kali lipat dengan pertumbuhan rata-rata 3,3% per tahun dari 297 juta barel (2013) menjadi 980 juta barel (2050).

Selain itu pertumbuhan penduduk di Indonesia yang semakin meningkat menambah panjang pekerjaan kita. Dari tahun ke tahun jumlah penduduk Indonesia sebagai salah satu negara berkembang di dunia terus mengalami pertumbuhan. Pertumbuhan tersebut menimbulkan berbagai dampak terhadap aspek kehidupan manusia.

Salah satu aspek yang cukup terpengaruh dengan adanya pertambahan jumlah penduduk adalah penggunaan energi untuk menunjang kebutuhan hidup yang meliputi sektor industri, transportasi, rumah tangga, dan lain sebagainya. Semakin banyak penduduk yang berada di sebuah negara, semakin banyak pula energi yang dibutuhkan dan digunakan oleh negara tersebut.

Menurut Dewan Energi Nasional, 90% pemakaian energi mix di Indonesia menggunakan energi berbasis fosil, yaitu minyak bumi 54,4%, gas 26,5% dan batubara 14,1% (Thaheer, Hasibuan, & Ma'ruf, 2010, p. 42).

Berdasarkan data dari Dewan Energi Nasional, prediksi penggunaan minyak dan gas bumi sampai tahun 2025 masih memegang proporsi tertinggi, yaitu 53 % dan selanjutnya batubara sebesar 22 %, sisanya sumber energi yang lain.



Energy Mix Indonesia Berdasarkan DEN (2014)

Pada periode tahun 1975-1995 produksi minyak Indonesia masih di atas 1 juta barel, bahkan pada 1980-an dan 1991-an produksi minyak Indonesia hampir mendekati 2 juta barel. Sementara konsumsi BBM dalam negeri pada 1975-1985 di bawah 500.000 barel per hari.

Namun seiring pertumbuhan ekonomi Indonesia, konsumsi BBM dalam negeri terus meningkat hingga pada 2004 produksi

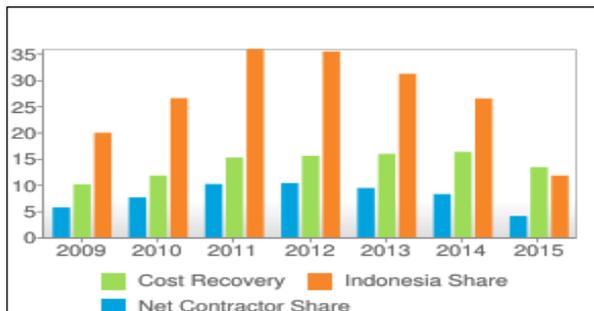
minyak tidak mencukupi untuk menutupi konsumsi dalam negeri. Mulai periode 2004 konsumsi BBM dalam negeri sudah berada di level 1 juta barel per hari, sementara produksinya terus turun.

Tahun 2015, konsumsi BBM dalam negeri sudah di atas 1,5 juta barel per hari, sementara produksinya di bawah 800.000 barel per hari. Sisanya, pemerintah mengimpor BBM (jenis premium) dari luar negeri dengan rata-rata 9 juta barel / bulan.¹⁾

Melihat dari semua data diatas, kita bisa simpulkan bahwa SDA Minyak kita akan semakin menurun secara kuantitas, dimana hal tersebut berbanding terbalik dengan pertumbuhan penduduk dan konsumsi masyarakat Indonesia terhadap hasil minyak bumi yang semakin hari semakin meningkat.

V.2. Kontribusi Minyak Bumi Terhadap Pembangunan Nasional dan Kemakmuran (Kesejahteraan)

Minyak Bumi memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap Pembangunan Nasional. Menurut SKK-Migas industri hulu Minyak dan Gas Bumi menyumbang sekitar Rp. 310 Triliun penerimaan negara di Tahun 2014, tetapi pada tahun 2015 turun menjadi Rp. 177 Triliun, hal tersebut dikarenakan adanya penurunan harga Minyak Bumi. Dari penerimaan Minyak Bumi tersebut digunakan dalam APBN dan termasuk untuk membiayai Pembangunan Proyek-Proyek Infrastruktur Strategis Nasional.



Sehubungan dengan penerimaan negara yang pada akhirnya akan diserap untuk pembangunan dan secara makro akan meningkatkan pendapatan masyarakat, kontribusi minyak bumi secara relevan dapat mempengaruhi kesejahteraan rakyat.

Berkat kontribusi tersebut, Indonesia bisa melaksanakan program-program pembangunan untuk memajukan negara dan menyejahterakan rakyat. Keberadaan industri energi khususnya di hulu migas juga mendorong pengembangan industri lainnya di tanah air. Hal ini bisa dilihat dari peningkatan pemanfaatan komponen dalam negeri.

Sejak 2006 hingga sekarang, pencapaian Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN) terus mengalami peningkatan. Sebagai informasi, pada 2006, pemanfaatan komponen dalam negeri di hulu migas mencapai 43 persen. Sementara untuk tahun 2015, penggunaan komponen dalam negeri hingga Juni mencapai 67,71 persen.

Apabila melihat fakta tersebut, maka bisa penulis simpulkan bahwa kontribusi minyak bumi pada kesejahteraan bisa dirasakan seluruh rakyat Indonesia, baik secara langsung maupun tidak langsung, terlepas pada akhirnya instrumen kebijakan dan ekonomi negeri ini masih perlu banyak yang diperbaiki mengingat kesejahteraan yang masih tidak merata.

V.3. Dampak Lingkungan akibat Industri Migas

Menurut Emil Salim dalam bukunya, “Ratusan Bangsa Merusak Satu Bumi”, beliau mengatakan bahwa dari berbagai masalah yang banyak mendominasi analisis pembangunan, maka “perubahan iklim” sangat menonjol.

Penurunan kualitas udara hingga pencemaran udara yang ditenggarai oleh minyak bumi, gas dan batubara mengakibatkan konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) yang menjadikannya perubahan iklim.

Selain berdampak pada perubahan kondisi suhu dan cuaca, masih banyak lagi dampak lingkungan yang dapat ditimbulkan dari aktivitas pertambangan migas di Indonesia, antara lain ialah tercemarnya air laut. Seperti yang kita ketahui, sebagian

besar pengeboran migas di Indonesia berada di lepas pantai (*off-shore*).

Dalam kegiatan pengeboran migas lepas pantai ini, kemungkinan-kemungkinan buruk dapat terjadi, seperti kebocoran pipa minyak dan gas ataupun kecelakaan kapal pengangkut minyak, dan masih banyak lagi.

Limbah Pemboran berupa lumpur bor bekas dan serbuk bor hasil dari penggunaan lumpur berbahan dasar air/ Water Based Mud (WBM), lumpur berbahan dasar minyak / Oil Based Mud (OBM) dan lumpur berbahan sintesis /Syntetic Based Mud (SBM) dimana limbah lumpur bor bekas dan serbuk bor WBM serta serbuk bor SBM biasanya didumping ke laut yang dapat menurunkan kualitas air laut yang berdampak pada biota air laut sehingga menurunkan hasil tangkapan ikan nelayan.

Limbah minyak dapat berasal dari hasil eksplorasi produksi minyak, pemeliharaan fasilitas produksi, fasilitas penyimpanan, pemrosesan, dan tangki penyimpanan minyak pada kapal laut. Limbah minyak bersifat mudah meledak, mudah terbakar, bersifat reaktif, beracun, menyebabkan infeksi, dan bersifat korosif. Limbah minyak merupakan bahan berbahaya dan beracun (B3), karena sifatnya, konsentrasi maupun jumlahnya dapat mencemarkan dan membahayakan lingkungan hidup, serta kelangsungan hidup manusia dan mahluk hidup lainnya.

Pada umumnya, pengeboran minyak bumi di laut menyebabkan terjadinya peledakan (*blow-out*) di sumur minyak. Ledakan ini mengakibatkan semburan minyak ke lokasi sekitar laut, sehingga menimbulkan pencemaran. Contohnya, ledakan anjungan minyak yang terjadi di teluk meksiko sekitar 80 kilometer dari Pantai Louisiana pada 22 April 2010. Pencemaran laut yang diakibatkan oleh pengeboran minyak di lepas pantai itu dikelola perusahaan minyak British Petroleum (BP). Ledakan itu memompa minyak mentah 8.000 barel atau 336.000 galon minyak ke perairan di sekitarnya.

Ketika minyak masuk ke lingkungan laut, maka minyak tersebut dengan segera akan mengalami perubahan secara fisik dan kimia. Diantara proses tersebut adalah membentuk lapisan

(slick formation), menyebar (dissolution), menguap (evaporation), polimerasi (polymerization), emulsifikasi (emulsification), emulsi air dalam minyak (water in oil emulsions), emulsi minyak dalam air (oil in water emulsions), foto oksida, biodegradasi mikorba, sedimentasi, dicerna oleh plankton dan bentukan gumpalan.(*Mukhtasor. 2007. Pencemaran Pesisir dan Laut*).

Hampir semua tumpahan minyak di lingkungan laut dapat dengan segera membentuk sebuah lapisan tipis di permukaan. Hal ini dikarenakan minyak tersebut digerakkan oleh pergerakan angin, gelombang dan arus, selain gaya gravitasi dan tegangan permukaan. Beberapa hidrokarbon minyak bersifat mudah menguap, dan cepat menguap. Proses penyebaran minyak akan menyebarkan lapisan menjadi tipis serta tingkat penguapan meningkat.

Minyak tidak dapat larut di dalam air, melainkan akan mengapung di atas permukaan air, bahan buangan cairan berminyak yang di buang ke air lingkungan akan mengapung menutupi permukaan air. Kalau bahan buangan cairan berminyak mengandung senyawa yang volatile maka akan terjadi penguapan dan luar permukaan minyak yang menutupi permukaan air akan menyusut. Penyusutan luas permukaan ini tergantung pada jenis minyaknya dan waktu lapisan minyak yang menutupi permukaan air dapat juga terdegradasi oleh mikroorganisme tertentu, namun memerlukan waktu yang cukup lama.

Lapisan minyak di permukaan air lingkungan akan mengganggu kehidupan organisme dalam air. Hal ini disebabkan oleh Lapisan minyak pada permukaan air akan menghalangi difusi oksigen dari udara ke dalam air sehingga jumlah oksigen yang terlarut di dalam air menjadi berkurang. Kandungan oksigen yang menurun akan mengganggu kehidupan hewan air. Adanya lapisan minyak pada permukaan air juga akan menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam air sehingga fotosintesis oleh tanaman air tidak dapat berlangsung. Akibatnya, oksigen yang seharusnya dihasilkan pada proses

fotosintesis tersebut tidak terjadi. Kandungan oksigen dalam air jadi semakin menurun. Tidak hanya hewan air saja yang terganggu akibat adanya lapisan minyak pada permukaan air tersebut, tetapi burung air pun ikut terganggu karena bulunya jadi lengket, tidak bisa mengembang lagi terkena minyak. (Fakhrudin.2004.Dampak Tumpahan Minyak Pada Biota Laut. Jakarta : Kompas)

Selain dari pada itu, air yang telah tercemar oleh minyak juga tidak dapat dikonsumsi oleh manusia karena seringkali dalam cairan yang berminyak terdapat juga zat- zat yang beracun, seperti senyawa benzene, senyawa toluene dan lainnya. (Ginting, Pedana, Ir.,2007. Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri).

V.4. Analisa Keberlanjutan SDA Minyak dengan Praktek Pengelolaan Saat ini

Dalam konteks Indonesia dan dalam tataran konseptual, kebijakan pengelolaan SDA minyak bumi menjadi bagian dari item pembangunan berwawasan ekonomi hijau. Kebijakan ini dikenal sebagai pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan hidup (Makmun, 2011). Strategi dari kebijakan tersebut dituangkan dalam dokumen Indonesia Climate Change Sectoral Roadmap (ICCSR) yang dikembangkan oleh Bappenas, yang memuat strategi sembilan sektor dalam menghadapi tantangan perubahan iklim hingga tahun 2030 ke depan.

Kesembilan sektor tersebut adalah energi, industri, transportasi, limbah, pertanian, kelautan dan perikanan, sumberdaya air, kesehatan, dan kehutanan. Pemerintah juga berkomitmen dalam menurunkan tingkat emisi sampai dengan 29 persen hingga tahun 2030 atau penurunan hingga 41 persen dengan bantuan pendanaan dari luar negeri agar dapat berkontribusi dalam mencegah kenaikan temperatur sebesar 20C seperti yang tertuang dalam dokumen INDC (Intended Nationally Determined Contribution) yang diajukan dalam COP-21 di Paris.

Di dalam dokumen tersebut, juga dinyatakan bahwa pemerintah Indonesia berkomitmen untuk menaikkan komponen energy baru dan terbarukan sebesar 23 % pada tahun 2025.

Sehubungan dengan pengelolaan SDA minyak bumi, dalam pendekatan aturan, pemerintah pun sudah sangat concern dengan perlindungan lingkungan.

Sebagaimana yang diamanahkan dalam UU No. 32 tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, bahwa setiap orang berkewajiban memelihara pelestarian lingkungan, mencegah dan menanggulangi lingkungan.

Demikian pula dinyatakan dalam UU No. 21 tahun 2001 tentang minyak dan gas bumi, bahwa upaya preventif yang dilakukan adalah dengan mewajibkan semua kegiatan usaha migas untuk melakukan penanggulangan pencemaran lingkungan sejak tahap perencanaan hingga Aspek perlindungan lingkungan memang menjadi salah satu perhatian utama , khususnya di industri hulu migas. SKK Migas sebagai lembaga negara yang mendapat mandat melaksanakan kegiatan usaha hulu migas melalui fungsi pengawasan dan pengendalian memiliki satu bagian yang mengawasi perlindungan lingkungan dalam operasi hulu migas sejak tahap eksplorasi hingga produksi.

Pengawasan yang dilakukan untuk memastikan kegiatan pengelolaan lingkungan oleh perusahaan migas sebagai Kontraktor Kontrak Kerja Sama (Kontraktor KKS) memperlancar kegiatan operasi dan menaati semua peraturan yang berlaku. Pengawasan dilakukan semenjak penyusunan rencana kerja dan anggaran hingga tahap pelaksanaan di lapangan.

SKK Migas mewajibkan Kontraktor KKS melakukan kajian awal saat akan mengoperasikan sebuah wilayah kerja melalui penyusunan *Environmental Baseline Assessment* (EBA). Studi EBA yang baik akan menginformasikan daya dukung dan limitasi lingkungan permukaan untuk kegiatan eksplorasi dan produksi migas.

Upaya melindungi lingkungan tidak hanya dilakukan saat operasi masih aktif, tetapi juga setelah lapangan tidak berproduksi. Kontraktor KKS diwajibkan mencadangkan dana restorasi dan rehabilitasi wilayah kerja (*Abandonment and Site Restoration*).

Selain itu, dari sisi kebijakan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, sesuai dengan PP No.27 tahun 2012 tentang izin lingkungan, setiap perusahaan Migas diwajibkan untuk memiliki Izin Lingkungan sebagai prasyarat memperoleh izin usaha dan/ atau kegiatan, yang dimulai dengan mempersiapkan dokumen lingkungan yang dapat berupa formulir UKL-UPL atau dokumen AMDAL yang terdiri dari KA-ANDAL, RKL dan RPL, kemudian dilakukan pemeriksaan dan penilaian dokumennya. Setelah dinyatakan layak secara lingkungan maka akan diterbitkan keputusan rekomendasi, keputusan kelayakan lingkungan hidup dan izin lingkungannya.

Dokumen lingkungan (UKL-UPL/AMDAL) berfungsi sebagai upaya preventif dalam menjaga dan mempertahankan kualitas lingkungan serta menekan pencemaran dan atau kerusakan lingkungan hidup.

Dokumen lingkungan tersebut wajib menjabarkan upaya-upaya pengelolaan dan pemantauan lingkungan hidup mulai dari kegiatan konstruksi, operasi dan bahkan sampai pasca operasi.

Untuk memperoleh Izin Lingkungan, pihak pemrakarsa perlu membuat dokumen Kerangka Acuan yang selanjutnya dimintakan persetujuan kepada Menteri, Gubernur, Bupati atau Walikota sesuai dengan kewenangannya. Kerangka Acuan berisikan jabaran ruang lingkup kajian analisis lingkungan hidup yang merupakan hasil pelingkupan. Selanjutnya pemrakarsa akan menyusun dokumen ANDAL dan RKL-RPL, dan tentunya kedua dokumen ni juga akan dimintakan persetujuannya. Keputusan Menteri, Gubernur, Bupati/Walikota akan dituangkan ke dalam Surat Keputusan Kelayakan Lingkungan Hidup (SKKLH) dan Izin Lingkungan.

Kewajiban-kewajiban yang tertuang dalam Izin Lingkungan tersebut wajib dipatuhi dan secara berkala status pemenuhannya dilaporkan kepada Instansi Pengawas dan Pelaporannya.

Dapat dilihat bahwa peraturan yang disusun oleh pemerintah seperti yang telah diuraikan diatas merupakan instrumen kebijakan pemerintah dalam mengelola dunia usaha atau dunia industri dalam perspektif pelestarian lingkungan hidup.

Selain itu, ada alat lain dalam kebijakan pemerintah dalam mengontrol pemenuhan kepatuhan akan peraturan lingkungan dengan diadakannya proper seperti yang diatur dalam PerMen LH No.3 tahun 2014.

Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan (PROPER) merupakan salah satu upaya Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan untuk mendorong pnaatan perusahaan dalam pengelolaan lingkungan hidup melalui instrumen informasi. Dilakukan melalui berbagai kegiatan yang diarahkan untuk: (i) mendorong perusahaan untuk menaati peraturan perundang-undangan melalui insentif dan disinsentif, reputasi, dan (ii) mendorong perusahaan yang sudah baik kinerja lingkungannya untuk menerapkan produksi bersih (*cleaner production*).

Meskipun demikian, tantangan secara esensial malah muncul dari UU MIGAS yang menaungi seluruh tata kelola MIGAS di Indonesia.

Banyak kalangan yang menganggap UU Migas No.22 Tahun 2001 menjadi pintu penguasaan asing terhadap SDA Migas Indonesia.

Sejak diundangkannya UU No. 22 Tahun 2001 berlanjut hingga periode sosialisasi dan penyusunan berbagai Peraturan-peraturan Pemerintah dan Keputusan-keputusan Presiden sebagai pelaksanaan dari undang-undang tersebut, makin banyak timbul ketidakpastian baik bagi masyarakat umum maupun bagi para pelaku kegiatan usaha sektor Migas.

Harapan akan timbulnya kepastian berusaha melalui Peraturan-peraturan Pemerin-tah dalam melaksanakan UU No.

22 Tahun 2001 berdasarkan janji-janji pihak Pemerintah, ternyata tidak terwujud hingga saat ini.

Undang-Undang Nomor 22 tahun 2001 Tentang Minyak dan Gas Bumi menyisakan masalah krusial. Salah satunya adalah dalam hal pengelolaan minyak dan gas bumi. Sejak diundangkannya undang-undang tersebut, pengelolaan minyak dan gas bumi di Indonesia menjadi terfragmentasi ke beberapa kementerian dan institusi. Selain Kementerian ESDM, terdapat pula BP Migas (yang kemudian diganti dengan SKK Migas), BPH Migas, Pertamina, PGN yang ikut serta dalam pengelolaan migas nasional. Selain itu, BUMD, swasta nasional dan kalangan asing ikut meramaikan pengelolaan migas di Indonesia.

Akibatnya penurunan produksi Migas terus berlanjut, dan terakhir ini tingkat produksi Minyak sudah berada dibawah 1 juta BOPD.

Lebih parah lagi adalah penurunan produksi Gas Bumi yang akhirnya mengakibatkan naiknya kekurangan pengapalan LNG kepada pihak-pihak pembeli di Jepang, Korsel dan Taiwan.

UU No. 22 Tahun 2001 telah menyerahkan hak negara untuk memaksimalkan nilai Sumber Daya Alam (SDA) Migas yang menjadi bagian negara, kepada pihak-pihak swasta (asing/nasional) termasuk broker dan trader, melalui status hukum SKKMIGAS (dulu bernama BP Migas) yang bukan Badan Usaha sehingga SKK Migas hanya berhak menunjuk Penjual Minyak, Gas, LNG, LPJ dan hasil lainnya yang menjadi bagian negara, dan tidak menjual sendiri.

UU No. 22 Tahun 2001 juga telah merombak tatanan LNG Indonesia yang dikenal sebagai Kebijakan LNG, Tunggal, atas kerugian negara sebagai penjual LNG melalui BUMN dan untuk keuntungan pembeli LNG di luar negeri dan agen-agen swasta mereka di Indonesia.

Ini dibuktikan oleh penunjukan Beyond Petroleum Tangguh sebagai pengembang Kilang dan penjual LNG Tangguh. Sangat ironis bahwa akhirnya Pemerintah terpaksa memberikan berbagai jaminan yang diminta Beyond Petroleum Tangguh untuk peranan tersebut. Bandingkan dengan Pertamina yang

telah berhasil membangun LNG Arun dan Bontang, tanpa jaminan apapun dari negara dan Pemerintah.

Kebijakan Pemerintah yang mengalokasikan cadangan-cadangan gas yang belum terikat kontrak untuk kepentingan dalam negeri merupakan disinsentif baru bagi kontraktor-kontraktor PSC. Semua menyadari bahwa kemampuan beli dari para pemakai gas dalam negeri masih sangat rendah. Pemakai gas bumi dalam negeri akhir-akhir ini sangat gencar mendesak Pemerintah untuk mengutamakan pemakai dalam negeri, hanya atas dasar bahwa harga gas bumi akan lebih rendah dari harga BBM untuk industri. Pihak PSC jelas tidak akan bersedia mensubsidi gas untuk dalam negeri.

Bahkan hingga hari ini, revisi UU Migas No 22 2001 ini masih belum juga disahkan oleh MPR.

V.5. Keberlanjutan SDA dengan Usaha Perubahan Tata Kelola

Dari semua tata kelola minyak bumi yang sudah dilakukan pemerintah, penulis menyimpulkan beberapa poin penting yang diharapkan dapat meningkatkan sistem tata kelola migas kedepan :

1. Perlu dipercepat revisi UU. No 22 Tahun 2001
2. Perlu diperbaiki sistem birokrasi dan informasi serta kemitraan di lingkungan ESDM di samping koordinasi antar institusi untuk mengatasi permasalahan-permasalahan fiskal, perijinan, tanah, tumpang tindih lahan, lingkungan, permasalahan desentralisasi dan lain-lain.
3. Untuk memenuhi kebutuhan BBM yang terus meningkat, harus dibangun beberapa kilang minyak baru dan meningkatkan produksi kilang yang ada.
4. Meningkatkan kegiatan eksplorasi migas.
5. Perlu peningkatan kualitas informasi untuk wilayah kerja yang ditawarkan melalui perbaikan ketersediaan data antara lain data geofisika dan geologi.

6. Perlu peningkatan kemampuan nasional migas dengan keberpihakan pemerintah misalnya untuk kontrak-kontrak migas yang sudah habis maka pengelolaannya diutamakan untuk perusahaan nasional dengan mempertimbangkan program kerja, kemampuan teknis dan keuangan.
7. Perlu mendorong perbankan nasional untuk memberikan pinjaman guna membiayai kegiatan produksi energi nasional.
8. Perlu dikaji segera kemungkinan impor gas (LNG), karena lebih baik/murah mengimpor gas daripada mengimpor minyak dan BBM. Di sektor rumah tangga, pemakaian LPG lebih murah dari pemakaian minyak tanah. Di sektor transportasi, penggunaan BBG lebih murah dan lebih bersih daripada BBM.

BAB IV

DAMPAK AIR ASAM TAMBANG TERHADAP LINGKUNGAN

VI.1. Pertambangan Batubara Indonesia

- Indonesia merupakan penghasil batubara terbesar ke-4 setelah, Australia, Amerika Serikat, dan Afrika Selatan.
- Pertambangan bagaikan 2 sisi mata uang. Satu sisi memberikan kemakmuran sebagai sumber pendapatan negara, sisi lainnya sebagai potensi perusakan lingkungan karena dapat merubah total iklim dan tanah akibat seluruh lapisan tanah di atas deposit bahan tambang disingkirkan pada sistem tambang terbuka (*open pit mining*).
- Sedangkan pada pertambangan dengan sistem tambang dalam (*underground mining*), kerusakan lingkungan umumnya diakibatkan karena adanya limbah penambangan (*tailing*) yang dihasilkan dari proses pemurnian bijih yang menggunakan senyawa kimia.
- Kegiatan pertambangan terbuka maupun dalam, dapat menyebabkan terlepasnya unsur-unsur kimia seperti Fe dan S dari senyawa Pirit (FeS_2) yang menghasilkan air buangan yang bersifat asam (*Acid Mine Drainage/Acid Rock Drainage*). Air buangan ini dapat terbawa aliran permukaan pada saat hujan dan mencemari lahan pertanian di bagian hilir dari pertambangan, sehingga menyebabkan nilai pH tanah menjadi tinggi.
- Air asam tambang dan tanah yang tercemari memiliki kandungan pH antara 2,5 – 3,5.

VI.1.1. Dampak Negatif Penambangan Batubara (Terbuka)

- Hilangnya tanah atas (*topsoil*) yang subur dan vegetasi penutupnya
- Bentuk geomorfologi tidak teratur
- Pemampatan/pengerasan tanah, sehingga:
 - * Kemampuan air dalam menampung air berkurang

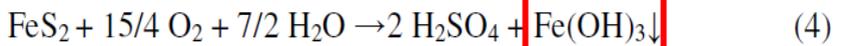
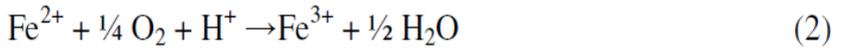
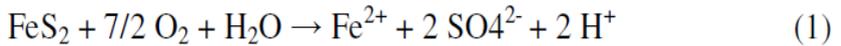
- Air limpasan (*run-off*) meningkat
 - Erosi tanah meningkat → Lumpur
- Dengan adanya dampak tersebut sehingga memicu terjadinya Air Asam Tambang (AAT)

VI.2. Air Asam Tambang (AAT)

- Air asam tambang (AAT) atau dalam bahasa Inggris dikenal sebagai *Acid Mine Drainage (AMD)* atau *Acid Rock Drainage (ARD)*.
- AAT terbentuk saat mineral sulphida tertentu pada batuan teroksidasi
- Hasil dari reaksi kimia tersebut menghasilkan air yang bersifat asam, dan dapat keluar menuju sungai apabila ada air hujan yang turun pada timbunan batuan dan menginfiltrasi batuan yang mengalami oksidasi tersebut.
- Air yang keluar dari timbunan batuan tadi yang disebut sebagai AAT

Beberapa mineral sulphida yang umum ditemukan pada kegiatan penambangan adalah:

- FeS_2 : Pyrite
- Cu_2S : Chalcocite
- CuS : Cuvellite
- CuFeS_2 : Chalcopyrite
- MoS_2 : Molybdenite
- NiS : Millerite
- PbS : Galena
- ZnS : Sphalerite
- FeAsS : Arsenopyrite
- *Pyrite* (FeS_2) merupakan mineral sulphida yang umum ditemukan pada kegiatan penambangan batubara
- Reaksi oksidasi dari mineral *pyrite* ditunjukkan oleh reaksi kimia di bawah ini:



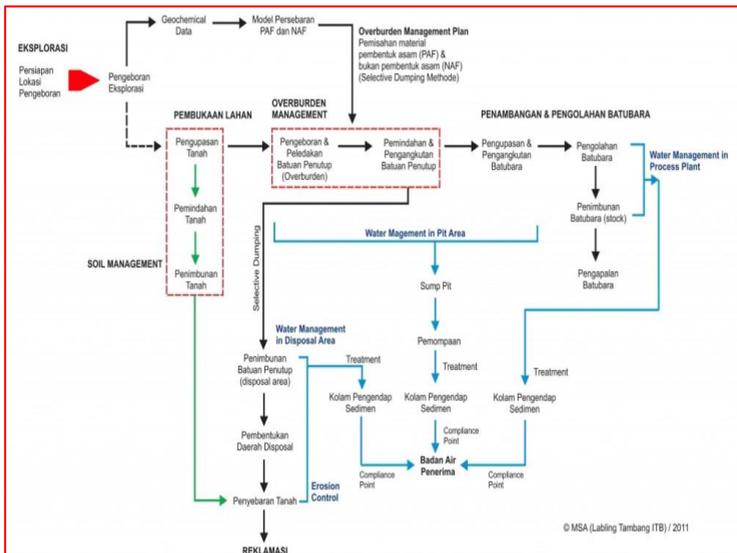
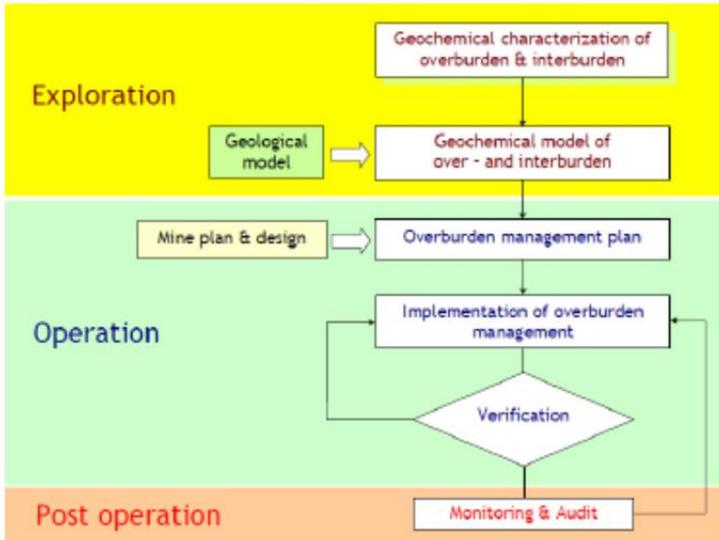
Besi Hidroksida

Terbentuknya AAT ditandai oleh satu atau lebih karakteristik kualitas air sebagai berikut:

- Nilai pH rendah (1,5 – 4)
- Konsentrasi logam terlarut tinggi. Seperti logam besi, aluminium, mangan, cadmium, tembaga, timbal, seng, arsenik, dan merkuri.
- Nilai *acidity* yang tinggi (50 – 1.500 mg/L CaCO₃)
- Nilai *sulphate* yang tinggi (500 – 10.000 mg/L)
- Nilai salinitas 1 – 20 mS/cm
- Konsentrasi oksigen terlarut rendah
- Air asam tambang (AAT) merupakan bahaya lingkungan terbesar dari aktivitas pertambangan, baik di negara maju maupun berkembang dan di pertambangan aktif maupun yang sudah tidak aktif.
- AAT yang berasal dari aktivitas pertambangan telah diatur melalui Kepmen Kementerian Pertambangan dan Energi Nomor 1211.KJOO8/M.PE/1995 tentang Pencegahan dan Penanggulangan Perusakan dan Pencemaran Lingkungan Pada Kegiatan Usaha Pertambangan Umum dan Permen Kementerian Lingkungan Hidup Nomor 113 tahun 2003.

- Air asam tambang (AAT) merupakan bahaya lingkungan terbesar dari aktivitas pertambangan, baik di negara maju maupun berkembang dan di pertambangan aktif maupun yang sudah tidak aktif.
- AAT yang berasal dari aktivitas pertambangan telah diatur melalui Kepmen Kementerian Pertambangan dan Energi Nomor 1211.KJ008/M.PE/1995 tentang Pencegahan dan Penanggulangan Perusakan dan Pencemaran Lingkungan Pada Kegiatan Usaha Pertambangan Umum dan Permen Kementerian Lingkungan Hidup Nomor 113 tahun 2003.
- AAT sangat mematikan bagi organisme perairan
- AAT tidak hanya mencemari perairan, namun juga tanah
- AAT juga meningkatkan laju pelarutan dan melepaskan berbagai jenis logam (utamanya logam berat) yang semakin meningkatkan efek negatif AAT terhadap lingkungan
- Air yang terkontaminasi AAT sangat tidak layak dikonsumsi dan sifat AAT yang korosif dapat merusak infrastruktur
- Pencegahan terbentuknya AAT lebih baik daripada mengolahnya, karena:
 - Lebih baik untuk jangka panjang
 - Meminimalkan resiko
- Langkah pertama dari pencegahan adalah mengidentifikasi, mengelompokkan, dan memetakan batuan yang berpotensi membentuk asam dan yang tidak berpotensi membentuk asam, sehingga dapat disusun perencanaan pencegahan yang baik.
- Hal ini dilakukan sejak tahap eksplorasi, perencanaan dan perancangan, penambangan, dan pascatambang

VI.2.1. Pengelolaan AAT



VI.2.2. Tujuan Pencegahan Dan Mitigasi

- Prinsip dasar pencegahan pencemaran adalah menerapkan suatu proses perencanaan dan perancangan untuk:
 - Mencegah, menahan, atau menghentikan proses-proses hidrologi, kimia, mikrobiologi, atau termodinamika yang menyebabkan pencemaran pada lingkungan perairan pada atau daerah sekitar lokasi terjadinya penurunan kualitas air
 - Menerapkan upaya fisik untuk mencegah atau menahan perpindahan kontaminan ke badan air dengan *recycling*, pengolahan dan/atau mengamankan timbunan

VI.2.1. Pengolahan AAT

- Pengolahan AAT diperlukan agar memenuhi baku mutu lingkungan sebelum dilepaskan ke badan perairan alami
- Walaupun metode pencegahan sudah dilakukan dengan baik, akan tetap ada AAT yang terbentuk dan perlu diolah
- Beberapa contoh AAT yang tidak dapat dicegah pembentukannya:
 - Dari *Mine Pit*
 - Pengotor hasil dari pencucian batubara
 - *Stockpile* batubara
- Pengolahan AAT dapat digolongkan menjadi 3, yaitu:
 - Pengolahan Aktif
 - Pengolahan Pasif
 - Pengolahan ditempat

1. Pengolahan Aktif

Pengolahan aktif dengan berbagai jenis material alkali

Material/senyawa alkali	Kebutuhan Alkali (ton/ton of keasaman)	Efisiensi Netralisasi (% yang terpakai)	Biaya relatif (\$ / ton)
Batu kapur, CaCO ₃	1.00	30 - 50	10 - 15
Hydrated lime, Ca(OH) ₂	0.74	90	60 - 100
Kapur tohor, CaO	0.56	90	80 - 240
Soda abu, Na ₂ CO ₃	1.06	60 - 80	200 - 350
Caustic soda, NaOH	0.80	100	650 - 900
Magna lime, MgO	0.4	90	Project specific
Fly ash	Material specific	-	Project specific
Kiln dust	Material specific	-	Project specific
Slag	Material specific	-	Project specific

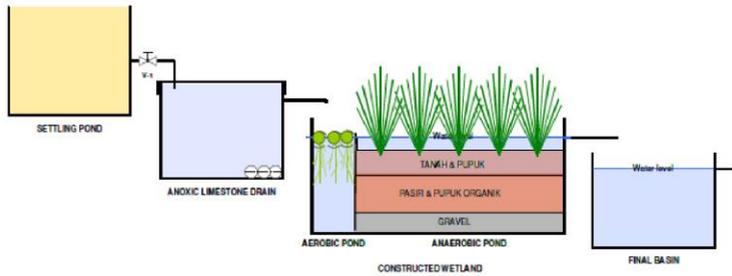
2. Pengolahan Pasif

Merupakan proses pengolahan yang tidak memerlukan intervensi, operasi atau perawatan oleh manusia secara regular.

Suatu sistem pengolahan air yang memanfaatkan sumber energi yang tersedia secara alami seperti gradien topografi, energi metabolisme mikroba, fotosintesis, dan energi kimia, serta membutuhkan perawatan secara reguler tetapi jarang untuk beroperasi sepanjang umur rancangan (Pulles et al, 2004; dalam GARD Guide, 2009).

Sistem pengolahan pasif :

Teknologi pengolahan pasif	Aplikasi pada penyaliran tambang
Lahan basah aerobik (aerobic wetlands)	Net alkaline drainage
Anoxic limestone drains (ALD)	Net acidic, low Al ³⁺ , low Fe ³⁺ , low dissolved oxygen drainage
Lahan basah anaerobik (Anaerobic wetlands)	Net acidic water with high metal content
Reducing and alkalinity producing systems (RAPS)	Net acidic water with high metal content
Open limestone drains (OLD)	Net acidic water with high metal content, low to moderate SO ₄ .



Gambar 1. Skematik sistem passive treatment

- AAT merupakan salah satu dampak penting dari kegiatan pertambangan (batubara dan bijih) yang sekali terbentuk akan sulit untuk dihentikan dan dapat berlangsung dalam jangka waktu yang sangat lama melampaui umur tambang
- Penanganan AAT yang baik mencakup perencanaan yang terintegrasi dari eksplorasi, masa operasi, sampai pasca tambang
- Pencegahan AAT jauh lebih efektif dan efisien dibandingkan pengolahannya
- Melalui perencanaan dan pengelolaan yang baik, resiko juga akan semakin kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Kilian, S. Widodo , N. Jafar, 2018. Analisis Karakteristik Limbah Pengolahan Emas Dan Potensi Pemicu Air Asam Tambang Pada Pertambangan Rakyat Kelurahan Poboya Kab. Donggala, Prov. Sulawesi Tengah, Jurnal Geomine, Vol. 6, No. 2: Agustus 2018
- A. L. Hansell, C J Horwell and C Oppenheimer, 2006. The health hazards of volcanoes and geothermal areas, *Occup. Environ. Med.* 2006;63:149-156, doi:10.1136/oem.2005.022459
- Alfian, 2006. Merkuri: Antara Manfaat dan Efek Penggunaannya Bagi Kesehatan Manusia dan Lingkungan. Medan: USU Repository
- APHA. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th Edition, American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Pollution Control Federation (WPCF), Washington DC.
- Alpers, Charles N., Hunerlach, Michael P., 2000, Mercury Contamination from Historic Gold Mining in California, USGS Fact Sheet FS-061-00, U.S. Geological Survey, Page 5.
- Andi Erwin Syarif, ----- . The Utilization Of Post-Mined Area For Sustainable Economic Development, Perhapi
- Appel, P.W.U. & Na'oy, L.D., 2014. Mercury-Free Gold Extraction Using Borax for Small-Scale Gold Miners. *Journal of Environmental Protection. Scientific Research Publishing.* 493-499.
- Badan Standarisasi Nasional. Standar Nasional Indonesia Bahan Beracun dan Berbahaya (B3), 2004.
- E. Bakri, 2014. Pengelolaan Limbah Pertambangan Pada Pt. Aneka Tambang, Tbk, Program Studi Rekayasa Pertambangan Teknik Pertambangan Dan Perminyakan Institut Teknologi Bandung
- E. K. Mroczek, 1994. The Solubility Of Elemental Mercury In Water Between 30 And 210°C, PROCEEDINGS, Nineteenth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Sranfnrd, California

- Ellis and Mahon, 1977. A.J. Ellis, W.A.J. Mahon. Chemistry and Geothermal Systems. Academic Press, New York, N.Y, p. 392.
- Eva Lestari, 2018. Dampak Penambangan Emas Tanpa Izin Terhadap Perekonomian Masyarakat di Kecamatan Mandailang, Skripsi
- Fakhrudin, 2004, Dampak Tumpahan Minyak Pada Biota Laut, Jakarta : Kompas
- Fitriyana, D. F., Sulardjaka. 2012. Sintesis Zeolit A Berbahan Dasar Limbah Geotermal Dengan Metode Hidrotermal. Simposium Nasional RAPI XI FT UMS. ISSN : 1412-9612. Halaman M42-M47
- GARD Guide, 2009. The global acid rock drainage guide, [International Journal of Mine Water](#) 28(4):305-31
DOI:[10.1007/s10230-009-0078-4](#)
- Gautama, R.S. 2014. Pembentukan, Pengendalian dan Pengelolaan Air Asam Tambang. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- G. Perdana, 2007. Sistem pengelolaan lingkungan dan limbah industri, Bandung, ISBN 978-979-543-582-2
- Grace Juanita Romauli Siregar, . Adji Kawigrajha, 2020. Teknologi Pengolahan Emas Pada Pertambangan Emas Skala Kecil Di Indonesia.
- G.S. Plumlee, -----. The Environmental Geology Of Mineral Deposits, U.S. Geological Survey, Box 25046, MS 964, Federal Center, Denver.
- Gu. F. and B. A. Wills, "Chromite-Mineral and Processing," Minerals Engineering, vol. 1, pp. 235-240, 1988.
- Inswiasri, Martono, H. 2007. Kajian Pencemaran Di Wilayah Tambang Emas Rakyat. Media Litbang Kesehatan Volume XVII Nomor 3 Tahun 2007.
- Irwandy Arif, 2021, Memasuki Era Pertambangan Indonesia Melalui Tambang Bawah Tanah?, Webinar Balai Diklat Tambang Bawah Tanah-KESDM
- Lesmono, E., D. A. Suaidi, dan B. Indriawan. 2010. Pemodelan Fisika Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger Untuk Memetakan Tanah Yang Terkontaminasi Merkuri. Universitas Negeri Malang. Program Studi Fisika
- Lestaris, trilianty. 2010. *Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Keracunan Merkuri (Hg) pada Penambang Emas Tanpa Ijin*

- (PETI) di Kecamatan Kurun, Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah, Semarang : Tesis Universitas Diponegoro
- L. G. S. Astiti and T. Sugianti, 2014. Dampak Penambangan Emas Tradisional pada Lingkungan dan Pakan Ternak di Pulau Lombok, Sains Peternakan Vol. 12 (2), September 2014: 101-106, ISSN 1693-8828
- Mailendra, I. Buchori, 2019. Kerusakan Lahan Akibat Kegiatan Penambangan Emas Tanpa Izin Disekitar Sungai Singingi Kabupaten Kuantan Singingi, Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota, P-ISSN: 1858-3903 and E-ISSN: 2597-9272 <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/pwk/index>
- Makmun, 2011. Green Economy: Konsep, Impelentasi dan Peran Kementerian Keuangan. Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan 19 (2), 1-15. <https://doi.org/10.14203/JEP.19.2.2011.1-15>. ISSN Print: 0854-526x ISSN Online: 2503-0272
- Mirdat, Yosep S Patádungan, Isrun. 2013. Status Logam Berat Merkuri (Hg) Dalam Tanah Pada Kawasan Pengolahan Tambang Emas Di Kelurahan Poboya, Kota Palu, e-J. Agrotekbis 1 (2) : 127-134.
- Mukhtasor, 2007. Pencemaran Pesisir Dan Laut, Jakarta, ISBN 978-979-408-541-7
- Nurul Listiyani, 2017. Dampak Pertambangan Terhadap Lingkungan Hidup Di Kalimantan Selatan Dan Implikasinya Bagi Hak-Hak Warga Negara, Al'Adl, Volume IX Nomor 1, Januari-April 2017, ISSN 1979-4940/ISSN-E 2477-0124
- Permana, M. S, H. Hamdani, dan Junianto. 2015. Pengaruh Kegiatan Geothermal Terhadap Keanekaragaman Ikan Di Aliran Sungai Cikaro, Kabupaten Bandung. Jurnal Perikanan Kelautan Vol. VI No. 2 (1)
- Peraturan menteri tenaga kerja dan transmigrasi Nomor PER.13/MEN/X/2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika Dan Faktor Kimia Di Tempat Kerja
- Pohan, M., dkk, 2007. Penyelidikan Potensi Bahan Galian Pada Tailing PT Freeport Indonesia di Kabupaten Mimika Provinsi Papua. Proceeding Pemaparan Hasil Kegiatan dan Non Lapangan Pusat Sumber Daya Geologi. Kelompok Program Penelitian Konservasi Poha

- Purwantari, N. D. 2007. Reklamasi Area Tailing Di Pertambangan Dengan Tanaman Pakan Ternak; Mungkinkah?. WARTAZOA. 17(3): 101-108.
- Rininta Larasati, Prabang Setyono, Kusno Adi Sambowo, 2012. Valuasi Ekonomi Eksternalitas Penggunaan Merkuri Pada Pertambangan Emas Rakyat Dan Peran Pemerintah Daerah Mengatasi Pencemaran Merkuri (Studi Kasus Pertambangan Emas Rakyat di Kecamatan Kokap Kulon Progo), Jurnal EKOSAINS Vol. IV No. 1
- Rizky W. Santosa, 2013. Dampak Pencemaran Lingkungan Laut Oleh Perusahaan Pertambangan Terhadap Nelayan Tradisional, Lex Administratum, Vol.I/No.2/Apr-Jun/2013
- Rohmana dan Gunradi, R., 2006. Inventarisasi Bahan Galian Pada Wilayah PETI, Daerah Kotarawaringin Barat, Kalimantan Tengah, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung
- R.W. Henley, A.H. Truesdell, and P.B. Barton, 1994. Fluid-Mineral Equilibria in Hydrothermal Systems, Reviews in Economic Geology, Vol. 1, Society of Economic Geologists, Inc.
- Setiabudi, Bambang Tjahjono., 2005, Penyebaran Merkuri Akibat Usaha Pertambangan Emas di Daerah Sangon, Kabupaten Kulon Progo, D.I. Yogyakarta, Subdit Konservasi, Kolokium Hasil Lapangan-DIM, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.
- Siyuan Chen a,b,c , Qi Zhang a,b,* , Philip Andrews-Speed c , Benjamin Mclellan, Quantitative Assessment Of The Environmental Risks Of Geothermal Energy: A review, Journal of Environmental Management 276 (2020) 111287, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111287>
- Standar Nasional Indonesia 7389:2009 tentang Batas Maksimum Cemaran Logam
- Supreme Energy Rantau Dadap, ANDAL Kegiatan Pengusahaan Panas Bumi untuk PLTP Rantau Dadap 250 MW di Kabupaten Muara Enim, Kabupaten Lahat dan Kota Pagar Alam, Provinsi Sumatera Selatan
- Thaheer, H., S. Hasibuan, dan A. Ma'ruf. 2010; Kajian Strategi Pengembangan Investasi Energi Alternatif Di Indonesia. Jurnal Iptek&Manajemen Litbang. ISSN 1907-9753 Akreditasi No. 273/AU1/P2MB/05/2010m

- U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 1996a. Guidelines for reproductive toxicity risk assessment. Federal Register 61(212):56274-56322. Available from: <http://cfpub.epa.gov/ncea/raf/recordisplay.cfm?deid=2838>.
- U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 1996b. Comparison of the effects of chemicals with combined perinatal and adult exposure vs. Adult only exposure in carcinogenesis studies. Office of Pesticide Programs. Washington, DC.
- U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2003. Draft Final Guidelines for Carcinogen Risk Assessment. Washington, DC. EPA/630/P-03/001A. Available from: <http://www.epa.gov/ncea/raf/cancer2003.htm>
- WALHI, 2006. Dampak Lingkungan Hidup Operasi Pertambangan Tembaga dan Emas Freeport-Rio Tinto di Papua.
- Widodo. 2008. Pencemaran air raksa (Hg) sebagai dampak pengolahan bijih emas di sungai Ciliunggunung, Waluran, Kabupaten Sukabumi. Jurnal Geologi Indonesia, 3(3), 139-149.
- Widodo, dkk. 2010. Pemanfaatan Tailing Pengolahan Bijih Emas Cara Amalgamasi Untuk Bata Cetak. Laporan Akhir Program Insentif Peneliti dan Perakayasa LIPI. Sukabumi: UPT Loka UI Teknik Penambangan Jampang Kulon LIPI. <http://km.ristek.go.id/assets.files/LIPI/>
- Z.I. González-Acevedo,*, M.A. García-Zarateb , E.A. Núñez-Zarcoc , B.I. Anda-Martínd, 2018. Heavy metal sources and anthropogenic enrichment in the environment around the Cerro Prieto Geothermal Field, Mexico, Geothermics 72 (2018) 170-181.
- Zofar Agluis Banunaek, 2016. Pencemaran Merkuri Di Lahan Pertambangan Emas Rakyat Dan Strategi Pengendaliannya, Tesis– RE142541

ISBN 978-623-389-112-7



9 786233 891127