



Australian Government

# PENGELOLAAN SIANIDA

PRAKTEK KERJA UNGGULAN PROGRAM  
PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN  
UNTUK INDUSTRI PERTAMBANGAN



MEI 2008

#### Pernyataan Penerbit

Publikasi ini telah dikembangkan oleh kelompok kerja ahli perwakilan dari industri, pemerintah, organisasi penelitian dan non pemerintah. Upaya para anggota kelompok kerja sangat kami dihargai.

Pandangan dan pendapat yang diutarakan dalam publikasi ini tidak mencerminkan pandangan dari Pemerintah Persemakmuran atau Menteri Sumber Daya dan Energi.

Meskipun berbagai upaya yang pantas masih dilakukan untuk menjamin bahwa isi dari publikasi ini didasarkan pada fakta-fakta yang benar, Persemakmuran tidak menerima pertanggungjawaban dalam hal keakuratan atau kelengkapan materi, dan tidak bertanggung jawab atas kerugian atau kerusakan yang mungkin timbul secara langsung atau tidak langsung melalui penggunaan atau mengandalkan pada isi publikasi ini.

Pengguna buku pedoman ini hendaknya menyadari bahwa buku ini dimaksudkan sebagai referensi umum dan bukan dimaksudkan untuk menggantikan nasihat profesional yang relevan terhadap keadaan tertentu dari masing-masing pengguna. Referensi bagi perusahaan atau produk dalam buku pedoman ini jangan diartikan sebagai bentuk dukungan Pemerintah Persemakmuran terhadap perusahaan atau produk mereka.

Gambar sampul: Tambang Emas Cowal, Barick Gold of Australia

ISBN 0 642 72593 4

© Commonwealth of Australia

Karya ini merupakan hak cipta. Selain penggunaan yang diizinkan dalam UU Hak Cipta 1968, tidak satupun bagian yang dibenarkan untuk direproduksi dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari Persemakmuran. Permintaan dan pertanyaan tentang reproduksi dan hak cipta harus dialamatkan kepada Commonwealth Copyright Administration, Attorney General's Department, Robert Garran Offices, National Circuit, Canberra ACT 2600 atau dikirimkan lewat <http://www.ag.gov.au/cca>

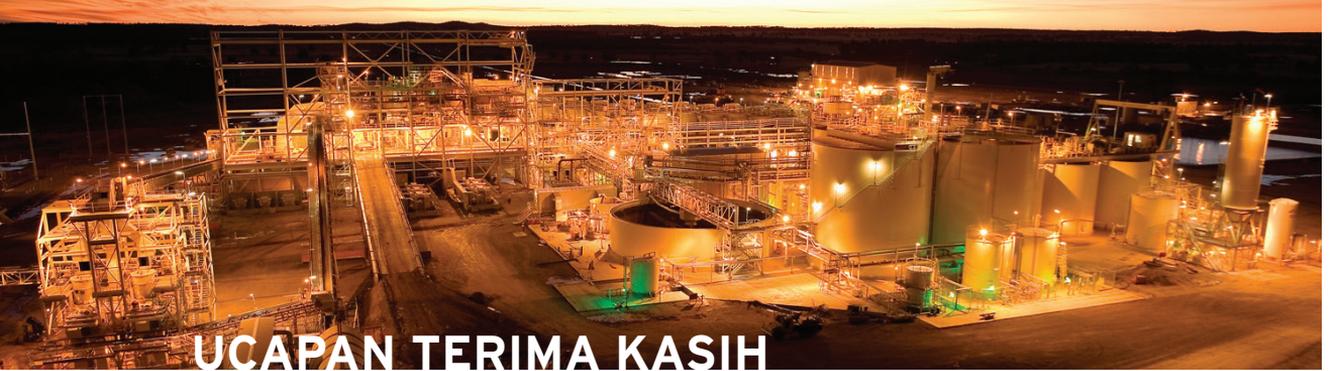
MEI 2008

# DAFTAR ISI

UCAPAN TERIMA KASIH	vi
PRAKATA	ix
1.0 PENDAHULUAN	1
2.0 SIANIDA DALAM PERTAMBANGAN	3
2.1 Sianida dalam konteks	3
2.2 Ekstraksi emas	5
2.3 Alternatif untuk sianida	7
2.4 Perlakuan, perolehan kembali dan penggunaan ulang sianida	7
2.5 Pengendalian kehilangan proses	8
3.0 SIANIDA DAN LINGKUNGAN	9
3.1 Ekotoksikologi sianida	9
STUDI KASUS: Tambang emas Sunrise Dam Gold, tailing dan kepatuhan dengan ICMC	11
3.2 Insiden lingkungan	13
3.3 Pemantauan	13
4.0 PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN DAN PENGELOLAAN SIANIDA	16
4.1 Pertambangan dan pembangunan berkelanjutan	16
4.2 Alat pengelolaan untuk mencapai pembangunan berkelanjutan	17
4.3 Kode Pengelolaan Sianida Internasional	19
4.4 Mengadopsi Kode Pengelolaan Sianida Internasional	21
STUDI KASUS: Pengalaman sertifikasi Kode ICMI pertama tambang emas Cowal di Australia	22
5.0 PENGELOLAAN RISIKO PENGGUNAAN SIANIDA	25
5.1 Kesehatan dan keselamatan sianida	25
STUDI KASUS: Pengembangan proses pencampuran sianida semburan kecil di tambang emas Beaconsfield	28
5.2 Penilaian risiko	32
5.3 Bagaimana cara melaksanakan Kode	33
STUDI KASUS: Komunikasi risiko Waihi dan konsultasi pemangku kepentingan pengelolaan sianida	35
STUDI KASUS: Keterlibatan masyarakat CSBP	38
STUDI KASUS: Transportasi dan pengiriman larutan natrium sianida dari Kwinana ke tambang emas Sunrise Dam (SDGM) di Australia Barat	43
STUDI KASUS: Perbaikan proses di Kalgoorlie Consolidated Gold Mines Pty Ltd (KCGM) untuk mengurangi konsentrasi sianida WAD pada saat pembuangan tailing	53
STUDI KASUS: Mengurangi sianida WAD di keran pembuangan dengan penambahan air sirkuit baru ke pengental ampas (tail)	55
STUDI KASUS: Implementasi SART di Telfer untuk mengurangi dampak tembaga yang larut dalam sianida	58
STUDI KASUS: Pemulihan sianida yang rusak dan rembes di Granites-Bunkers input TSF	60
STUDI KASUS: Karakterisasi kimia fasilitas penyimpanan tailing di pertambangan emas Wiluna	64



6.0	KEGIATAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN DI AUSTRALIA	69
7.0	KESIMPULAN	70
	REFERENSI DAN BACAAN LAINNYA	71
	SITUS WEB LAINNYA	76
	DAFTAR ISTILAH	77
	LAMPIRAN 1: PROTOKOL UNTUK PENGAMBILAN SAMPEL, PEMANTAUAN DAN ANALISIS	80
	LAMPIRAN 2: PENGAMBILAN SAMPEL SIANIDA, PENGUKURAN DAN ANALISIS	84
	LAMPIRAN 3: PROTOKOL UNTUK PEMANTAUAN SATWA LIAR	92



# UCAPAN TERIMA KASIH

Praktek Unggulan Program Pengembangan Berkelanjutan atau the Leading Practice Sustainable Development Program ini dikelola oleh komite pengarah yang diketuai oleh Departemen Perindustrian, Pariwisata dan Sumberdaya Pemerintah Australia. 14 tema di dalam program ini dikembangkan oleh kelompok kerja yang terdiri dari perwakilan pemerintah, industri, riset, akademik dan masyarakat. Buku-buku Pedoman Praktek Unggulan ini tidak mungkin dapat diselesaikan tanpa kerja sama dan partisipasi aktif dari semua anggota kelompok kerja, dan perusahaan mereka yang bersedia memberikan waktu dan keahliannya untuk program ini. Terima kasih khususnya kami ucapkan kepada orang-orang dan organisasi berikut yang berkontribusi terhadap buku pedoman Pengelolaan Sianida:



**Mr Mark Woffenden**

Ketua

CEO

Parker CRC for Integrated  
Hydrometallurgy Solutions  
Murdoch University (Parker Centre)

[www.parkercentre.com.au](http://www.parkercentre.com.au)



**Associate Professor Barry Noller**

Penulis Utama

Honorary Research Consultant  
Centre for Mined Land Rehabilitation  
The University of Queensland

[www.cmlr.uq.edu.au](http://www.cmlr.uq.edu.au)



**Ms Kirrily Noonan**

Sekretariat

Asisten Manajer, Bagian Pertambangan  
Berkelanjutan  
Departemen Perindustrian, Pariwisata  
dan Sumber Daya

[www.industry.gov.au](http://www.industry.gov.au)



**Dr Paul Breuer**

Research Scientist-Gold Program  
CSIRO Minerals

[www.minerals.csiro.au](http://www.minerals.csiro.au)



**Mr Peter Cooper**

Manajer Ekspor - Bisnis Natrium  
Sianida  
CSBP Ltd

[www.csbp.com.au](http://www.csbp.com.au)



---

**Mr David Donato**  
Ketua  
Donato Environmental Services

---



**Mr Tom Gibbons**  
Group Metallurgist–Australia  
Pacific Region  
Barrick Gold of Australia [www.barrick.com](http://www.barrick.com)

---



**Mr Peter Henderson**  
Manajer Teknik-Gold  
Orica Limited [www.orica.com](http://www.orica.com)

---



**Mr Mike LeRoy**  
Manajer HSE&C  
AngloGold Ashanti Australia Limited [www.AngloGoldAshanti.com](http://www.AngloGoldAshanti.com)

---



**Mr Ron McLean**  
Manajer Transfer Teknologi  
ACMER  
The University of Queensland [www.acmer.uq.edu.au](http://www.acmer.uq.edu.au)

---



**Dr Catherine Pattenden**  
Pusat Studi Tanggung Jawab Sosial  
dalam Pertambangan  
The University of Queensland [www.csr.uq.edu.au](http://www.csr.uq.edu.au)

---

**Mr Roger Schulz**  
Konsultan Lingkungan dan Penulis

---



**Mr Bryan Williams**  
Manajer Lingkungan  
Newmont [www.newmont.com](http://www.newmont.com)

---

Kelompok Kerja Pengelolaan Sianida juga mengucapkan terima kasih atas kontribusi dari Mr Greg Morris (Newcrest Mining).



# PRAKATA

Buku pegangan dalam seri *Praktik Kerja Unggulan dalam Program Pembangunan Berkesinambungan untuk Industri Pertambangan (Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry)* telah diterbitkan untuk berbagi pengalaman dan keahlian Australia yang terkemuka di dunia dalam pengelolaan dan perencanaan tambang. Buku pegangan ini memberikan pedoman praktis tentang aspek-aspek ekonomi dan sosial dari semua tahapan ekstraksi mineral, mulai dari eksplorasi ke konstruksi, operasi dan hingga akhirnya penutupan tambang.

Australia adalah pemimpin dunia di bidang pertambangan, dan keahlian nasional kita telah digunakan untuk memastikan bahwa buku-buku pegangan ini memberikan bimbingan masa kini dan berguna pada praktik kerja unggulan.

Departemen Perindustrian, Inovasi dan Sains Australia telah memberikan manajemen teknis dan koordinasi untuk buku pegangan, bekerjasama dengan industri swasta dan para mitra pemerintah negara bagian. Program bantuan luar negeri Australia, yang dikelola oleh Departemen Luar Negeri dan Perdagangan, telah bersama-sama mendanai pembaharuan buku pegangan ini sebagai pengakuan terhadap peran utama dari sektor pertambangan dalam mendorong pertumbuhan ekonomi dan mengurangi kemiskinan.

Pertambangan adalah industri global, dan perusahaan-perusahaan Australia merupakan investor aktif serta penjelajah di hampir semua provinsi pertambangan di seluruh dunia. Pemerintah Australia mengakui bahwa industri pertambangan yang lebih baik berarti lebih banyak pertumbuhan, lapangan kerja, investasi dan perdagangan, dan bahwa manfaat ini harus mengalir melalui standar hidup yang lebih tinggi untuk semua orang.

Sebuah komitmen yang kuat untuk praktik kerja unggulan dalam pembangunan berkesinambungan sangat penting untuk keunggulan pertambangan. Dengan menerapkan praktik kerja unggulan memungkinkan perusahaan untuk memberikan nilai bertahan, menjaga reputasi mereka atas kualitas dalam iklim investasi yang kompetitif, dan memastikan dukungan yang kuat dari masyarakat setempat dan pemerintah. Memahami praktik kerja unggulan juga penting untuk mengelola risiko dan memastikan bahwa industri pertambangan memberikan potensi penuh.

Buku pegangan ini dirancang untuk memberikan informasi penting kepada operator tambang, masyarakat dan regulator. Buku-buku berisi studi kasus untuk membantu semua sektor industri pertambangan, di dalam dan di luar persyaratan yang ditetapkan oleh peraturan resmi.

Kami merekomendasikan buku-buku pegangan *Praktik kerja unggulan* ini kepada Anda dan berharap Anda akan menemukan bahwa buku-buku tersebut praktis untuk digunakan.



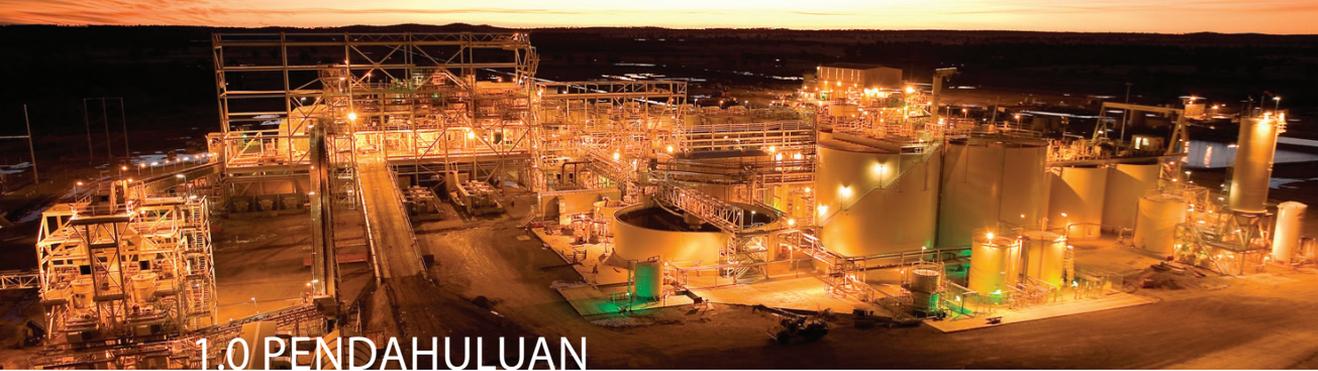
**Senator The Hon Matt Canavan**

Menteri Sumber Daya dan  
Australia Utara



**The Hon Julie Bishop MP**

Menteri Luar Negeri



# 1.0 PENDAHULUAN

Pengelolaan Sianida merupakan salah satu dari 14 tema dalam Praktek Unggulan Program Pembangunan Berkelanjutan untuk Industri Pertambangan. Program ini bertujuan untuk mengidentifikasi berbagai isu kunci yang mempengaruhi pembangunan berkelanjutan dalam industri pertambangan dan untuk memberikan informasi dan studi kasus praktis yang dapat mengidentifikasi pendekatan berkelanjutan bagi industri ini.

Buku pedoman ini membahas pengelolaan sianida dari sudut pandang pembangunan berkelanjutan. Buku pedoman ini memutakhirkan berbagai prinsip dan prosedur penggunaan sianida yang digariskan dalam Best Practice Environmental Management Cyanide Management booklet (Environment Australia 2003) dan juga berkaitan dengan berbagai isu pembangunan berkelanjutan seperti yang dibahas dalam Minerals Council of Australia's Enduring Value (MCA 2004). Buku pedoman ini juga membahas pelaksanaan Kode Pengelolaan Sianida Internasional / International Cyanide Management Code (ICMI 2006) (Kode) bersama dengan perubahan peraturan baru-baru ini di Australia. Praktek unggulan pengelolaan sianida terus berkembang melalui proses Kode tersebut; akan tetapi, dua dokumen praktek pengelolaan terbaik sebelumnya (Environment Australia 1998 2003) masih menjadi sumber rincian teknis dasar tentang pengelolaan sianida. Buku pedoman ini menggaris bawahi praktek untuk pengelolaan sianida dari sudut pandang pengelolaan risiko dan memberikan sejumlah studi kasus yang menyoroti strategi yang saat ini sedang digunakan oleh industri pertambangan Australia.

Sianida merupakan senyawa kimia yang mengandung grup siano (C N), yang terdiri dari sebuah atom karbon yang memiliki terikat-tiga ke sebuah atom nitrogen. Hidrogen sianida (HCN) merupakan gas yang tidak berwarna, dengan bau samar seperti almond dan berasa pahit. Perlu diingat bahwa tidak semua orang sanggup menghirup bau ini. Natrium sianida dan kalium sianida keduanya merupakan material berwarna putih dengan rasa pahit dan berbau seperti almond dalam udara lembab, disebabkan oleh adanya hidrogen sianida.

Mengelola sianida untuk meminimalkan risiko terhadap kesehatan manusia dan lingkungan merupakan salah satu tantangan utama yang terus dihadapi industri pertambangan. Dalam rangka membantu industri pertambangan global untuk meningkatkan pengelolaan sianida, Kode tersebut dikembangkan oleh sebuah komite pengarah dari berbagai pemangku kepentingan dan pada saat ini dikelola oleh Lembaga Pengelola Sianida Internasional (International Cyanide Management Institute - ICMI 2006) untuk memberikan proses pengelolaan berbasis risiko di mana industri pertambangan mampu melaksanakan dan menunjukkan bahwa hal tersebut dapat memenuhi praktek unggulan pengelolaan sianida. Buku pedoman ini mengambil pendekatan yang diterima pada saat ini bahwa kepatuhan

terhadap Kode tersebut memberikan berbagai sarana bagi industri pertambangan untuk memproduksi, mengangkut, menyimpan dan menangani sianida dengan cara yang aman untuk memastikan tidak ada dampak buruk yang terjadi terhadap pekerja, lingkungan dan masyarakat. Kode tersebut menyediakan protokol dan panduan audit untuk menangani produksi, transportasi, penggunaan dan pembuangan sianida serta prosedur untuk pengelolaan dan administrasi verifikasi kepatuhan dan program sertifikasi.

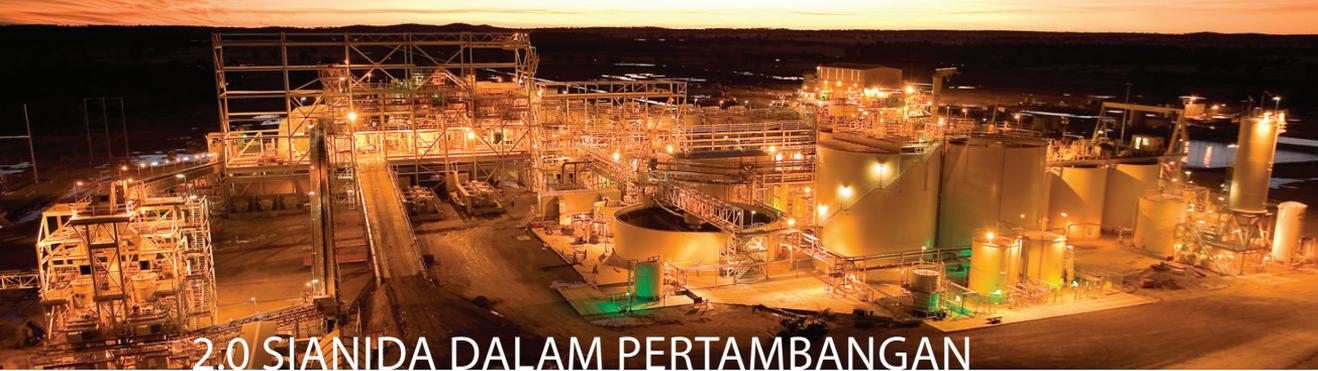
Aspek penting dari Kode tersebut adalah transparansi dan validasi pihak ketiga. Kegiatan pertambangan dievaluasi kepatuhannya terhadap Kode tersebut melalui evaluasi tiga tahunan di lokasi kegiatan yang dilakukan oleh auditor independen, dan bersertifikat (yang memenuhi kriteria keahlian, pengalaman dan konflik kepentingan yang disusun oleh ICMI), dan menggunakan Protokol Verifikasi ICMI (ICMI 2006). Rangkuman temuan audit, kredensial auditor yang melakukan evaluasi, rencana tindakan perbaikan untuk menjadikan kegiatan pertambangan dari substansial menjadi kepatuhan penuh (jika perlu), dan status penandatanganan perusahaan tersedia di situs web ICMI [www.cyanidecode.org](http://www.cyanidecode.org) agar dapat dilihat publik.

Hal yang sangat penting bagi praktek unggulan pengelolaan sianida adalah menilai risiko sedini mungkin, termasuk lingkungan, kesehatan manusia, ekonomi dan reputasi. Risiko reputasi dapat berdampak pada perusahaan yang menggunakan sianida maupun industri secara keseluruhan. Bukti dampak buruk pada reputasi industri ditunjukkan dalam asal-usul pembuatan Kode oleh United Nations Environment Program (UNEP) dan sebelumnya oleh International Council on Metals and the Environment menyusul terjadinya insiden lingkungan di Rumania pada tahun 2000 (Environment Australia 2003).

Perusahaan pertambangan yang mengadopsi Kode dan mematuhi berbagai prinsip praktek unggulan yang terkait mengakui bahwa prinsip-prinsip ini juga sesuai dengan naluri bisnis yang baik. Perusahaan pertambangan terkemuka mengembangkan dan menerapkan praktek pengelolaan dan pengoperasian untuk penggunaan sianida dalam kegiatan pertambangan yang membantu mencapai pembangunan berkelanjutan. Hal berikut mungkin berasal dari inisiatif ini:

- n meningkatkan perlindungan satwa liar
- n meningkatkan hubungan baik dengan lembaga pemerintah dan pembuat peraturan
- n meningkatkan kinerja ekonomi dan lingkungan
- n mengurangi risiko dan kewajiban
- n meningkatkan akses terhadap modal dan potensi biaya asuransi yang lebih rendah.

Buku pedoman ini berusaha untuk mengatasi semua aspek penggunaan sianida di bidang pertambangan mulai dari produksi sampai ke pembuangan atau pemusnahan akhir. Ini merupakan sumber daya bagi para perencana tambang dan manajer tambang, akan tetapi juga relevan untuk staf lingkungan, konsultan, otoritas pemerintah dan pembuat peraturan, lembaga swadaya masyarakat, kelompok masyarakat yang tertarik dan para pelajar.



## 2.0 SIANIDA DALAM PERTAMBANGAN

### CATATAN PENTING

- n Sifat sianida perlu dipahami dengan baik untuk dapat mengelola penggunaannya. Sifat kimia sianida adalah kompleks.
- n Kebanyakan emas diekstraksi dengan menggunakan sianida karena sianida masih merupakan senyawa kimia pilihan utama untuk tujuan tersebut. Teknik ekstraksi lainnya hanya tersedia dalam situasi terbatas.
- n Pada saat ini penggunaan sianida difokuskan untuk meminimalkan penggunaan dan dampaknya di lokasi tambang dan memaksimalkan daur ulang sianida dan pemulihan emas.

### 2.1 Sianida dalam konteks

Sianida merupakan bahan kimia industri yang sangat berguna dan peran kuncinya dalam industri pertambangan untuk mengekstraksi emas. Di seluruh dunia, pertambangan menggunakan sekitar 13 persen dari total produksi hidrogen sianida diproduksi sedangkan sisanya 87 persen digunakan dalam berbagai proses industri lainnya, selain pertambangan (Environment Australia 2003). Di Australia industri pertambangan menggunakan sekitar 80 persen dari sianida yang diproduksi oleh dua produsen sianida di negara tersebut. Natrium sianida dipasok dalam bentuk briket atau cairan, sementara kalsium sianida dipasok dalam bentuk serpihan dan juga dalam bentuk cair. Kalsium sianida, jika digunakan, dapat mengandung karbit yang berasal dari proses pembuatannya sehingga menimbulkan risiko ledakan dari pembentukan asetilena.

Sianida mengikat enzim penting mengandung besi yang diperlukan bagi sel untuk menggunakan oksigen dan sebagai akibatnya jaringan sel tidak dapat mengambil oksigen dari darah (Ballantyne 1987; Richardson 1992). Jika tidak ada pertolongan pertama, maka jumlah asupan racun sianida karena menghirup gas, atau menelan atau penyerapan melalui kulit, dapat membunuh dalam hitungan menit. Sianida dalam jumlah kecil yang dikonsumsi dari makanan dikeluarkan dari tubuh oleh hati. Sianida tidak bersifat karsinogenik dan orang-orang yang menderita keracunan tidak fatal biasanya akan sembuh sepenuhnya. Namun demikian, paparan kronis sub-letal di atas ambang beracun, atau dosis rendah berulang, dapat menyebabkan dampak merugikan permanen yang nyata pada sistem saraf pusat dan terjadi sindrom Parkinson. Efek yang terdeteksi pada manusia dari paparan berulang pada dosis rendah mungkin juga berlaku untuk hewan (ATSDR 1997).

Sejak penggunaan pertamanya pada bidang pertambangan di Selandia Baru pada tahun 1887, natrium sianida telah memainkan peran penting dalam mengekstraksi emas dan logam lainnya seperti perak, tembaga dan seng dari bijih di seluruh dunia. Sungguh sekitar 80 persen dari produksi emas dunia menggunakan sianida dalam ekstraksi, dengan sekitar 2500 ton emas yang diproduksi setiap tahun di seluruh dunia.

Meskipun sangat beracun bagi manusia, akan tetapi tidak ada dokumentasi kecelakaan yang mengakibatkan kematian pada manusia akibat keracunan sianida di industri pertambangan Australia dan Amerika Utara selama 100 tahun terakhir yang menunjukkan bahwa bahaya sianida bagi manusia telah dikendalikan dengan meminimalkan risiko penanganannya dan paparan industri.

Insiden lingkungan yang signifikan beberapa kali melibatkan badan air terus terjadi secara global (Donato dkk. 2007; Mudder dkk, 2001). Insiden ini menarik perhatian dari regulator dan publik, dan telah menyebabkan larangan penggunaan sianida di pertambangan. Daftar insiden sianida utama diberikan dalam Kotak 1. Di Australia, sebagian besar tumpahan sianida terjadi selama transportasi ke lokasi tambang.

#### **Kotak 1: Insiden utama terbaru yang melibatkan sianida**

1. Pada bulan Mei 1998 lepasnya 1800 kilogram natrium sianida ke Sungai Barskaun, Kyrgyzstan, karena kecelakaan truk dalam perjalanan ke tambang Kumtor (Hynes dkk. 1999).
2. Pada tahun 1995 ribuan burung air nonmigrasi dan migrasi tewas di bendungan tailing tambang Northparkes, NSW, Australia, karena kurangnya pemahaman tentang pentingnya kimia sianida dan prosedur analitis yang tidak tepat (Environment Australia 2003).
3. Pada tahun 2000 waduk tailing di Baia Mare, Rumania, bocor, melepaskan gumpalan sianida yang mengalir sepanjang 2000 kilometer ke hilir, membunuh sejumlah besar ikan di sungai Tisza dan Danube, dan mengganggu pasokan air (UNEP / OCHA 2000) (Environment Australia 2003).
4. Sebuah palet produk sianida kering, jatuh dari helikopter dalam perjalanan ke Tambang emas Tolukuma di Papua Nugini pada tahun 2000, berhasil dibersihkan (Noller & Saulep 2004).
5. Larutan sianida yang berasal dari pelepasan tidak sempurna ISO-tainer diduga lepas di pinggir jalan setelah truk pengantar meninggalkan tambang di Northern Territory pada tahun 2002.
6. Karena kekisruhan jumlah katup pada pabrik sianida di tambang San Andres, Honduras, 1200 liter larutan sianida dibuang ke Sungai Lara pada bulan Januari 2002.
7. Air yang terkontaminasi dengan sianida memasuki Sungai Asuman dari tambang emas Tarkwa di Distrik Wassu West Ghana pada bulan Oktober 2001, membunuh ikan dan mengganggu pasokan air lokal. Pembuangan lainnya ke sungai dari poros ventilasi pada bulan Januari 2003 memunculkan kembali kekhawatiran atas kesehatan dan keselamatan masyarakat, meskipun air ini kemudian terbukti layak minum.
8. Pada bulan Februari 2007, truk gandeng yang membawa tiga peti kemas bermuatan 20 ton natrium sianida padat di Northern Territory terbalik, menumpahkan pelet ke sisi jalan dan ke dalam anak sungai yang tidak mengalir. Hampir semua produk yang tumpah dikumpulkan, air dan tanah yang tercemar dibersihkan dan dibuang di lokasi tambang di dekatnya.

Di negara bagian dan wilayah hukum teritori Australia, undang-undang yang relevan dengan penggunaan sianida dan pembuangan limbah pertambangan telah ditinjau dan perizinannya direvisi untuk meningkatkan perlindungan lingkungan. Batas konsentrasi yang lebih ketat sekarang berlaku pada fasilitas penyimpanan tailing dan pelepasan air tambang ke lingkungan, sebagai akibat dari kriteria spesifik ditentukan oleh Otoritas Perlindungan Lingkungan pada tahap aplikasi penilaian/ lisensi dampak lingkungan. Australian Water Quality Guidelines (ANZECC/ARMCANZ 2000) memberikan nilai pemicu dari  $4 \mu\text{gL}^{-1}$  sianida bebas untuk melindungi kehidupan air agar dapat melindungi 99 persen spesies. Industri pertambangan telah mengurangi insiden dampak lingkungan, peraturan untuk ketidakpatuhan dan penolakan masyarakat dengan mematuhi International Cyanide Management Code (ICMI 2006) dan Minerals Council of Australia's Enduring Value (MCA 2004).

## 2.2 Ekstraksi emas

Proses ekstraksi emas adalah memisahkan dan memekatkan emas. Tergantung pada jenis mineral emas dan sifatnya, emas dapat dipisahkan dengan pemisahan gravitasi. Akan tetapi, pada konsentrasi emas yang rendah dan tidak adanya perbedaan kepadatan yang cukup, proses ekstraksi fisik saja tidak layak secara ekonomi maupun kuantitatif. Ketika pemisahan fisik tidak dapat dicapai, emas biasanya dipisahkan dari unsur-unsur lain dari bijih dengan pelarutan kimia dalam sianida. Proses ini umum disebut sebagai pelindian, dan sebagai sianidasi dengan referensi khusus untuk sianida. Proses ini terjadi dalam hubungannya dengan proses fisik (penghancuran, penggilingan, pemisahan gravitasi dan penggumpalan). Ekstraktan alternatif pengganti sianida untuk pelindian emas dan perak dari bijih kurang efektif (Mudder dkk, 2001).

Terdapat berbagai kompleks sianida yang menjadikan perbandingan akibat sulit untuk dilakukan. Petugas harus memiliki pengetahuan memadai tentang jenis sianida dan ini harus diperhitungkan selama perencanaan tambang dan pengelolaan lingkungan.

Proses pelarutan emas dengan sianida hanya melibatkan pencampuran bubur basah bijih yang ditumbuk halus dengan natrium sianida. Bubur dibuat menjadi basa dengan penambahan alkali seperti kapur, dan oksigen ditambahkan untuk melengkapi reaksi (Adams 2001). Kebiasaan memastikan bahwa ion sianida bebas, yang bergabung secara selektif dengan emas, tidak hilang sebagai gas sianida bebas (HCN). Emas dalam larutan selanjutnya dipisahkan dengan penyerapan ke dalam karbon aktif, meskipun pengendapan seng kadang-kadang masih digunakan, terutama ketika konsentrasi perak tinggi. Larutan emas pekat direduksi menjadi emas logam secara elektrolisis, di mana setelah itu biasanya dilebur untuk menghasilkan emas batangan.

Praktek kerja unggulan pertambangan menggunakan sesedikit mungkin sianida dan dengan demikian meminimalkan dampak lingkungan, memaksimalkan keselamatan bagi para pekerja



Selain untuk mengekstraksi emas, sianida digunakan dalam jumlah yang sangat sedikit sebagai agen pengapung dalam pemisahan mineral dari bijih campuran. Contohnya, natrium sianida digunakan sebagai depresan dalam pengapungan galena (lead sulfide). Pirit yang tidak diinginkan (timbal sulfida) tertekan oleh penambahan sianida, yang bertindak untuk mencegah pirit tertarik ke buih mineral, dengan demikian meningkatkan kemurnian konsentrat galena.

### 2.3 Alternatif untuk sianida

Ada berbagai teknik untuk memisahkan emas dan logam berharga lainnya dari bijih (McNulty 2001a), selain dari teknik berbasis gravitasi. Teknik lain yang melarutkan emas dalam bijih menggunakan bromin / bromida / asam sulfat, hipoklorit / klorida, amonium tiosulfat / amonia / tembaga, dan tiourea / feri sulfat / asam sulfat. Alternatif untuk sianida bisa layak secara ekonomis di mana biaya operasional yang rendah dan / atau ketika harga emas tinggi. Namun demikian, sianida tetap menjadi metode pilihan kecuali kalau ada kondisi yang menghalangi penggunaannya seperti batasan peraturan. Selain itu, alternatif tersebut bisa sama saja atau bahkan lebih merusak lingkungan daripada sianida.

Pada saat ini banyak tambang yang dari segi teknologi dan / atau ekonomi akan tidak dapat beroperasi tanpa sianida. Tantangan bagi industri pertambangan adalah untuk memastikan bahwa penggunaan sianida dan pengelolaannya memenuhi harapan masyarakat dan mempertahankan tingkat kepedulian terhadap lingkungan dan sosial yang bertanggung jawab sesuai dengan praktek pengelolaan lingkungan yang unggul dan berkelanjutan, dan sesuai Kode.

### 2.4 Perlakuan, perolehan kembali dan penggunaan ulang sianida

Konsumsi Sianida mewakili biaya yang signifikan bagi operator tambang. Ini menunjukkan adanya kebutuhan untuk menghindari konsumsi yang berlebihan dan pemborosan yang diakibatkannya. Karena lebih banyak sianida yang dibutuhkan daripada yang diinginkan dari sudut pandang ekonomi atau lingkungan, praktek kerja unggulan adalah untuk mendaur ulang sebanyak mungkin sianida. Sebagian besar proses (pada tahap perkembangan yang berbeda) terjadi untuk menghilangkan sianida dari aliran limbah (Mudder dkk. 2001). Sebuah gambaran yang komprehensif tentang bahan kimia dan penanganan limbah yang dihasilkan dari penggunaan sianida yang diberikan dalam buku pegangan sebelumnya (Environment Australia 1998, 2003).

Konsentrasi sianida di dalam kolam tailing berkurang karena hal berikut:

- n degradasi alamiah
- n proses degradasi alamiah yang ditingkatkan
- n metode kimia, fisika, atau biologi
- n perolehan kembali atau daur ulang.

Proses ini memiliki dampak ekonomi dan lingkungan yang berbeda dan oleh karena itu penilaian risiko-manfaat harus dilakukan sebelum proses diperkenalkan.

## 2.5 Pengendalian kehilangan proses

Membersihkan tumpahan, termasuk kehilangan yang tidak disengaja selama transportasi ke lokasi tambang dan kegagalan sistem dalam lokasi tambang, adalah tujuan utama.

Dalam sistem rangkaian-terbuka, yang digunakan secara luas dalam industri, tindakan pencegahan perlu dilakukan untuk memastikan bahwa sianida tidak lepas ke lingkungan alam. Tanggapan yang tepat untuk setiap hilangnya sianida yang mungkin terjadi tergantung pada berbagai faktor yang saling terkait termasuk:

- n bentuk fisik dan jumlah sianida yang hilang
- n area dan volume material yang terkena dampak
- n waktu tanggap, tergantung pada seberapa cepat insiden diketahui
- n aksesibilitas pencemar, contohnya, apakah berupa tumpahan permukaan atau gumpalan bawah tanah
- n lingkungan yang terkena, misalnya tanah atau air.

Rincian lebih lanjut diberikan dalam Bagian 5.3.4 Kotak 6 dan Kotak 7.

Kemungkinan sistem rangkaian tertutup untuk penggunaan sianida dan perolehan kembali di masa depan telah diusulkan (Moore dan Noller 2000). Produksi sianida di lokasi tambang dapat dipertimbangkan untuk mengatasi masalah produksi dan transportasi sianida ke lokasi tambang. Namun demikian, pertimbangan perlu diberikan terhadap:

- n ketersediaan / transportasi metana ke lokasi tambang (atau amonia)
- n modal dan biaya operasi tambahan
- n kebutuhan energi tambahan.

Biasanya masalah dan bahaya pengangkutan metana (atau amonia) mirip dengan, atau lebih besar daripada masalah dan bahaya pengangkutan sianida itu sendiri. Selain itu, sifat pembuatan sianida memerlukan teknik kimia khusus yang tidak umum untuk industri pertambangan emas. Oleh karena itu, produksi sianida di lokasi tambang hanya mungkin menjadi alternatif untuk operasi pertambangan besar di mana metana tersedia di lokasi pertambangan .



## 3.0 SIANIDA DAN LINGKUNGAN

### CATATAN PENTING

- n Sianida asam lemah yang dapat dipisahkan / weak acid dissociable (WAD) adalah bentuk sianida yang dikenal untuk mengukur sehubungan dengan pemantauan dan potensi efek samping.
- n Ada perbedaan besar dalam toksisitas sianida untuk biota perairan dibandingkan dengan biota darat, di mana biota perairan jauh lebih rentan.
- n Ada perbedaan yang jelas dalam kerentanan sianida terhadap satwa liar untuk fasilitas penyimpanan tailing air tawar (TSF) dibandingkan dengan kadar garam tinggi. Sekarang diakui bahwa satwa liar di TSF air tawar dilindungi oleh tidak adanya pelepasan sianida WAD pada tingkat 50 mg / L yaitu batas yang dapat diterima dan aman, sedangkan TSF berkadar garam tinggi dapat menunjukkan penghindaran berdasarkan salinitas saja.
- n Pemantauan sianida yang handal di TSF memerlukan perhatian khusus untuk melakukan sampling dan teknik pelestarian sampel sebelum analisis.
- n Pemantauan satwa liar merupakan bagian penting dari pengelolaan dampak sianida di TSF dan lingkungan.

### 3.1 Ekotoksikologi sianida

Sianida terdapat dalam lingkungan hidup, umumnya pada konsentrasi rendah. Konsentrasi lebih tinggi dapat ditemukan pada tumbuhan tertentu (seperti singkong) dan hewan (banyak tanaman dan spesies serangga mengandung glikosida sianogenik) atau di dekat sumber industri tertentu. Pada tingkat paparan tinggi, sianida cepat bereaksi, sangat kuat, beracun bagi manusia, hewan dan tanaman. Hewan juga dipengaruhi oleh dosis rendah berulang.

Keracunan sianida dapat terjadi karena menghirup gas sianida (hidrogen sianida), debu atau kabut; penyerapan melalui kulit setelah kontak kulit, atau dengan mengkonsumsi bahan yang mengandung sianida (seperti air minum, endapan, tanah, tanaman). Reaksi beracun sianida untuk biota mirip terlepas dari jenis rute paparan. Ketersediaan hayati sianida bervariasi dengan bentuk sianida. Rute paparan dan kondisi pada titik paparan (seperti pH lambung, adanya makanan lain) merupakan pertimbangan penting. Sianida bukan merupakan biokonsentrat karena mengalami metabolisme yang cepat pada hewan yang terpapar. Sianida WAD diidentifikasi sebagai pengukuran praktis bentuk kompleks yang bebas dan lemah dari

sianida yang beracun baik untuk biota air maupun darat (Donato dkk 2007; Mudder 2001).

Paparan terhadap sianida dalam larutan melalui konsumsi air permukaan adalah rute paparan utama bagi sebagian besar hewan yang terkena dampak keracunan sianida, tetapi paparan secara bersamaan dengan menghirup dan penyerapan kulit juga dapat terjadi. Selain itu, hewan dapat mengkonsumsi sianida secara tidak sengaja. Pada saat ini tidak ada kriteria Australia yang diterbitkan untuk sianida di dalam tanah, sedimen atau udara untuk perlindungan tanaman air atau darat atau hewan.

### 3.1.1 Ekosistem air

Sianida bereaksi cepat dalam lingkungan air. Ikan paling sensitif terhadap sianida dan dampak bencana pada ekosistem air di bagian hilir telah mengakibatkan air yang tercemar sianida telah lepas sebagai akibat dari kerusakan bendungan atau limpasan. Disain tambang harus menyertakan fitur untuk menghindari pelepasan air yang tercemar ke dalam sistem air yang secara ekologis penting di sekitarnya.

Pada ikan, sianida menyerang organ di mana pertukaran gas atau proses osmoregulatori terjadi, yaitu, terutama insang dan permukaan kapsul telur. Organisme air menunjukkan perbedaan sensitivitas sianida, akan tetapi ikan pada umumnya merupakan organisme air yang paling sensitif, dengan 24 jam konsentrasi LC50 (yaitu konsentrasi di mana 50 persen dari individu mati) serendah 40 mg / L sianida bebas untuk beberapa spesies. Nilai LC50 untuk invertebrata air berkisar di atas 90 mg / L pada suhu kamar. Tanaman air menunjukkan efek pada konsentrasi air mulai dari 30 mg / L sampai beberapa miligram per liter (USEPA 1989). Dalam lingkungan air, sianida dapat menghasilkan produk turunan yang pada umumnya dengan toksisitas lebih rendah, seperti amonia dan nitrat.

Pedoman perlindungan lingkungan yang telah diterbitkan yang relevan dengan sianida di perairan Australia adalah pedoman ANZECC / ARMCANZ (2000). Nilai pemicu kualitas air Australia pada saat ini untuk sianida bebas dalam air tawar adalah 7 µg/L dan untuk perairan laut adalah 4 µg/L. Kode ini memberlakukan pedoman yang direkomendasikan 0.5mg/l sianida bebas untuk pelepasan ke permukaan air dan dalam batas aliran 0,022mg/l sianida bebas untuk perlindungan kehidupan air. Penjelasan rinci tentang penanganan air yang mengandung sianida dalam ekosistem sungai yang sensitif di tambang emas Henty, Tasmania digambarkan sebagai Studi Kasus 4: "Manajemen Sianida dalam lingkungan yang sangat sensitif" dalam buku sebelumnya (Environment Australia 2003).

### 3.1.2 Satwa liar darat

Keracunan paling sering menyerang burung, tetapi catatan menunjukkan berbagai spesies hewan liar dan piaraan telah diracuni oleh sianida. Mamalia (termasuk kelelawar), katak, reptil (seperti ular, kadal, kura-kura) dan serangga juga rentan terhadap sianida. Di Australia, data pemantauan satwa liar dari fasilitas penyimpanan tailing, kegiatan pelindian timbunan dan infrastruktur terkait menjadi tersedia sebagai hasil dari perusahaan pertambangan yang

menerapkan Kode. Namun demikian, survei menunjukkan bahwa kematian yang dialami satwa liar telah meluas (Donato 2002, 2007), terutama sebelum diperkenalkannya Kode.

Pada fasilitas tambang yang 'tidak ada pelepasan', 50 miligram per liter sianida WAD untuk larutan sianida yang dapat diakses oleh satwa liar secara luas diakui oleh industri pertambangan sebagai tolok ukur kualitas air untuk perlindungan satwa liar (Donato dkk. 2007). Konsentrasi ini berasal dari pengamatan baik di Amerika Serikat maupun di Australia bahwa kematian burung cenderung terjadi ketika kenaikan konsentrasi sianida WAD di atas 50 miligram per liter (Donato dkk. 2007). Dengan menggunakan pendekatan pencegahan, tolok ukur konsentrasi yang lebih rendah untuk perlindungan satwa liar telah diterapkan dan manajemen risiko satwa liar, untuk seluruh pengecualian akses terhadap larutan sianida, juga dilaksanakan. Dampak terhadap satwa liar terbukti rendah jika kolam tailing mengandung sianida WAD dengan konsentrasi kurang dari 50 miligram per liter, akses ke area genangan dibatasi dan pelepasan air ke lingkungan dihindari. Data pemantauan burung juga mendukung pendapat bahwa sianida WAD 50 miligram per liter merupakan konsentrasi yang aman.

Pendekatan paling umum untuk pengendalian positif terhadap dampak lingkungan dari pelaporan sianida terhadap fasilitas penyimpanan tailing adalah penghancuran dan penjaringan sianida. Berbagai tindakan untuk mencegah akses atau untuk menakut-nakuti burung dan hewan ini meliputi:

- n pagar
- n bola apung
- n perangkat udara kendali jarak jauh (Environment Australia 1998, 2003).

Tindakan ini biasanya melengkapi desain, operasi, pemantauan proses kimia yang hati-hati, dan tidak boleh dilihat sebagai tindakan perlindungan yang sudah cukup untuk satwa liar itu sendiri. Tindakan tersebut tunduk pada efektivitas biaya dan kepraktisan penggunaan di setiap lokasi tambang. Dengan menyediakan kolam air minum di sekitar fasilitas tailing dan memiliki lahan basah sebagai pemikat juga dapat efektif dalam meminimalkan risiko keracunan satwa liar.

### **STUDI KASUS: Tambang emas Sunrise Dam, tailing dan kepatuhan dengan ICMC**

Kegiatan tambang emas AngloGold Ashanti Sunrise Dam (SDGM) terletak 55 km di sebelah selatan Laverton, Australia Barat. Tambang ini terletak tepat di sebelah timur dari Danau Carey yang berkadar garam tinggi dan dikelilingi oleh banyak danau garam lainnya yang lebih kecil. Kegiatan ini terdiri dari sebuah lubang terbuka dan kegiatan penambangan bawah tanah serta kegiatan pengolahan.

Bendungan tailing pada saat ini adalah fasilitas sel tunggal CTD (sistem pembuangan pusat) seluas 320 hektar. Dalam kondisi operasi normal tailing kental disimpan sebesar

kira-kira 65 persen berupa padatan dan ada sedikit atau tidak ada cairan supernatan atau genangan terkait dari pembuangan tailing. Sistem pembuangan pusat pada dasarnya menghasilkan penumpukan berbentuk kerucut tailing kering. Sebuah belunggu dan pagar beraliran listrik untuk mencegah satwa liar masuk didirikan di sekeliling bangunan. Yang unik untuk wilayah yang lebih luas ini larutan pengolahan dan tailing berkadar garam sangat tinggi, sekitar 190 000 TDS atau enam kali lebih asin daripada air laut.

Cara pemantauan satwa liar rutin yang digunakan di SDGM telah dirancang sebagai bagian dari proyek ACMER P58 industri secara luas (Donato & Smith 2007) untuk mengumpulkan data guna menilai risiko badan air yang terkena sianida untuk satwa liar. Ini telah dirancang untuk memenuhi persyaratan pemantauan satwa liar yang dituangkan dalam Standar Praktek 4.9 dari Kode. Pemantauan larutan aliran limbah mengungkapkan bahwa konsentrasi sianida WAD dalam bendungan tailing lebih dari 50 miligram per liter sianida WAD pada 72 persen dari hari sampel. Konsentrasi sianida WAD kolam supernatan pada saat itu melebihi 50 miligram per liter.

Di penampungan utama limbah tambang yang mengandung sianida, dalam 1096 kunjungan tidak ada kematian sianosis satwa liar yang tercatat pada CTD, dan dalam 748 kunjungan tidak ada kematian sianosis tercatat pada kolam air / kolam penampung badai tersebut. Pengamatan satwa liar intensif oleh konsultan eksternal juga sejalan dengan temuan ini tentang tidak adanya kematian satwa liar.



#### **CTD2 Tambang Emas Sunrise Dam**

Mengingat konsentrasi sianida yang tercatat dan kurangnya kematian satwa liar yang terekam (dari kegiatan pemantauan yang kuat), sistem ini beranjak dari literatur dan asumsi yang diakui. Mekanisme perlindungan pengurangan habitat yang terkena sianida (oleh manajemen dan disain

sistem tailing), kurangnya persediaan makanan, air yang kurang dan tingginya kadar garam telah mengakibatkan tidak adanya efek yang diamati pada satwa liar. Diduga mekanisme ini memberikan tindakan perlindungan dengan menghilangkan dan

mengurangi jalan paparan satwa liar ke larutan itu. Sesuai dengan Kode mekanisme perlindungan ini tunduk pada kajian sejawat independen. Temuan kajian sejawat ini tidak bertentangan dengan ambang batas toksisitas yang dijelaskan sebelumnya yaitu 50 miligram per liter konsentrasi sianida WAD karena hal tersebut dihasilkan dari sistem tailing pembuangan perifer yang baru. Ambang batas toksisitas tidak dilanggar selama dua tahun pemantauan oleh karena itu ambang alternatif khusus untuk CTD SDGM tidak dapat disediakan (Donato & Smith 2007).

Jika mekanisme perlindungan ini berhenti atau berkurang efektivitasnya maka risiko sianosis dapat meningkat. Burung sangat rentan terhadap sianida di bendungan tailing. Burung yang berendam dan berenang lebih mungkin untuk terkena dosis yang mematikan dengan menyerap sianida melalui kulit mereka. Burung lain yang berisiko termasuk raptor yang tertarik pada bangkai di bendungan tailing. Untuk mengidentifikasi burung berisiko, petugas operasi dan lingkungan perlu mengetahui spesies mana yang endemik di daerah mereka dan frekuensi serta waktu kedatangan spesies migrasi. Pemahaman yang baik tentang cara burung berperilaku di dan di sekitar bendungan juga akan membantu dalam perencanaan untuk meminimalkan risiko keracunan burung.

### 3.2 Insiden lingkungan

Meskipun insiden lingkungan yang melibatkan pelepasan sianida telah menurun sejak pelaksanaan Kode, hal ini terus terjadi di Australia, khususnya selama transportasi sianida, penggunaan di operasi pelindian tumpukan, dan pembuangan limbah sianida ke fasilitas penyimpanan tailing (TSF). Disain TSF juga dapat berdampak pada satwa liar. Peristiwa yang sedang berlangsung dari kejadian lingkungan yang signifikan melibatkan sianida di seluruh dunia (Kotak 1 di atas) menunjukkan bahwa pengetahuan dan sistem pengelolaan sianida di pertambangan harus lebih ditingkatkan. Alasan utama untuk insiden lingkungan di tambang berasal dari pengelolaan air dan / atau disain bendungan atau konstruksi yang buruk (seperti kerusakan bendungan, dam limpasan), disain dan pemeliharaan yang tidak memadai (kerusakan pipa),serta kecelakaan transportasi (Mudder dan Botz 2001).

### 3.3 Pemantauan

Pemantauan kadar sianida dalam lingkungan merupakan bagian penting dari praktek unggulan pengelolaan sianida, tetapi manajer tambang juga membutuhkan kesadaran yang tinggi tentang pentingnya kadar yang diukur dan sumber-sumber sianida yang mungkin. Ringkasan sampling sianida, pengukuran dan analisis disajikan dalam Lampiran 2. Pentingnya mengukur sianida WAD merupakan langkah tepat terhadap potensi toksisitas yang dijelaskan secara rinci dalam buku sebelumnya (Environment Australia 2003). Sianida WAD merupakan tindakan yang paling tepat ketika menentukan dampak toksikologi dan lingkungan. Sianida bebas dan besi tidak berguna untuk tujuan ini.

Program pemantauan lingkungan tambang, yang harus menjadi bagian dari rencana pengelolaan lingkungan, harus mencakup:

- n spesifikasi lokasi pengambilan sampel, frekuensi pengambilan sampel, pelestarian dan penyimpanan sampel (lihat Lampiran 1), metode analisis, parameter untuk mengukur, penggunaan bahan acuan bersertifikat, dan tindakan yang diperlukan pada deteksi unsur luar atau ketidakpatuhan
- n kualitas air berdasar informasi yang ada (air permukaan dan air tanah)
- n pemantauan selama dan setelah operasi
  - n kadar dan kualitas air permukaan dan air tanah, kolam proses, air minum, bendungan tailing
  - n pembentukan debu dan deposisi
  - n satwa
  - n rehabilitasi.

Pembentukan tailing asam dari tempat pembuangan batuan sisa, misalnya, dapat menyebabkan terlepasnya gas HCN. Peringatan potensi masalah tersebut dapat diperoleh dari pengetahuan tentang jalur paparan lingkungan terkait dengan pemantauan pH, sianida WAD dan sianida bebas (lihat Kotak 2 di bawah ini untuk informasi rinci tentang analisis sianida dan sianida kompleks). Metode klorinasi alkali, yang tidak lagi digunakan di Australia, harus digunakan dengan hati-hati. Metode analisis yang berbeda (seperti ligan atau asam pikrat lihat Lampiran 2) berguna dalam situasi tertentu, tetapi tidak ada satupun metode yang cocok untuk semua kebutuhan.

Hanya analisis total dan sianida WAD (dengan distilasi ) dapat dianggap tindakan yang handal dalam mengukur racun sianida . Selain itu , deteksi tingkat rendah dari total atau sianida WAD mungkin merupakan hasil dari sianida yang dilepaskan dari sumber-sumber alam atau buatan lain, atau mungkin akibat dari kesalahan atau gangguan dalam berbagai prosedur analitis sianida ( Mudder 1997) . Pengukuran kadar total sianida di bawah 0,10 miligram per liter dan sianida WAD di bawah 0,05 miligram per liter yang ada dalam pertambangan terkait pembuangan mungkin tidak dapat diandalkan dan harus dilaporkan sebagai 'kurang dari' dan tidak digunakan untuk tujuan kepatuhan ( Mudder 1997) . Kemungkinan alasan untuk melaporkan kadar sianida yang diukur di air permukaan atau limbah yang diolah perlu dipertimbangkan ketika menafsirkan hasil dari program pemantauan. Yang pertama adalah kesalahan analitis, yang kedua adalah sianida yang diproduksi secara alami yang diekskresi oleh tanaman, mikroorganisme dan serangga , dan yang ketiga adalah sianida buatan. Kesimpulan yang salah dapat dengan mudah ditarik , dengan konsekuensi yang berpotensi serius, jika pengukuran yang valid tidak digunakan.

## **Kotak 2: Menganalisis sianida**

Untuk mencapai hasil yang dapat diterima, setiap tahap dalam prosedur analitis perlu dipertimbangkan:

- n Definisi masalah - dengan jelas definisikanlah tujuan dan batasan dari setiap kegiatan pemantauan. Jika informasi yang diperlukan untuk tujuan toksikologi, ukur sianida WAD. Keadaan lingkungan memerlukan analisis dari semua bentuk sianida dan produk degradasinya. Biaya analitis ditentukan oleh pilihan teknik analisis dan bentuk sianida yang diukur.
- n Pengambilan sampel - setelah definisi masalah, identifikasilah karakteristik spasial dan temporal dari program pemantauan. Ambil sampel berulang kali supaya benar-benar mewakili.
- n Pengawetan sampel - mensyaratkan bahwa sampel harus ditangani untuk mencegah perubahan dan hilangnya sianida dalam bentuk kimianya. Sampel dapat 'dipaku' dengan sejumlah senyawa sianida yang diketahui sehingga perubahan selama pengangkutan dan penyimpanan dapat dinilai. Sampel harus selalu diperiksa secara visual sebelum dianalisis untuk melihat perubahan atau tanda-tanda kebocoran.
- n Perlakuan sampel - akan diperlukan tergantung pada bentuk sianida yang akan diukur (Lampiran 1) dan teknik pengukuran yang digunakan.
- n Standar - teknik pengukuran apapun (klasik atau instrumental) membutuhkan kalibrasi dan blanko reagen dengan standar yang sesuai. Standar dan blanko harus berada dalam rentang kerja dari teknik analitis dan harus berada pada kisaran konsentrasi sampel yang memungkinkan. Untuk matriks yang kompleks, pertimbangkan penggunaan teknik penambahan standar.
- n Pengukuran - gunakanlah protokol pengukuran yang jelas dengan sampel yang dianalisis dalam urutan yang telah ditentukan dan diselingi dengan blanko dan standar. Hal ini memungkinkan terjadinya kontaminasi silang dan pergeseran instrumen untuk dipantau dan dikoreksi. Penentuan replikasi harus dilakukan.
- n Kepatuhan dan pelaporan hasil.
- n Dokumentasi - semua metode dan prosedur harus dicatat dan diikuti dengan ketat.
- n Persyaratan pelaporan (kepatuhan dan kepentingan umum).

Standar statistik dan teknik pelaporan harus digunakan termasuk nilai rata-rata dan standar deviasi. Nilai yang dilaporkan harus diperiksa untuk memastikan bahwa nilai tersebut berada dalam kisaran yang realistis dan sesuai dengan tingkat presisinya. Batas bawah kuantifikasi (LLQ) untuk metode analisis yang digunakan harus dikutip, dan nilai yang tidak diketahui yang berada di antara nilai-nilai ini harus dilaporkan, yaitu; sebagai ada tetapi di bawah batas kuantifikasi.

---

## CATATAN PENTING

- n Untuk mencapai pembangunan berkelanjutan diperlukan penjabaran prinsip-prinsip ke dalam alat manajemen untuk digunakan di lokasi tambang.
  - n Pelaksanaan Kode memerlukan pemahaman yang jelas tentang kompleksitasnya dan bersifat komprehensif berkenaan dengan semua prinsip dan standar praktek.
  - n Sertifikasi operasional lanjutan menurut Kode memerlukan dukungan yang kuat dari semua level manajemen dalam perusahaan pertambangan.
- 

### 4.1 Pertambangan dan pembangunan berkelanjutan

Jelas bahwa pertambangan berpotensi memiliki dampak keberlanjutan dalam banyak hal. Tujuan untuk mencapai keberlanjutan ini merupakan masalah utama yang dihadapi industri pertambangan pada saat ini. Industri ini telah mengembangkan sejumlah inisiatif secara sukarela untuk mengatur pengelolaan sianida termasuk prinsip-prinsip tingkat tinggi yang terkandung dalam International Council on Mining and Metals' 10 Principles for Sustainable Development, the Minerals Council of Australia's Enduring Value (MCA 2004) serta pengelolaan sianida spesifik International Cyanide Management Code (Bagian 4.3). Penggunaan sianida menimbulkan risiko yang lebih rendah terhadap lingkungan, keselamatan pekerja, dan kesehatan masyarakat di wilayah hukum di mana ada standar industri atau kerangka peraturan yang kuat.

Salah satu tantangan bagi perusahaan tambang emas ketika berkomitmen untuk mencapai pembangunan berkelanjutan adalah untuk memenuhi persyaratan Kode. Tantangan lainnya yaitu pembangunan berkelanjutan berlaku untuk semua jenis usaha manusia dan bahwa prinsip-prinsipnya harus diwujudkan dalam hal umum dan tingkat tinggi. Sebaliknya, Kode menyediakan panduan tentang bagaimana prinsip-prinsip umum ini dapat diterapkan dalam pengaturan industri yang spesifik dan memungkinkan operator tambang untuk mengadopsi praktek-praktek kerja untuk mencapai hasil pembangunan berkelanjutan.

Praktek unggulan pengelolaan sianida membutuhkan pengembangan, pelaksanaan dan peninjauan yang rutin terhadap prosedur organisasi dan operasional yang relevan. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa beragam dampak kesehatan dan lingkungan tidak terabaikan dan dipertahankan pada tingkat yang dapat diterima oleh masyarakat dan juga oleh regulator. Praktek kerja unggulan adalah "cara terbaik untuk melakukan sesuatu", dan

dalam konteks ini penting untuk diketahui bahwa persyaratan peraturan dari wilayah hukum yang berlaku telah terpenuhi, dan bahwa prinsip-prinsip dan standar praktek Kode telah dilaksanakan sepenuhnya.

Keterlibatan sosial yang efektif semakin diakui dalam industri pertambangan Australia sebagai persyaratan pembangunan berkelanjutan. Dengan memastikan bahwa masyarakat mengetahui tentang masalah yang mungkin mempengaruhi kehidupan mereka merupakan landasan praktek industri yang bertanggung jawab dan diakui melalui laporan industri utama seperti kerangka kerja International Council on Mining and Metals' Sustainable Development Principles and the Minerals Council of Australia's Enduring Value framework (MCA 2004) yang mempromosikan penandatanganan perusahaan untuk "terlibat dengan dan menanggapi para pemangku kepentingan melalui proses konsultasi terbuka".

Lebih lanjut, bagian ini dimaksudkan untuk melengkapi, dan memperluas, pedoman praktek yang baik bagi industri utama lainnya kepada masyarakat dan keterlibatan pemangku kepentingan seperti pada buku pedoman Leading Practice on Community Engagement and Development (DITR 2006a). Praktek dan undang-undang modern telah bergerak ke arah konsep 'pencemar yang membayar' dan 'tata kelola'. Akibatnya, kinerja lingkungan dan ekonomi menjadi terkait erat dan tidak lagi mewakili sisi berlawanan dari perhitungan laba-rugi. Industri pertambangan dinilai oleh masyarakat, dan semakin meningkat oleh pemegang sahamnya sendiri, terhadap kinerja lingkungan dan interaksinya dengan masyarakat di mana ia beroperasi. Kunci untuk beroperasi dengan sukses dalam lingkungan seperti itu adalah perencanaan yang baik.

Produktifitas, profitabilitas, dan efisiensi dari industri pertambangan emas, serta akses lanjutannya untuk eksplorasi dan pengembangan tambang, peningkatannya tergantung pada kemampuannya di dunia untuk menunjukkan bahwa risiko yang berkaitan dengan penggunaan sianida dapat dikelola ke tingkat yang dituntut oleh pihak berwenang dan masyarakat umum. Kesuksesan industri sekarang ini tergantung pada kesungguhannya untuk berkomitmen terhadap petunjuk yang diberikan oleh kerangka kerja Kode, dan melaksanakan konsep praktek kerja unggulan dan teknologi yang tepat.

## 4.2 Alat manajemen untuk mencapai pembangunan berkelanjutan

Pengelolaan risiko merupakan pendekatan yang dapat diterima di mana hasil yang berkelanjutan dapat dicapai (AS 2004). Pendekatan ini dapat diadaptasi untuk pengelolaan sianida dalam suatu kerangka kerja yang komprehensif dan melihat ke depan, yang menentukan sasaran jangka-pendek dan jangka-panjang, dan juga menentukan serangkaian risiko di mana konsep pembangunan berkelanjutan dapat dicapai.

Tindakan yang sesuai dengan prinsip pembangunan berkelanjutan hanya akan efektif sepenuhnya dalam perubahan ke arah keberlanjutan jika dilaksanakan dengan menerapkan

alat manajemen risiko sebagai berikut:

- n pengelolaan risiko
- n tolok ukur
- n jaminan kualitas
- n analisis/penilaian siklus hidup
- n produksi yang lebih bersih (atau eko-efisiensi)
- n tata kelola.

Penjelasan lebih lanjut dapat ditemukan di dalam buku pedoman Leading Practice Risk Assessment and Management (DRET 2008a) dan Stewardship (DITR 2006c).

**Tabel 1: Mewujudkan prinsip umum pembangunan berkelanjutan menjadi tindakan di lokasi tambang**

<b>BERGERAK DARI KONSEP MENJADI TINDAKAN UNTUK PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN (MMSD 2002)</b>	<b>PENERAPAN PADA TINGKAT KORPORAT ATAU LOKASI TAMBANG</b>
Sebuah kerangka kerja yang kuat didasarkan pada prinsip-prinsip luas yang telah disepakati.	Rencana pengelolaan tambang, termasuk tujuan lingkungan dan perlindungan sosial yang jelas.
Pemahaman mengenai tantangan dan hambatan utama dalam menghadapi sektor tersebut dalam tingkat dan wilayah yang berbeda serta tindakan yang harus dilakukan untuk menyelesaikannya, serta peran dan tanggung jawab para pelaku di dalam sektor tersebut.	Melalui pemahaman tentang teknologi sianida, kode yang relevan, penerapan peraturan untuk pengangkutan, penyimpanan, penggunaan serta pembuangan bahan berbahaya, persyaratan peraturan lingkungan. Penentuan pekerja untuk lokasi-khusus, kepekaan lingkungan dan sosial. Nominasi petugas yang bertanggung jawab (dengan delegasi dan kekuasaan) untuk pengelolaan dan penggunaan sianida.
Proses untuk menjawab tantangan ini adalah dengan menghormati hak dan kepentingan semua pihak yang terlibat, dapat menentukan prioritas, dan memastikan bahwa tindakan dilakukan dengan tepat.	Lokasi - rencana pengelolaan sianida khusus termasuk peran dan tanggung jawab untuk pihak yang bertanggung jawab, dan target perlindungan lingkungan yang khusus untuk sianida.
Seperangkat institusi dan instrumen kebijakan terpadu untuk memastikan standar minimum dari kepatuhan dan tindakan sukarela yang bertanggung jawab.	Rencana pengelolaan sianida yang dipadukan dengan rencana relevan lainnya, termasuk pengelolaan air dan rencana tanggap darurat. Rencana operasional dan jadwal untuk pekerja dan sumber pelatihan tenaga kerja serta pengaturannya.

BERGERAK DARI KONSEP MENJADI TINDAKAN UNTUK PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN (MMSD 2002)	PENERAPAN PADA TINGKAT KORPORAT ATAU LOKASI TAMBANG
Pengukuran yang dapat diverifikasi untuk mengevaluasi kemajuan dan melakukan perbaikan yang konsisten.	Program pemantauan lingkungan meliputi jadwal, lokasi dan teknik untuk pengambilan sampel sianida. Analisis di laboratorium yang independen dan terpercaya. Interpretasi dan pelaporan hasil yang rutin. Audit dan peninjauan rencana pengelolaan sianida dan program pemantauan lingkungan yang rutin.

### 4.3 Kode Pengelolaan Sianida Internasional

Pengembangan dan pelaksanaan Kode adalah tindakan penting dan bertanggung jawab yang dilakukan oleh produsen emas, produsen sianida dan asosiasi perusahaan pengangkutan untuk memenuhi persyaratan peraturan yang ada atau mengisi kesenjangan pada saat ada persyaratan peraturan yang kurang. Kode menyediakan pedoman yang komprehensif untuk praktek terbaik dalam penggunaan dan pengelolaan sianida pada tambang emas di seluruh dunia dan melampaui persyaratan dari kebanyakan lembaga pemerintah dan pembuat peraturan. Lembaga teknis dan administratif signifikan yang bekerja dalam pengembangan Kode telah dibawa maju menuju pelaksanaan praktis dan administrasi.

#### 4.3.1 Latar Belakang Kode

Perhatian dunia terfokus pada penggunaan sianida di dalam industri emas pada bulan Januari 2000, setelah insiden Baia Mare di Rumania. Hasil utamanya adalah pengembangan dan pelaksanaan Kode untuk penggunaan sianida di industri pertambangan emas.

Empat puluh delegasi ikut serta dalam loka karya pertama, mewakili organisasi-organisasi seperti PBB; Uni Eropa; Bank Dunia; OECD; ICME; berbagai pemerintahan, kelompok advokasi lingkungan, asosiasi perusahaan dan industri tambang emas; Gold Institute; dan berbagai konsultan teknis ahli.

Kode dianggap unik dalam dua aspek: (i) merupakan Kode Praktek industri pertama sukarela yang mensyaratkan penandatanganan untuk memperlihatkan kepatuhan melalui audit profesional independen pihak-ketiga; dan (ii) pertama kalinya mewakili jangkauan luas, internasional, berbagai kelompok pemangku kepentingan telah bekerja sama untuk menghasilkan program sukarela global untuk perbaikan industri yang spesifik.

Tantangan utama yang melekat pada industri emas adalah untuk mendorong penyerapan Kode oleh produsen emas kecil. Sementara sebagian besar produsen emas besar yang sedang melaksanakan Kode, ICMI dan penandatanganan Kode telah menyadari pentingnya untuk mempromosikan keutamaan Kode kepada produsen kecil. Sebuah panduan mengenai sistem pengelolaan untuk operator tambang kecil masih dalam pengembangan.

### 4.3.2 Isi Kode

Tujuan dari Kode tertuang dalam pernyataan misinya, yang berbunyi:

*“Untuk membantu industri pertambangan emas dunia dalam meningkatkan pengelolaan sianida, dengan demikian meminimalkan risiko bagi para pekerja, masyarakat dan lingkungan dari penggunaan sianida dalam pertambangan emas, serta mengurangi kekhawatiran masyarakat tentang penggunaannya”*

Tujuan dari Kode adalah untuk:

- n melindungi pekerja, masyarakat dan lingkungan dari berbagai efek buruk sianida
- n memperbaiki pengelolaan sianida
- n digunakan oleh perusahaan pertambangan emas skala besar dan kecil, produsen dan jasa pengangkut sianida
- n berfungsi sebagai bentuk jaminan bagi pihak yang berkepentingan termasuk pembuat peraturan, pemodal, masyarakat dan lembaga swadaya masyarakat
- n diterapkan secara internasional, baik di negara maju dan negara berkembang
- n menjadi terpercaya dan dapat diverifikasi
- n menjadi dinamis dari waktu ke waktu

Kode mengandung 9 prinsip; ada beberapa standar praktek dalam setiap prinsip (Tabel 2). Secara luas prinsip-prinsip tersebut menyatakan komitmen untuk mengelola sianida dengan cara yang bertanggung jawab. Standar-standar praktek pada dasarnya merupakan “mur dan baut” dari Kode, dan mengidentifikasi tujuan kinerja dan sasaran yang harus dicapai untuk memenuhi setiap prinsip (ICMI 2006). Daftar lengkap dari prinsip-prinsip dan standar-standar praktek dapat dilihat di [www.cyanidecode.org](http://www.cyanidecode.org).

**Tabel 2: Ringkasan prinsip-prinsip Kode**

PRINSIP NO.	DISIPLIN	TUJUAN
1	Produksi	Mendorong proses produksi yang bertanggung jawab dengan hanya menggunakan sianida yang diproduksi melalui cara yang aman dan melindungi lingkungan.
2	Transportasi	Melindungi masyarakat dan lingkungan selama pengangkutan sianida.
3	Penanganan dan Penyimpanan	Melindungi pekerja dan lingkungan selama penanganan dan penyimpanan sianida.
4	Operasi	Mengelola larutan proses sianida dan aliran limbah untuk melindungi kesehatan manusia dan lingkungan.
5	Penghentian	Melindungi masyarakat dan lingkungan dari sianida melalui pengembangan dan pelaksanaan rencana penghentian fasilitas sianida.

PRINSIP NO.	DISIPLIN	TUJUAN
6	Keselamatan pekerja	Melindungi kesehatan dan keselamatan pekerja dari paparan sianida.
7	Tanggap darurat	Melindungi masyarakat dan lingkungan melalui strategi pengembangan strategi dan kemampuan tanggap darurat.
8	Pelatihan	Melatih pekerja dan petugas tanggap darurat untuk mengelola sianida dengan cara yang aman dan melindungi lingkungan.
9	Dialog	Terlibat dalam konsultasi dan pengungkapan publik.

#### 4.4 Mengadopsi Kode Pengelolaan Sianida Internasional

Harapan dari penandatanganan Kode adalah untuk merancang, membangun, mengoperasikan dan menghentikan fasilitas mereka sesuai dengan persyaratan Kode. Operasi mereka harus diaudit oleh auditor pihak ketiga yang independen dan hasilnya diumumkan. Prinsip-prinsip dan standar-standar Kode harus dilaksanakan dalam kurun waktu tiga tahun setelah penandatanganan untuk memperoleh sertifikasi. Audit independen untuk menunjukkan kepatuhan terhadap Kode merupakan prasyarat untuk sertifikasi. Catatan komprehensif yang memberikan panduan tentang bagaimana prinsip-prinsip dan standar-standar praktek harus dilaksanakan tersedia di [www.cyanidecode.org](http://www.cyanidecode.org). Informasi mengenai operator bersertifikasi dipasang di situs web International Cyanide Management Institute. Untuk mempertahankan sertifikasi, suatu operasi harus memenuhi ketentuan berikut:

- n kepatuhan penuh atau kepatuhan substansial seperti yang ditunjukkan oleh auditor independen
- n operasi dalam kepatuhan substansial telah mengajukan rencana aksi untuk memperbaiki kekurangan dan melaksanakannya dalam jangka waktu yang telah disepakati (maksimum satu tahun)
- n tidak boleh ada bukti bahwa operasi tidak mematuhi ketentuan Kode
- n audit verifikasi diadakan dalam waktu tiga tahun
- n audit verifikasi diadakan dalam dua tahun jika terjadi pergantian kepemilikan operasi

Lihat studi kasus dibawah mengenai sertifikasi Kode tambang emas Cowal.

## **STUDI KASUS: Pengalaman tambang emas Cowal - sertifikasi pertama Kode International Cyanide Management Institute (ICMI) di Australia**

Tambang emas Cowal terletak di Central New South Wales, Australia, 37 kilometer ke utara dari West Wyalong dan 350 kilometer ke barat dari Sydney. Tambang emas Cowal merupakan tambang terbuka dengan fasilitas proses yang didesain untuk mengolah sekitar 6,4 juta ton bijih per tahun dengan penumbukan konvensional, pengapungan sulfida, pelindian dalam karbon, dan teknologi penghancuran sianida. Tambang ini memulai produksi di awal tahun 2006 dan cadangan bijih saat ini adalah 2,5 juta ons emas. Lokasi tambang ini berdekatan dengan Danau Cowal, habitat lahan basah yang terdaftar dalam Register of the National Estate sejak 1992. Pada Agustus 1995, aplikasi pengembangan dan EIS yang diajukan oleh North Limited ditolak dengan alasan lingkungan. Sejak itu berbagai studi dan skenario pembangunan telah diselidiki oleh North dan sebuah aplikasi pengembangan baru telah diterima pada bulan Maret 1999.

Tambang emas Cowal adalah operasi yang sangat diatur. Kondisi pembangunan yang disetujui untuk proyek mencakup 25 rencana pengelolaan lingkungan, pengawasan dan pemeriksaan lingkungan independen, pembentukan Komite Pengawasan dan Konsultasi Lingkungan Masyarakat, serta persyaratan ketat untuk pengawasan air permukaan dan air tanah. Sebagai hasilnya, Cowal dirancang dengan fitur yang jarang ditemukan dalam industri emas Australia, termasuk:

- n delapan kolam air hujan yang mematuhi ketentuan lokasi tanpa pelepasan air, yang menampung semua air hujan dan limpasan yang jatuh di dalam tambang yang disewa
- n fasilitas penyimpanan tailing (TSF) yang sepenuhnya berpagar dengan kawat jaring setinggi dua meter, dengan kedalaman di bawah tanah 0,5 meter, termasuk kabel listrik, yang membentang sembilan kilometer di sekelilingnya
- n pengelolaan sianida yang ketat dengan tingkat pembuangan ke TSF tidak boleh melebihi 30 ppm WAD dan tetap di bawah 20 ppm WAD lebih dari 90 persen waktu.

Telah diidentifikasi pada tahun 2005 bahwa pembangunan tambang yang mematuhi Kode adalah penting bagi bisnis inti dan untuk mempertahankan dukungan masyarakat luas.

### **Sertifikasi pra-operasional**

Pada bulan Januari 2005 pekerjaan yang dimulai Cowal memperoleh kepatuhan penuh dengan ICMC. Langkah pertama adalah untuk memperoleh kepatuhan pra-operasional; yang tugas awalnya adalah analisis kesenjangan antara apa yang telah dilakukan Cowal dan yang masih berupa naskah dokumentasi kepatuhan pra-operasional ICMC. Pada saat

ini, interpretasi dari beberapa aspek protokol sertifikasi Kode masih belum terlalu jelas. Dengan dukungan kuat dari Manajer Umum situs, para manajer departemen dan seorang ahli teknis, sebuah Tim Kode Sianida telah terbentuk dengan masukan dari berbagai bidang yang meliputi:

- n lingkungan dan keselamatan
- n layanan teknis proses, operasi dan pemeliharaan teknis
- n hubungan masyarakat
- n konstruksi proyek.

Tim tersebut diketuai dan diarahkan oleh seorang Pakar Kode Sianida yang mengatur daftar tugas, sesi kajian rutin dan kompilasi akhir informasi sebelum melakukan audit yang telah dijadwalkan. Sedangkan pihak-pihak eksternal ikut serta dalam membantu perencanaan penghentian, teknik struktural dan keseimbangan air, sebagian besar beban kerja ditanggung secara internal. Audit kepatuhan pra-operasional dilaksanakan pada bulan Desember 2005, dan Cowal secara resmi ditetapkan sebagai tambang emas pertama di dunia yang meraih kepatuhan penuh Sertifikasi Pra-Operasional ICMC pada tanggal 17 April 2006.

#### **Sertifikasi operasional**

Tahap kedua dari perjalanan ini adalah untuk meraih kepatuhan penuh sebagai tambang yang sedang beroperasi. Selama tahun 2006 ICMI mengeluarkan dokumen pedoman auditor, yang di dalamnya berisi informasi untuk membantu interpretasi protokol-protokol verifikasi ICMC. Hal ini sangat penting karena dapat mengatur dokumentasi, prosedur operasi standar dan untuk membuat modifikasi kecil ke pabrik pengolahan dengan tujuan untuk menjadi sepenuhnya patuh. Evaluasi interpretasi adalah penting dalam perencanaan kerja untuk memenuhi kepatuhan Kode, dan memiliki tanggungan yang signifikan pada ruang lingkup pekerjaan dan anggaran untuk pekerjaan-pekerjaan ini.

Ada anggapan bahwa membangun sistem pengelolaan dan dokumentasi sendiri untuk ICMC dapat berisiko tidak tercapainya integrasi dalam sistem dan budaya di lokasi. Banyak beban kerja selama tahun 2006 dan di awal 2007 yang fokusnya adalah untuk meningkatkan catatan pelatihan situs, rencana pemeliharaan preventif dan tanggap darurat di lokasi tambang. Persyaratan peraturan yang ketat memaksa Cowal menghasilkan kepatuhan yang sudah ada dengan sebagian besar persyaratan rancangan fisik dan pemantauan lingkungan dari Kode. Audit untuk sertifikasi pra-operasional dan operasional dilakukan dalam tiga dan lima hari secara berurutan, dengan tim yang terdiri dari lima auditor yang digunakan untuk audit operasional. Hal ini sebagian dikarenakan oleh adanya persyaratan lokasi tambang untuk memiliki rancangan laporan yang lengkap dan rencana aksi di tempat dan disetujui pada hari terakhir audit.

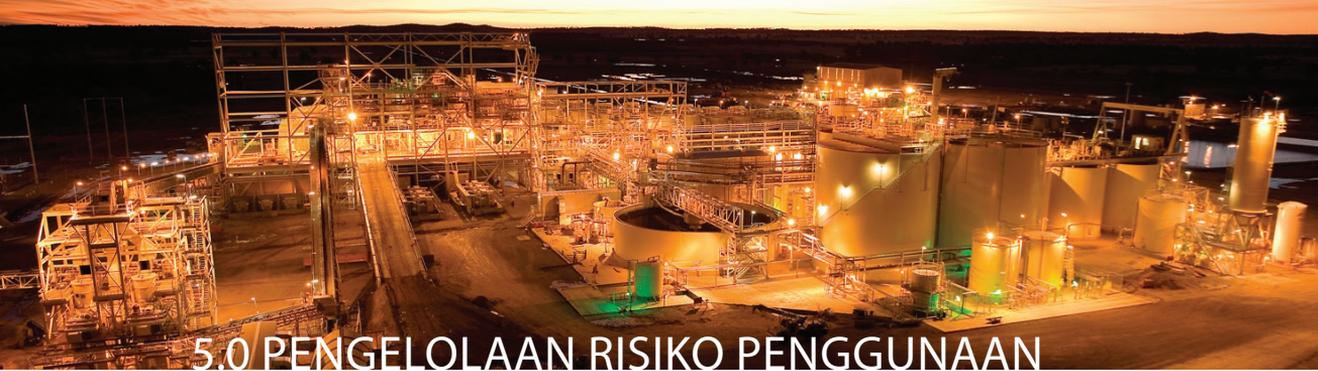
### Rangkuman dari pengalaman utama

- n Auditor menerima orientasi dan induksi lokasi tambang sebelum memulai pekerjaan di lokasi.
- n Sebuah wilayah khusus diciptakan untuk tim audit beroperasi dan mengadakan semua dokumentasi yang sulit.
- n Jadwal di lokasi tambang telah dipersiapkan sebelum audit, dengan waktu yang diberikan setiap hari untuk pertanyaan, jawaban dan klarifikasi lebih lanjut.
- n Semua orang yang mungkin diwawancarai untuk klarifikasi diperkenalkan kepada tim audit pada hari pertama dan tersedia pada waktu yang tepat bagi auditor.
- n Foto konstruksi sangat berguna untuk menginterpretasi PID dan gambar sipil, terutama pada hal yang tidak terlihat lagi seperti fondasi tangki.
- n Realistis dalam mengembangkan rencana pemeliharaan preventif, terutama frekuensi pemeriksaan untuk pompa, tangki dan pemeriksaan pekerjaan pipa selama fase penghentian
- n Pahami berbagai sumber daya yang dibutuhkan termasuk waktu, SDM dan uang sebelum memutuskan untuk meraih sertifikasi pra-operasional dan operasional.
- n Kepatuhan berkelanjutan dengan ICMC berarti bahwa sistem yang berjalan langsung dan terdapat di dalam prosedur-prosedur, kebijakan-kebijakan, rencana-rencana pengelolaan, catatan situs dan pelatihan yang ada.

Sertifikasi berkelanjutan dengan ICMC saat ini membutuhkan dukungan dari semua tingkat dalam perusahaan, karena lokasi operasional perlu menyediakan data historis untuk audit kepatuhan berikutnya (frekuensi tiga tahun) untuk tetap patuh.



**Tambang Emas Cowal.** Sumber Gambar: Barrick Gold of Australia



## 5.0 PENGELOLAAN RISIKO PENGGUNAAN

---

### CATATAN PENTING

- n Pengelolaan kesehatan dan keselamatan sianida perlu dipahami dengan baik dan membutuhkan pengelolaan oleh staf profesional dengan pelatihan dan keterampilan teknis yang tinggi.
- n Praktek kerja unggulan dalam pengelolaan sianida merupakan cara terbaik dalam melakukan berbagai hal untuk meminimalkan risiko dan dampak bagi banyak orang dan lingkungan.
- n Proses penilaian risiko menyediakan sarana untuk mengembangkan pengelolaan dan alat komunikasi untuk penggunaan sianida yang aman.
- n Pelaksanaan dan sertifikasi operasional berkelanjutan sesuai Kode membutuhkan pemahaman yang terperinci atas prinsip-prinsip dan hubungan timbal balik dengan operasi pertambangan emas.
- n Dialog dan komunikasi risiko sangat penting bagi keberhasilan dalam pelaksanaan Kode.
- n Penanganan sianida selama fase operasional dan penghentian mungkin membutuhkan perhatian dalam memilih teknologi pembuangan sianida yang sesuai. Penutupan tambang mungkin membutuhkan perhatian spesifik dalam membersihkan sianida termasuk produk-produk penguraiannya.

---

### 5.1 Kesehatan dan keselamatan sianida

Keselamatan para pekerja dan tanggung jawab atas penggunaan sianida dalam pertambangan adalah masalah yang berhubungan erat yang sejalan dengan pelaksanaan praktek kerja unggulan di tempat kerja. Penerimaan oleh masyarakat pasti akan memberikan efek positif terhadap persepsi dan pandangan terhadap potensi dampak penggunaan sianida dalam pertambangan pada lingkungan.

Pemahaman mengenai prinsip keracunan sianida berikut (Kotak 3) memberikan latar belakang yang penting dalam pelaksanaan praktek kesehatan dan kebersihan.

### Kotak 3: Toksisitas sianida

Prinsip dari keracunan sianida sebagai latar belakang untuk melaksanakan praktek kesehatan dan kebersihan adalah:

- n Sianida merupakan racun bagi manusia dan spesies binatang karena sianida mengikat enzim kunci mengandung besi yang diperlukan bagi sel untuk menggunakan oksigen. Tubuh akan kekurangan oksigen dan mengalami sesak nafas, walaupun ada oksigen yang tersedia. Kerusakan yang cepat pada sistem saraf pusat dan jantung adalah akibat dari menghirup sianida kadar tinggi dalam waktu singkat.
- n Keracunan sianida dapat mengakibatkan kematian. Gejala dari paparan akut meliputi sesak nafas, detak jantung yang cepat, gerakan yang tidak terkendali, kejang dan koma. Penanganan efektif untuk keracunan sianida (Kotak 7) sangat bergantung pada kecepatan dan profesionalitas respons medis.
- n Individu yang terpapar dalam dosis di bawah kadar mematikan mungkin mengalami sesak nafas, sakit di dada, muntah dan sakit kepala yang akan sepenuhnya pulih. Dosis yang mendekati kadar mematikan dapat memberikan efek yang permanen.
- n Dampak kesehatan dan gejala dari keracunan sianida tidak bergantung dari rute paparan; yaitu, sifatnya serupa baik sianida itu terhirup, tertelan atau terserap melalui kulit.
- n Ada keragaman yang besar dalam efek dosis sianida terhadap spesies mamalia yang berbeda (Environment Australia 2003, Hartung 1982; Richardson 1992).

Adalah penting bahwa prosedur keselamatan dikomunikasikan kepada para pekerja melalui pelatihan praktis dan ditinjau serta diperbarui jika diperlukan. Toksisitas hidrogen sianida bagi manusia dibandingkan dengan gas beracun lainnya diberikan pada Tabel 3.

**Tabel 3: Toksisitas gas beracun industri dibandingkan dengan hidrogen sianida pada manusia (diadaptasi dari Richardson 1992).**

GAS BERACUN	NILAI AMBANG BATAS (PPM)	BATAS JANGKA-PENDEK (PPM)
Klorin	0.5	1
Sulfur dioksida	2	5
Nitrogen dioksida	3	5
Hidrogen sianida	5	10
Hidrogen sulfida	10	10
Karbon monoksida	25	300

Peraturan penggunaan sianida dalam pertambangan di Australia diberikan oleh pemerintah tingkat negara bagian atau teritori. Aspek-aspek penggunaan sianida tercakup dalam bagian yang berbeda dari undang-undang, yang mencerminkan jenis risiko dan kegiatan yang terlibat (seperti undang-undang tentang racun, barang berbahaya, pengangkutan, keselamatan tambang dan perlindungan lingkungan). Situasi ini sering terjadi pada wilayah hukum di seluruh dunia, di mana tidak ada satu pun undang-undang khusus mengenai penggunaan sianida. Sangat penting bagi manajer tambang untuk memahami dengan baik undang-undang yang mengatur pembelian, penyimpanan, pengangkutan, dan pemantauan sianida di negara bagian atau wilayah mereka.

Sianida termasuk dalam basis data Internet yang dapat diakses oleh publik, seperti National Pollutant Inventory (Australia), National Pollutant Release Inventory (Kanada), dan Toxics Release Inventory (Amerika Serikat). Data ini menyediakan informasi secara luas mengenai tipe dan jumlah polusi yang berada di udara, tanah, dan air yang ada di negara tersebut.

#### 5.1.1 Masalah keselamatan umum (lakukan ini untuk keselamatan)

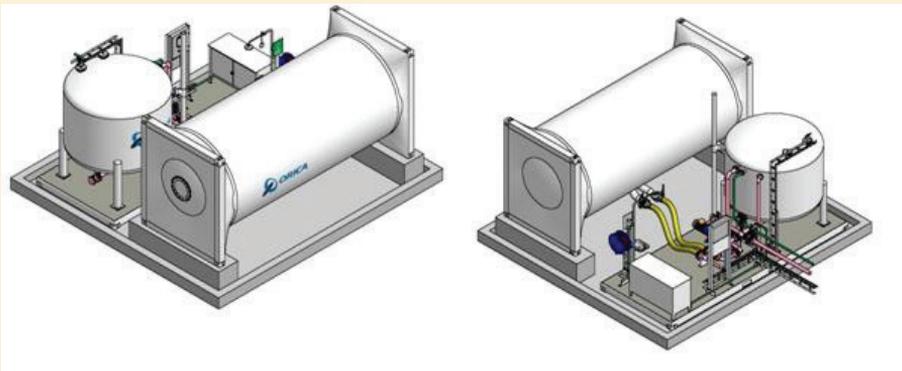
- n Kebijakan - suatu program keselamatan akan gagal apabila tidak mendapat dukungan dari manajemen tingkat atas. Oleh karena itu, manajer tambang yang paling senior sebaiknya membuat pernyataan kebijakan yang menekankan komitmen penuh dari manajemen untuk ikut serta, dalam program umum keselamatan termasuk di dalamnya pengelolaan sianida.
- n Penyelidikan kecelakaan - peristiwa tidak terduga kerap terjadi di dalam sistem yang terencana dan dikelola dengan baik. Menjadi sangat penting untuk menyelidiki dan belajar dari kecelakaan-kecelakaan seperti itu.
- n Komunikasi - jalur komunikasi yang efektif sangat penting dalam mengelola sistem keselamatan. Struktur organisasi, yang disadari oleh semua staf, harus dikembangkan untuk memastikan komunikasi yang cepat, efektif dan jelas. Hal ini penting untuk memungkinkan berjalannya arus informasi 'bawah ke atas' maupun 'atas ke bawah'. Komunikasi sebaiknya diperluas melalui kerja sama dengan produsen kimia, palayanan darurat, polisi, pemadam kebakaran, lembaga masyarakat, dan pihak berwenang.
- n Kesiapan tanggap darurat-orang-orang yang bertanggung jawab atas tindakan darurat sebaiknya telah diinstruksikan dan dilatih secara penuh. Latihan tidak terjadwal dan simulasi darurat sebaiknya dilakukan secara rutin. Lembar Data Keselamatan Material (MSDS) dan lembar prosedur darurat harus dipasang di tempat yang tepat.
- n Inspeksi baik yang terencana maupun mendadak harus dilakukan secara teratur untuk memeriksa prosedur dan peralatan penting.
- n Pelatihan - semua pengawas sebaiknya dilatih secara formal sesuai prinsip keselamatan. Pelatihan teoritis dan praktis harus diberikan kepada petugas yang tepat sehingga mereka memahami peran keselamatan dan tanggung jawab yang harus dipandang sebagai satu kesatuan, bukan tambahan, untuk peran produksi atau manajemen.

## STUDI KASUS: Pengembangan proses pencampuran sianida semburan kecil / mini-sparge di tambang emas Beaconsfield

Fasilitas Yarwun milik Orica, yang berlokasi sekitar delapan kilometer dari Gladstone, Queensland beroperasi sejak tahun 1989 dan bergerak dalam produksi sianida padat dan cair. Sianida yang diproduksi di fasilitas Yarwun Orica dikemas dan dikirim dengan tiga cara di mana tiap produk memiliki aplikasi khusus sendiri (yaitu, briket sianida semburan padatan, IBC-briket sianida padatan dan kontainer tangki ISO untuk cairan sianida).

Saat ditugaskan pada tahun 1999, tambang emas Beaconsfield di Tasmania menerima sianida dalam kontainer IBC berkapasitas 21 ton yang diangkut dengan kontainer laut. Setibanya di lokasi, kontainer IBC dibongkar ke dalam tempat penyimpanan senyawa yang terkunci di dalam fasilitas pengolahan. Saat larutan sianida dibutuhkan untuk pengolahan, sebuah kotak satu ton diambil dari fasilitas penyimpanan tersebut di mana dua operator dengan alat perlindungan diri (PPE) lengkap, termasuk masker gas, mencampur sianida di dalam area yang di barikade. Kantung-kantong sianida dikeluarkan dari kotak kayu dan diangkat menggunakan derek udara menuju wadah pencampuran di mana bagian bawah kantung dipaku untuk mengeluarkan sianida dari dalam kantung menuju wadah yang diagitasi dan sebagian telah terisi dengan air untuk melakukan pelarutan.

Pertimbangan utama dalam menggunakan sianida di tambang emas Beaconsfield adalah bagaimana cara efektif mengelolanya sehingga tidak menimbulkan risiko atau membahayakan lingkungan atau kehidupan manusia. Sebuah analisis keselamatan kerja dilakukan untuk mengidentifikasi bahaya kesehatan dan keselamatan pada prosedur pencampuran sianida. Beberapa masalah yang diidentifikasi adalah produksi debu, tumpahan, pembuangan kotak kosong dan kantung sianida, dan masalah keamanan saat menangani kotak. Proses ini menyoroti berbagai area untuk perbaikan, dengan satu-satunya cara adalah memperbaiki keberadaan sistem untuk mengubah cara pengiriman sianida ke lokasi tambang. Melalui konsultasi antara ORICA dan perwakilan teknis Beaconsfield, konsep sistem Minisparge™ telah dikembangkan.



Sumber gambar: Orica Limited

Kontainer-iso dengan kapasitas 22 ton dibongkar muat ke atas pondasi yang berdekatan dengan tangki semburan 5000 liter. Selang digunakan untuk menghubungkan wadah penyembur ke tangki penyembur di mana air disirkulasikan dalam beberapa proses untuk melarutkan sianida dan, setelah waktu yang telah ditentukan, cairan sianida ditransfer ke tangki penyimpanan tambang untuk digunakan lebih lanjut.

Proses inovatif dan penghentian dari sistem Minisparge sianida telah menghasilkan manfaat berikut untuk operasi Beaconsfield:

- n mengurangi tingkat risiko untuk pencampuran sianida di lokasi tambang melalui rekayasa larutan keluar daripada bergantung pada kontrol administratif dan PPE.
- n mengurangi risiko keselamatan dan lingkungan untuk pengangkutan, penyimpanan, serta penggunaan.

Sistem semburan-kecil sekarang digunakan oleh operasi tambang di Australia yang memiliki konsumsi sianida tingkat rendah (<1000 ton per tahun), termasuk pabrik pengolahan logam dasar yang menggunakan sianida sebagai depresan dalam tahap pengapungan.

### 5.1.2 Pencegahan insiden sianida

Pengangkutan, penyimpanan, penggunaan dan pembuangan sianida di lokasi tambang dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan. Pengelolaan praktek kerja unggulan sianida mensyaratkan bahwa risiko kerusakan diminimalkan dengan memahami sifat-sifat sianida. Tujuan utamanya adalah untuk:

- n menggunakan jumlah minimum sianida yang dibutuhkan untuk pengambilan logam
- n membuang sianida dengan cara yang dapat menghilangkan atau meminimalkan dampak lingkungan
- n memantau semua operasi, pembuangan dan lingkungan untuk mendeteksi adanya kelebihan sianida.

Berdasarkan kajian tumpahan terkait-sianida dalam seperempat abad terakhir (Mudder dkk, 2001), disebabkan antara lain karena tidak adanya:

- n keseimbangan air yang dinamis di lokasi tambang dan rencana pengelolaan air yang komprehensif
- n kemampuan dalam pelaksanaan pengolahan air yang tidak tepat
- n integritas dan penampungan sekunder dalam sistem pengangkutan larutan (tangki penyimpanan, sistem pencampuran, jaringan pipa atau saluran serta air yang tercemar-sianida dapat mengalir).

Tumpahan yang berdampak pada lingkungan dikaitkan terutama pada efek racun terhadap kehidupan air sebagai hasil dari sianida yang masuk melalui air permukaan atau bahan kimia penetral itu sendiri, seperti kelebihan penggunaan klorin, natrium atau kalsium hipoklorit.

Pengelolaan sianida berhubungan erat dengan praktek kerja unggulan berkelanjutan dalam pertambangan, terutama pengelolaan air, penyimpanan dan penanganan material berbahaya, pemantauan lingkungan, tanggap darurat, kesadaran dan pelatihan tenaga kerja, pembersihan lokasi yang tercemar, rehabilitasi tambang, dan pengelolaan risiko. Pendekatan praktek kerja unggulan mengenai masalah ini didiskusikan dalam buku pedoman Water Management (DRET 2008b) dan Tailing Management (DITR2007a). Lihat juga Studi kasus 4.

Audit lingkungan secara rutin merupakan alat yang sering digunakan oleh para operator dan pembuat peraturan untuk menilai kualitas dan hasil dari sistem pengelolaan lingkungan di pertambangan. Audit memeriksa kecukupan tujuan tingkat tinggi dan tingkat operasional, sasaran, rencana dan sistem, dan yang paling utama adalah menentukan sebaik apa keterhubungan pengaturan ini. Relevansi khusus untuk sianida adalah integrasi operasional dari keselamatan pekerja dan standar pemantauan lingkungan, pengaturan operasional untuk sistem pengelolaan air, kesadaran dan pelatihan pekerja, dan prosedur tanggap darurat.

Secara umum, audit kesehatan, keselamatan, lingkungan dan masyarakat (HSEC) menyangkut lima langkah yang berbeda namun saling terkait (Greeno dkk 1988; Fox 2001b):

- n Memahami sistem dan prosedur pengelolaan fasilitas (pihak yang bertanggung jawab) yang sudah ada
- n Menilai kekuatan pengendalian internal fasilitas
- n Mengumpulkan bukti melalui kunjungan lokasi tambang dan wawancara yang konsisten dengan tujuan audit
  
- n Mengevaluasi temuan dan pengecualian audit terhadap sistem dan prosedur manajemen.
- n Melaporkan temuan dan pengecualian audit.

Meskipun kemungkinan terjadinya insiden sianida yang besar dapat dianggap oleh sebagian pihak tidak mungkin terjadi, semua operasi-operasi pertambangan yang menggunakan sianida berkewajiban untuk memastikan bahwa sistem dan prosedur pengelolaan sianida HSEC memadai untuk melindungi karyawan, masyarakat dan lingkungan dari konsekuensi yang merugikan dari kecelakaan. Semua perusahaan tambang yang menggunakan sianida harus melakukan tinjauan risiko strategis praktek pengelolaan sianida di lokasi tambang dengan menggunakan prosedur audit HSEC yang tepat untuk mengevaluasi apakah pelatihan, prosedur pengangkutan dan penanganan, praktek operasi dan desain rekayasa yang ada terjaga dengan baik dan dikaji secara rutin untuk meminimalkan kemungkinan kecelakaan.

Setiap rencana tanggap darurat sebaiknya diperbarui dan diuji secara rutin untuk perbaikan. Menyangkut persepsi publik mengenai bahaya dan risiko penggunaan sianida, para ahli yang terlatih sebaiknya selalu siap untuk berkomunikasi dengan media dan pihak yang bertanggung jawab, terkait lokasi fasilitas atau tingkat keparahan dari kecelakaan. (Fox 2001b).

### 5.1.3 Pedoman pengaturan dan pemeliharaan yang tepat untuk menjamin praktek kerja unggulan

Praktek kerja unggulan dalam pengelolaan sianida menyatakan cara terbaik dalam melakukan sesuatu untuk meminimalkan dampak risiko terhadap masyarakat dan lingkungan. Kode dirancang untuk menjadi relevan untuk semua lokasi tambang tanpa memperhatikan iklim; geografi; mineralogi; metalurgi; sistem operasional; dan politik, peraturan, dan lingkungan masyarakat.

Elemen utama dari praktek kerja unggulan adalah pentingnya kesadaran bahwa tindakan dan sistem praktek kerja unggulan yang tepat akan berubah dari waktu ke waktu. Operator perlu menyadari perlunya pemeriksaan ulang sistem-sistem yang ada secara rutin untuk memastikan sistem tersebut dimodifikasi dengan tepat dalam kaitannya dengan:

- n perubahan dalam sistem operasional dan parameter selama siklus hidup tambang mulai dari tahap desain, pengembangan, operasional dan penghentian sebuah tambang.
- n perubahan dalam karakteristik bijih atau spesifikasi produk
- n indikasi keefektifan dari sistem pengelolaan sianida dalam tingkat perlindungan yang disediakan bagi manusia dan lingkungan, berdasarkan interpretasi dari data pemantauan
- n perbaikan teknologi yang mencakup semua aspek mulai dari pasokan, pengiriman, penyimpanan, penggunaan, daur ulang, pengolahan, dan pembuangan sianida
- n Adanya perubahan dalam persyaratan peraturan atau pedoman yang dilakukan oleh pihak berwenang; sebagai contoh, berkaitan dengan konsentrasi sianida di berbagai jenis badan air, batas pelepasan, penarikan sampel dan metode analisis, dan pemantauan lokasi, frekuensi dan interpretasi
- n umpan balik dan kekhawatiran dari pihak berwenang, kelompok pemangku kepentingan dan masyarakat setempat.

Salah satu sistem yang memberikan jaminan bahwa praktek unggulan sedang dilakukan selama waktu hidup operasi pertambangan jangka-panjang adalah 'tolok ukur'. Tolok ukur adalah alat pengukur kinerja yang digunakan dalam hubungannya dengan inisiatif perbaikan untuk mengukur kinerja operasi komparatif dan mengidentifikasi praktek-praktek terbaik, atau untuk mengidentifikasi operator 'terbaik' untuk kegiatan tertentu. Teknik tolok ukur yang tepat melibatkan identifikasi operator utama, penelitian terhadap kinerja operator, pengumpulan data, dan kunjungan lapangan untuk bertemu dengan operator utama. Tolok ukur memiliki banyak unsur yang sama dengan Pengukuran Kualitas Total /Total Quality Measurement (TQM) dan rekayasa ulang. Tolok ukur mensyaratkan kinerja yang akan diukur, dan pengukuran tersebut akan digunakan sebagai panduan untuk meningkatkan pengelolaan sianida.

## 5.2 Penilaian risiko

Alat manajemen dan komunikasi dapat dikembangkan dengan cara melakukan penilaian risiko yang diterapkan untuk mengendalikan berbagai dampak dari penggunaan bahan kimia seperti penggunaan sianida (Ricci 2006). Penilaian risiko dibentuk dalam beberapa langkah indentifikasi sumber dan bahaya, tanggapan dan paparan dosis, dan menghitung risiko (AS 2004). Ada sejumlah konsep pengelolaan risiko yang muncul dari paparan sianida di pertambangan emas yang berlaku untuk kesehatan publik dan lingkungan yang dapat diterima oleh pihak berwenang, para pemangku kepentingan dan patuh terhadap Kode.

Risiko yang berkaitan dengan sianida harus dihubungkan dengan rencana pengelolaan risiko lingkungan untuk memastikan semua potensi bahaya bagi para pekerja, masyarakat dan lingkungan telah diminimalkan mulai dari tingkat perencanaan, pengembangan, operasional dan penutupan tambang. Sistem-sistem untuk pengelolaan risiko dijelaskan dalam buku pedoman Penilaian dan Pengelolaan Risiko (DRET 2008a)

Terdapat beberapa skenario risiko utama untuk penggunaan sianida di pertambangan yang dijelaskan dalam Kode (ICMI 2006) yang perlu ditangani melalui rencana yang dikhususkan untuk setiap lokasi:

- n paparan tenaga kerja terhadap sianida yang berhubungan dengan produksi, pengangkutan, penanganan dan penyimpanan, dan semua aktifitas operasional dan penghentian
- n melindungi kesehatan pekerja dengan mengidentifikasi jalur paparan sianida; mengoperasikan dan memantau fasilitas secara aman dengan menghilangkan atau mengurangi sumber; serta memiliki rencana tanggap darurat
- n paparan manusia (selain tenaga kerja) dan biota lainnya terhadap pelepasan sianida dari produksi, transportasi, penanganan dan penyimpanan, dan semua aktifitas operasional dan penghentian
- n paparan pada manusia, hewan ternak dan biota lainnya melalui pelepasan sianida dalam larutan ke air permukaan atau air tanah dan selanjutnya mungkin dapat masuk ke sistem pencernaan..

Studi paparan biota mungkin perlu mempertimbangkan jenis sianida dan ketersediaan hayatinya. Penilaian kualitas air minum dilakukan dengan mengikuti prosedur yang dibuat oleh Australian Drinking Water Guidelines (NHMRC 2004), yang berdasarkan pada AS / NZS 4360:2004 (AS 2004).

Prosedur yang diterima saat ini dalam Australia of the Department of Health and Aged Care untuk kesehatan manusia (eNHealth 2004) dan USEPA untuk kesehatan ekologi (USEPA 1998) memungkinkan pendekatan yang dirumuskan dari penilaian risiko untuk diterapkan bila diperlukan (Ricci 2006). Ada dua langkah yang berurutan: penilaian dilakukan terlebih dahulu lalu alat manajemen dikembangkan berdasarkan risiko yang teridentifikasi. Jika penilaian risiko lengkap tidak dilakukan karena alasan praktis maka alat pembuat keputusan dikembangkan untuk memberikan kerangka kerja berbasis risiko.

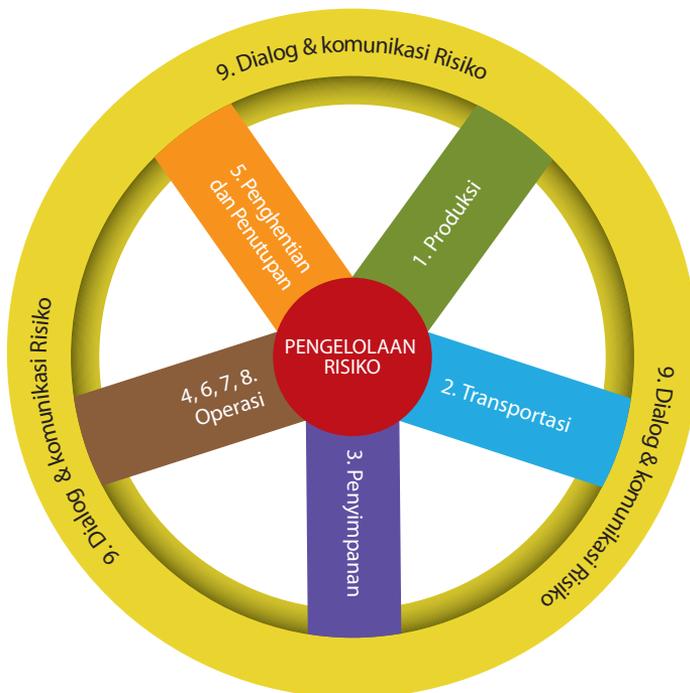
Penilaian risiko merupakan salah satu bagian dari prosedur terstruktur dalam pengelolaan risiko yang diperlukan untuk menganalisis risiko, menilai risiko, dan menangani risiko. Langkah pertama dari penilaian risiko adalah identifikasi bahaya.

Tersedia beberapa kerangka kerja yang komprehensif untuk penilaian risiko ekologis dan penilaian risiko kesehatan manusia yang berhubungan dengan bahan kimia dan pencemaran seperti Australian National Environmental Protection Measures (NEPMs; NEPC 1999) dan USEPA (1998). Prosedur penilaian risiko yang tepat untuk sianida di industri pertambangan dijelaskan oleh Logsdon dkk (1999).

### 5.3 Cara menerapkan Kode

Bagian ini menguraikan secara dalam dan luas rincian persyaratan yang dibutuhkan untuk melaksanakan dan memelihara sertifikasi Kode untuk lokasi tambang. Gambar 2 menampilkan skema langkah-langkah di mana dialog dan komunikasi risiko sangat penting untuk prinsip-prinsip Kode.

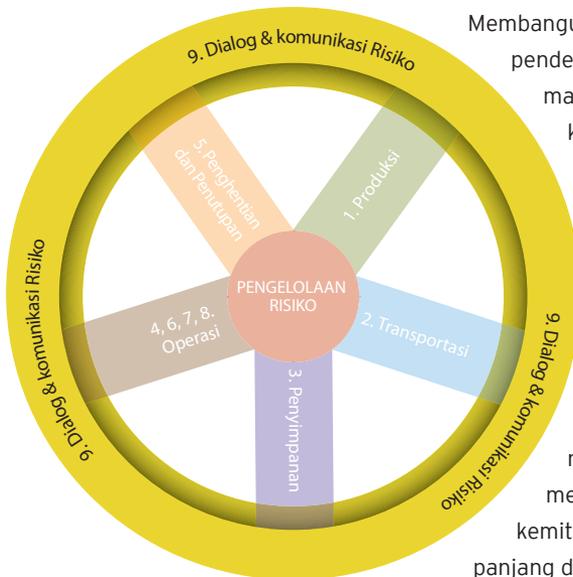
**Gambar 2: Lingkaran Penerapan Kode**



### 5.3.1 Dialog dan komunikasi resiko

Kode mensyaratkan bahwa standar praktek ditetapkan untuk konsultasi dan pengungkapan publik. Standar-standar ini bertujuan untuk:

- n memberikan para pemangku kepentingan kesempatan untuk mengkomunikasikan masalah yang dikhawatirkan dan mengatasi masalah tersebut
- n mengkomunikasikan pengelolaan krisis dan prosedur pengelolaan sianida
- n mencari umpan balik melalui dialog proaktif.



Membangun program pendidikan dan pendekatan publik yang efektif dengan masyarakat lokal adalah penting untuk keberhasilan jangka panjang perusahaan (Community Engagement and Development Handbook, DITR 2006a). Setiap operasi tambang harus menganggap dirinya sebagai tamu yang diundang di negara dan masyarakat di mana ia sedang dikembangkan. Tindakan operasi dan hubungan interaktif dengan masyarakat setempat harus saling menguntungkan. Saling menghormati, kemitraan yang aktif dan komitmen jangka panjang dengan masyarakat setempat selama siklus hidup tambang adalah tujuan utama bagi

program keterlibatan masyarakat dan pemangku kepentingan di tambang manapun.

Pandangan negatif masyarakat terhadap sianida terus berlanjut, ditambah dengan masalah pengelolaan risiko operasional dan lingkungan yang terkait dengan transportasi dan penggunaannya. ICMC mengakui pentingnya tantangan dalam Prinsip 9: Dialog. Komunikasi risiko dan keterlibatan masyarakat tersirat dalam prinsip-prinsip ICMC yang lain, oleh karena itu komunikasi direpresentasikan sebagai prinsip yang tercakup dalam Lingkaran Kode.

Berlandaskan pada Prinsip 9 dari ICMC, Kotak 4 mengidentifikasi serangkaian langkah-langkah yang harus dilakukan sebagai bagian dari penilaian komunikasi risiko khusus-lokasi. Operasi pertambangan dan perusahaan dengan para pemangku kepentingan adat disebutkan di dalam buku pedoman Bekerja dengan Masyarakat Adat / Working with Indigenous Communities (DITR 2007b); dan teknik untuk membangun keterlibatan masyarakat dijelaskan dalam buku pedoman Keterlibatan dan Pembangunan Masyarakat / The Community Engagement and Development (DITR 2006a).

Contoh-contoh pendekatan keterlibatan masyarakat tersedia dalam studi kasus Waihi dan CSBP.

## **STUDI KASUS: Komunikasi risiko Waihi dan konsultasi pengelolaan sianida para pemangku kepentingan**

### **Pendahuluan**

Newmont Waihi Gold (NWG) mengelola tambang Waihi, yang berdekatan dengan kota Waihi, dengan populasi sekitar 4700 orang, yang terletak 150 kilometer ke tenggara dari Auckland, Selandia Baru. Fasilitas yang ada meliputi lubang terbuka Martha, tambang bawah tanah Favona, pabrik pengolahan dan dua fasilitas penyimpanan tailing (TSF). Operasi ini mempekerjakan sekitar 300 karyawan dan pekerja kontrak.

Komitmen terhadap Kode Sianida dibuat oleh Newmont Mining Corporation pada tahun 2005. Newmont merupakan salah satu dari 14 penandatanganan awal untuk Kode. Audit Kode Sianida telah dilakukan oleh Golders mulai dari tanggal 18 hingga 22 Juni 2007.

Studi kasus ini menyajikan berbagai proses komunikasi yang dimulai oleh NWG untuk mempertahankan hubungan positif dengan pemangku kepentingan kunci dan membahas masalah-masalah yang menjadi perhatian bersama, salah satunya adalah pengelolaan yang aman untuk pengangkutan, penyimpanan dan penggunaan sianida.

### **Konsultasi**

Pejabat penghubung perusahaan ditunjuk pada tahun 1998 sebagai syarat kondisi yang disetujui. Tujuan dari peran ini adalah:

- n penghubung antara masyarakat (termasuk Maori), manajemen dan staf dan pihak yang berwenang
- n menanggapi dan menyelidiki keluhan dan kekhawatiran yang muncul
- n menginformasikan kepada publik kegiatan yang terjadi di tambang menggunakan informasi tertulis, berita yang diperbarui secara rutin, dan kunjungan pribadi.

Perusahaan berkonsultasi dengan masyarakat dan kelompok masyarakat setempat, tangata whenua dan otoritas Iwi yang sesuai, dewan lokal dan regional, dan departemen dan instansi pemerintah.

### **Pusat Informasi Waihi**

Newmont berperan dalam mendirikan Pusat Informasi Waihi yang dibangun oleh perusahaan pada tahun 1990. Sekarang terletak di lokasi yang baru di bagian atas Seddon Street. Tempat ini melayani pengunjung, memberikan informasi dan brosur yang berkaitan dengan tempat-tempat wisata di seluruh Selandia Baru, namun fokus pada Waihi dan daerah sekitarnya.

### **Golden Legacy Centre dan Newmont Mine Interpretation Centre**

Sebuah pusat informasi tambang bernama Golden Legacy Centre di Moresby Avenue dibangun pada tahun 2003. Pusat ini menyediakan pameran fotografi dan sejarah, video

dan model yang menjelaskan proses penambangan, mulai dari pengambilan sampel geologi dan pengujian untuk penggalan, pengolahan, dan ekstraksi logam mulia. Pameran ini juga menguraikan pemantauan lingkungan, rehabilitasi progresif dan rencana penutupan. Informasi mengenai program bawah tanah Favona dan program eksplorasi yang sedang berjalan di dan sekitar Waihi tersedia di pusat dan anggota staf tersedia untuk menjawab pertanyaan. Pada tahun 2007, fasilitas digabungkan dengan Waihi Information Centre dan terbentuklah Mine Information Centre (MIC) yang baru. MIC telah dirancang ulang untuk memberikan sejumlah tampilan interaktif bergerak dan statis bagi para pengunjung.

### **Pendidikan**

Hubungan antara perusahaan dan lembaga pendidikan telah berkembang pesat. Tambang Martha merupakan tujuan populer untuk berbagai macam kelompok pendidikan. Studi tentang pertambangan emas merupakan bagian dari silabus sekolah menengah untuk pelajaran geografi, sejarah, ilmu pengetahuan, ekonomi dan teknologi. Taman kanak-kanak, sekolah dasar dan menengah mempelajari aspek pertambangan emas sebagai topik pusat perhatian dan sebagai bagian dari kurikulum teknologi. Mahasiswa dari universitas dan politeknik mengunjungi tambang sebagai bagian dari pelajaran geologi, ilmu lingkungan, hukum lingkungan, dan pariwisata mereka. Bahan sumber pendidikan disediakan oleh perusahaan.

### **INISIATIF KOMUNIKASI KHUSUS SIANIDA**

#### **Latihan tanggap darurat sianida di tambang Martha**

Tim Penyelamat Tambang Martha terdiri dari 18 anggota yang dikumpulkan dari semua area tambang. Semua anggota adalah sukarelawan dan melaksanakan peran sebagai penyelamat tambang disamping tugas mereka sehari-hari. Tim ini telah berpartisipasi dalam berbagai pelatihan dengan Pelayanan Darurat termasuk Pemadam Kebakaran, Pertahanan Sipil, Polisi, Penjaga Pantai, dan Penyelamat Peselancar.

Sekitar 75 liter sianida, yang terdiri dari 30 persen larutan elektrolit yang sudah terpakai, disimpan di lokasi. 60 kotak berisi sianida dalam bentuk padatan dan cairan disimpan sebagai cadangan darurat. 28000 liter dikirimkan menggunakan tangki air. Pabrik pengolahan menggunakan 0,8 kilogram hingga satu kilogram per ton sianida per minggu. Sekitar 300 miligram per liter sianida selalu ada dalam sistem setiap saat.

Pertemuan penghubung dan latihan tanggap dilakukan secara berkala untuk memastikan bahwa staf tambang dan kontraktor, tim manajemen, tim penyelamat tambang dan tanggap darurat lokal dan penyedia layanan medis memiliki pemahaman praktek pengelolaan insiden yang efektif yang melibatkan sianida, memahami kemampuan masing-masing, dan dapat bekerja sama secara efisien.

### **Penghubung layanan darurat 31 Juli 2004**

Tim penyelamat tambang setiap tahunnya berhubungan dengan para penyedia layanan darurat dan penyedia layanan medis untuk memastikan bahwa mereka:

- n memahami dengan baik semua akses lokasi dan rute akses lokasi alternatif, dan tahu bagaimana menggunakannya
- n memiliki pengetahuan tentang tata letak lokasi tambang, jalan masuk / jalan keluar, dan lokasi konsentrasi dan penggunaan semua bahan berbahaya, termasuk semua utilitas, pasokan bahan bakar dan titik isolasi
- n memiliki pengetahuan tentang lokasi hidran air darurat, obat-obatan dan infrastruktur lainnya, peralatan atau sumber daya yang mungkin mereka perlukan untuk diakses
- n mengetahui lokasi windsock untuk memeriksa terbawanya bahan berbahaya oleh angin
- n memahami prosedur darurat NWG dan prosedur evakuasi
- n memahami dengan baik protokol-protokol komunikasi lokasi NWG (contohnya, saluran darurat tim penyelamat)
- n akrab dengan staf NWG dan tanggung jawab dan fungsi darurat
- n memahami dengan baik peran dan kemampuan tim penyelamat tambang
- n memahami dengan baik peralatan penyelamatan tambang dan kesesuaian dengan sumber daya mereka sendiri
- n memahami dan siap untuk kemungkinan skenario darurat sianida
- n mengetahui lokasi obat-obatan.

Anggota staf dari pusat kesehatan lokal juga mengkaji keterampilan, kemampuan, peralatan dan prosedur mereka demi kepentingan anggota tim penyelamat tambang.

### **Cyanide Kit Doctor Pack dan SOP 31 Januari 2007**

Sebuah paket informasi disediakan untuk para dokter dan pusat kesehatan yang terletak di Waihi dan komunitas pendamping. Paket informasi ini berisi salinan prosedur NWG untuk pertolongan pertama darurat dan penanganan medis untuk keracunan sianida.

Prosedur ini juga tersedia di gerbang keamanan situs Baxter Road dan di ruang pertolongan pertama. Kit ini juga berisi informasi mengenai tempat tiga kit penanganan keracunan sianida dan pedoman untuk penanganan dan perawatan medis profesional.

#### **Kotak 4: Panduan keterlibatan masyarakat dan pemangku kepentingan untuk pengelolaan sianida.**

- n **Identifikasikan** masyarakat dan para pemangku kepentingan yang berpotensi terkena dampak penanganan dan pengangkutan sianida termasuk di sepanjang jalur transportasi.
  - n Masyarakat dan para pemangku kepentingan dapat mencakup masyarakat yang terletak di sekitar operasi maupun yang terletak di sepanjang jalur pengangkutan, instansi pemerintah dan penyedia layanan, LSM, dan karyawan.
- n **Lakukan penilaian** risiko terhadap masyarakat dan para pemangku kepentingan dan mengevaluasi proses keterlibatan yang tepat sasaran.
  - n Lakukan pemetaan masyarakat dan para pemangku kepentingan, identifikasi konteks hubungan operasional, dan menilai profil risiko (potensial atau dirasakan).
- n **Melibatkan diri** dengan masyarakat dan para pemangku kepentingan untuk memberikan informasi penting dengan cara yang jelas dan dapat diakses. Berikan mekanisme dua-arah yang tepat untuk umpan balik masyarakat dan mempromosikan dialog yang transparan, terbuka.
  - n Bertujuan untuk mendidik, menginformasikan dan meyakinkan, menyoroti peraturan dan kerangka kerja tanggap darurat.
- n **Mendengarkan** kekhawatiran, mengatasi kekhawatiran, dan membangun kepercayaan melalui dialog.
  - n Tepat waktu dan responsif.
- n **Secara teratur memantau** dan mengkaji strategi keterlibatan dan mengevaluasi efektivitas terhadap umpan balik masyarakat.

#### **STUDI KASUS: Keterlibatan masyarakat CSBP**

Studi kasus ini menguraikan manfaat-manfaat pendekatan inklusif keterlibatan masyarakat yang sedang berlangsung, seperti penentangan terhadap proyek oleh penghubung proyek. Sejak 1988, CSBP telah melakukan produksi dan distribusi larutan natrium sianida bersama dengan Coogee Chemicals Pty Ltd. Dalam usaha patungan ini, dimana CSBP Limited dikenal sebagai Australian Gold Reagents Pty Ltd (AGR) memiliki saham 75 persen.

Konsultasi masyarakat merupakan bagian penting dari keberhasilan bisnis AGR karena izin usahanya ditopang oleh dukungan masyarakat. Konsultasi memungkinkan masyarakat dan bisnis untuk melangkah ke depan dengan pengambilan keputusan yang didasari informasi yang lebih banyak, yang akhirnya menghindari kesalahpahaman dan mengurangi penundaan. Hal ini ditunjukkan pada tahun 2005 di mana CSBP berencana memperluas pabrik natrium sianida padat di lokasi tambangnya di Kwinana. Mengingat sifat dan skala perluasan pabrik yang diusulkan, AGR menyadari kebutuhannya untuk memastikan bahwa hal ini sudah dikonsultasikan dengan masyarakat lokal. Perluasan

yang diusulkan telah dikomunikasikan kepada para pemangku kepentingan lokal dengan menggunakan berbagai mekanisme yang sudah mapan dan merupakan komponen penting dari proses persetujuan perluasan pabrik.

Sebagai contoh, informasi secara rutin diberikan kepada masyarakat setempat mengenai operasi perusahaan melalui nawala masyarakat dan media lokal. Setiap tahun, perusahaan menerbitkan laporan berkelanjutan yang didistribusikan kepada para pemangku kepentingan masyarakat, sekolah dan perpustakaan. Berbagi informasi bisnis secara rinci akan membangun kepercayaan atas hubungan pihak perusahaan dan masyarakat yang sangat penting untuk kesuksesan dan partisipasi berkelanjutan kami di wilayah tersebut.

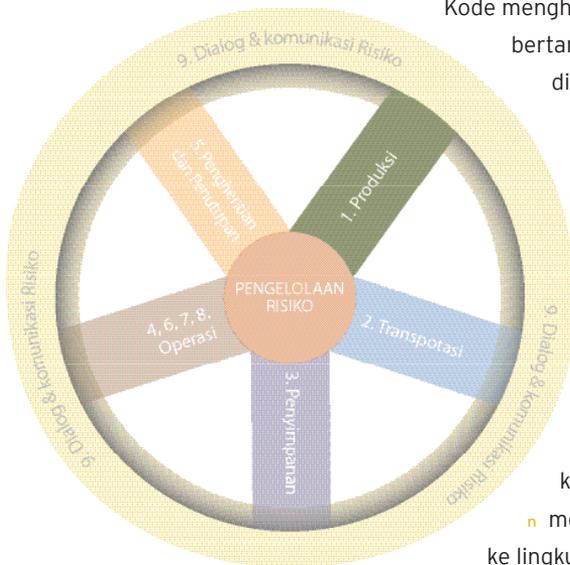
Selain itu, perusahaan secara rutin bertemu masyarakat lokal, pemerintah dan pemangku kepentingan industri dalam acara dua-bulanan Communities and Industries Forum (CIF). Sebagai forum independen yang dimoderasi, yang terbuka untuk umum, hubungan yang dikembangkan antara semua pihak melalui CIF memberikan kesempatan kepada perusahaan seperti AGR untuk menjaga pemangku kepentingan tetap mendapatkan informasi terbaru mengenai operasi bisnis, dan juga untuk mendengarkan dan menanggapi kekhawatiran masyarakat. Informasi tentang usulan perluasan disajikan di forum ini, yang memberikan umpan balik dan menunjukkan keprihatinan masyarakat yang paling mendesak tentang proyek tersebut.

AGR, melalui agen operasi CSBP, juga diwakili di tingkat industri di Kwinana Industries Council (KIC). KIC juga secara aktif terlibat dalam konsultasi masyarakat dan memberikan beberapa inisiatif untuk meningkatkan dan memperkuat dialog antara masyarakat dan industri. Salah satu inisiatif ini adalah pelayanan informasi masyarakat berbasis-telepon. Anggota masyarakat dapat mendengar informasi terakhir mengenai keselamatan publik, masalah lingkungan dan lainnya. Melalui layanan ini, AGR memberitahu masyarakat setempat tentang prosedur standar operasional (seperti pembukaan dan penutupan pabrik) dan pembaruan bisnis.

Dengan menggunakan mekanisme di atas selama periode waktu tertentu, masyarakat setempat telah membangun pemahaman yang lebih besar dari bisnis AGR, yang pada gilirannya, membantu keterlibatan masyarakat dan proses persetujuan untuk pengembangan pabrik natrium sianida padat yang diusulkan. Karena AGR memahami kekhawatiran masyarakat pada tahap awal proses dan sanggup untuk mengatasinya melalui jalur komunikasi yang telah dibangun, akhirnya proses persetujuan berjalan sesuai jadwal dan tanpa biaya penundaan yang mahal.

Audit sebaiknya dilakukan oleh ahli yang kredibel dalam bidang pengemasan dan pengangkutan sianida / bahan berbahaya, pencampuran dan sistem pengiriman, pelatihan, pengoperasian dan prosedur darurat, rancangan dan penyimpanan larutan, dan pengelolaan dan perlindungan kesehatan, keamanan, dan lingkungan.

### 5.3.2 Produksi



Kode mengharuskan produsen sianida untuk bertanggung jawab dan sianida tersebut dibeli dari produsen yang beroperasi dengan aman dan melindungi lingkungan.

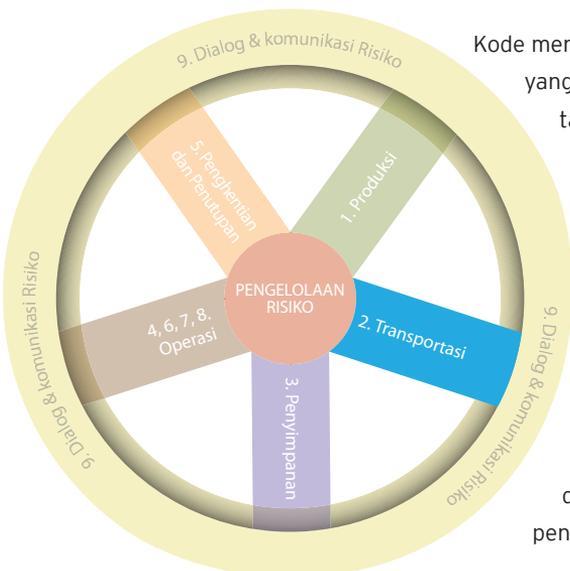
Kode ini mengacu pada penerapan standar praktek dan bahwa sianida yang dibeli sebaiknya berasal dari produsen yang melakukan:

- n praktek dan prosedur yang tepat untuk membatasi paparan tenaga kerja terhadap sianida
- n mencegah pelepasan sianida ke lingkungan.

Keselamatan para pekerja berhubungan erat dengan penggunaan sianida yang bertanggung jawab dalam tambang. Menerapkan praktek terbaik di tempat kerja akan memiliki efek positif pada pandangan masyarakat dan akan memengaruhi pandangan tentang dampak potensial dari penggunaan sianida dalam pertambangan terhadap lingkungan.

Manajer tambang harus memahami dengan baik undang-undang yang mengatur pembelian, penyimpanan, pengangkutan dan pemantauan sianida di negara bagian atau wilayah mereka.

### 5.3.3 Transportasi



Kode mensyaratkan bahwa standar praktek yang ada memiliki penjelasan mengenai tanggung jawab untuk keselamatan, keamanan, pencegahan pelepasan, pelatihan dan tanggap darurat, dan ini termasuk dalam perjanjian tertulis dengan produsen, distributor dan pengangkut. Kode juga mensyaratkan pengangkut untuk melaksanakan rencana tanggap darurat, menentukan prosedur pengelolaan untuk diterapkan saat insiden dan melakukan pengukuran sianida yang memadai.

Sebagian besar prosedur keselamatan yang berlaku untuk pengangkutan, penyimpanan dan penanganan yang aman dari sianida bertujuan untuk mencegah kontak antara zat kimia dengan tubuh manusia dan lingkungan, dan mencegah padatan atau cairan sianida membentuk gas hidrogen sianida (lihat Kotak 5). Penting untuk diketahui bahwa prosedur keselamatan ini dikomunikasikan kepada pekerja melalui pelatihan praktis dan dikaji serta diperbarui. Studi Kasus 5 menggambarkan pengangkutan dan pengiriman larutan natrium sianida sesuai kepatuhan-Kode dari Australian Gold Reagents (AGR) Pty Ltd di Kwinana menuju Sunrise Dam Gold Mine (SDGM) 220 kilometer timur laut dari Kalgoorlie di Australia Barat.

### **Kotak 5: Pengangkutan dan pengemasan**

Insiden yang melibatkan sianida di luar situs tambang menghasilkan pandangan negatif masyarakat terhadap industri pertambangan dan sering dapat menimbulkan tingkat kekhawatiran yang lebih tinggi daripada insiden yang terjadi di tempat produksi, terutama karena kedekatannya dengan tempat tinggal, pasokan air minum dan habitat satwa perairan. Nilai yang Mempertahankan / Enduring Value (MCA 2004) mengakui bahwa praktek terbaik harus berlaku untuk kegiatan kontraktor dan pemasok yang relevan. Hal ini berlaku terutama ketika tambang terletak di daerah pegunungan terpencil yang mengalami curah hujan tinggi dan / atau musim dingin yang parah. Komunikasi yang efektif harus terjadi antara operator tambang dan produsen atau perusahaan pengangkutan, dan berdasarkan Kode pihak-pihak tersebut disyaratkan untuk bekerja sama dalam perencanaan darurat. Selain itu, produsen dapat memberikan nasihat tentang bentuk dan kemasan yang paling tepat untuk kebutuhan volume operasi pertambangan. Di Australia, sianida umumnya tersedia sebagai tablet padat yang mengandung sekitar 98 persen NaCN atau dalam bentuk cair yang mengandung sekitar 30 persen NaCN. Mengingat bahwa bentuk cair adalah 70 persen air, umumnya hanya diangkut melalui jalan darat jarak pendek. Natrium sianida padat dikemas dalam drum 100 kilogram, dalam kontainer besar ukuran menengah / intermediate bulk containers (IBC) yang berisi 'kantong curah' dengan ukuran mulai dari 800 kilogram hingga 1000 kilogram, atau dalam wadah semburan padat 20 ton. Wadah semburan / sparge container adalah pilihan yang lebih baik karena mengurangi kebutuhan untuk penanganan manual dan meminimalkan kemungkinan tumpahan saat pemindahan dan penanganan di fasilitas penyimpanan tambang (lihat juga Studi Kasus 5). IBC atau drum baja harus dikembalikan ke pemasok.

Tindakan penting dalam mengurangi risiko yang berkaitan dengan pengangkutan sianida adalah:

- n dapatkan dan baca undang-undang yang relevan
- n patuhi semua persyaratan peraturan

- n pastikan semua kendaraan dan pengemudi yang digunakan dalam pengangkutan sianida telah berlisensi dan terlatih dalam pengangkutan barang berbahaya
- n identifikasikan risiko dan pilih peralatan yang tepat untuk mengurangi risiko
- n dapatkan MSDS dan pasang di semua lokasi yang relevan termasuk di kendaraan pengangkut sianida
- n lakukan adopsi praktek dan prosedur penanganan yang aman
- n patuhi semua persyaratan peraturan
- n pastikan semua staf atau kontraktor Anda terlatih dengan baik dalam penanganan sianida dan teruji secara kompetensi
- n lakukan audit operasional dan laporkan semua insiden-insiden
- n miliki rencana tanggap darurat dan lakukan latihan tanggap darurat
- n sediakan peralatan medis darurat.

Pemilihan jalur pengangkutan harus dilakukan melalui konsultasi dengan peraturan dan pihak berwenang dan melibatkan konsultasi masyarakat. Konsultasi sebaiknya meliputi risiko yang teridentifikasi, dan menjelaskan perencanaan untuk manajemen kelelahan pengemudi, audit, pelaporan insiden, tanggap darurat, dan latihan darurat. Zat penetral sebaiknya dibawa atau tersedia pada titik strategis sepanjang rute.

Pedoman umum untuk pengangkutan barang berbahaya dan pengembangan rencana darurat tersedia di program TRANSAPPELL UNEP. Pedoman transportasi laut disediakan oleh International Maritime Dangerous Goods Code. Kode untuk pengangkutan untuk barang berbahaya dengan kereta atau jalur darat tersedia dari Australian National Occupational Health and Safety Commission.

Kemasan dan label harus diuji dan disetujui untuk memastikan mereka memenuhi persyaratan legislatif untuk Zat Beracun Kelas 6 dan sesuai dengan kode nasional untuk pengangkutan barang berbahaya dan International Maritime Dangerous Goods Code untuk transportasi laut. Staf harus dilatih dalam praktek penanganan yang aman dan prosedur dan tunduk pada uji kompetensi. Audit dan pelaporan insiden harus dilakukan, dan langkah-langkah keamanan disiapkan untuk mengurangi risiko penyalahgunaan dan pencurian.

## **STUDI KASUS: Pengangkutan dan pengiriman larutan natrium sianida dari Kwinana menuju tambang emas Sunrise Dam (SDGM) di Australia Barat**

Tambang emas Sunrise Dam (SDGM) terletak di pinggir Danau Carey di Northern Goldfield Australia Barat, sekitar 220 kilometer timur-laut dari Kalgoorlie. Operasi ini membeli natrium sianida dari Australian Gold Reagents (AGR) Pty Ltd, yang terletak di Kwinana, Australia Barat.

Kontrak penyediaan sianida antara AngloGold Ashanti Australia (AGAA) dan Australian Gold Reagents (AGR) mensyaratkan bahwa sianida harus sesuai dengan Peraturan Australian Dangerous Goods Act and Dangerous Goods (Transportation; Road, Rail) dan semua persyaratan dari Kode. Larutan natrium sianida dikirim menggunakan tangki ISO 18000 liter (panjang 6058 milimeter, lebar 2438 milimeter dan tinggi 2591 milimeter) yang didesain khusus untuk pengangkutan sianida melalui kereta api menuju West Kalgoorlie Transit Yard kemudian dengan truk gandeng menuju SDGM. Semua kontraktor kargo telah diakreditasi dan diaudit secara rutin.

Sebagai bagian dari rencana pengelolaan tanggap darurat, AGR memiliki persediaan zat penetral (fero sulfat) di sepanjang rute transportasi tertentu (kereta api dan jalur darat). CSBP Ltd, sebagai agen operasi dan penjualan AGR, memiliki tim tanggap darurat yang sangat terlatih dan terampil yang tersedia 24 jam sehari, tujuh hari per minggu untuk menangani keadaan darurat. Untuk menanggapi sebuah insiden di tempat yang jauh, CSBP memiliki kontrak dengan penyedia layanan penerbangan untuk mengirim langsung petugas teknis atau darurat ke lokasi kejadian.

Fasilitas penerimaan dan penyimpanan natrium sianida di SDGM telah dirancang oleh CSBP dan disetujui oleh WA Department of Consumer and Employment Protection. Operator kendaraan melakukan proses bongkar muat pada saat kedatangan di SDGM di bawah pengawasan perwakilan lokasi tambang. Prosedur untuk membongkar sianida membutuhkan perwakilan untuk mengamati proses bongkar muat dan memastikan keselamatan lokasi tambang, bahwa pembongkaran berlangsung dalam lingkungan yang terkendali dan bahwa ada tindakan yang akan dilakukan dalam keadaan darurat, seperti menghentikan proses bongkar muat dan menyalakan alarm.

Sistem pengelolaan persediaan menjamin kecukupan inventaris yang dibutuhkan di SDGM untuk pasokan produk yang dibutuhkan untuk proses pengambilan emas. Tangki penyimpanan telah dilengkapi indikator manual serta indikator elektronik, di mana indikator elektronik dihubungkan melalui telemetri ke CSBP sebagai bagian dari sistem pengelolaan persediaan. Pengiriman menuju lokasi tambang dan bongkar muat hanya terjadi jika ada kapasitas yang memadai dalam tangki untuk secara aman menerima pengiriman darat dari dua tanki ISO. Bagian Pengolahan SDGM memelihara peralatan untuk menangani tumpahan dalam pabrik yang bersifat kecil. SDGM juga memiliki tim tanggap darurat yang terlatih dalam menangani bahaya dan insiden kimia.

CSBP melakukan audit tahunan pada fasilitas ini untuk memastikan kepatuhan yang berkelanjutan atas standar peraturan. Laporan resmi atas temuan diberikan kepada manajemen AGAA dalam penyelesaian audit. CSBP memiliki fasilitas pemeriksaan/daftar centang untuk tugas rumah tangga yang sedang berlangsung dan inspeksi pemeliharaan preventif.

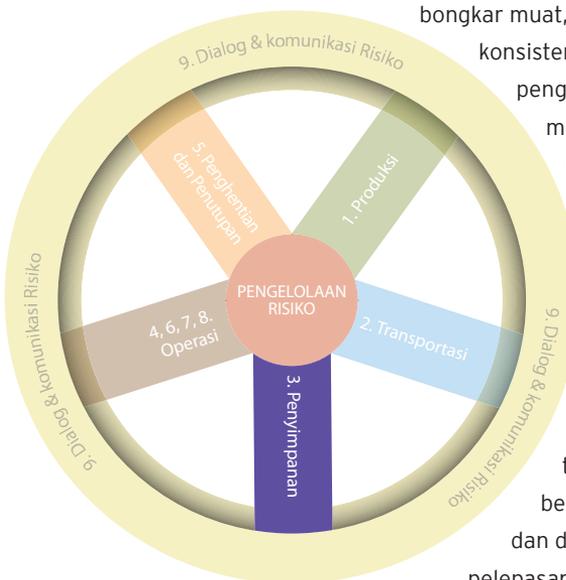


**Rute pengangkutan dari pabrik produksi di Kwinana menuju tambang emas Sunrise Dam melalui kereta dan jalur darat, dua tangki ISO per gerbong kereta dan truk gandeng.**

- Menunjukkan lokasi persediaan Fero Sulfat
- Transportasi kereta dengan gerbong kereta khusus
- Transportasi jalan raya dengan peralatan khusus

**5.3.4 Penanganan dan penyimpanan**

Kode mensyaratkan bahwa standar praktek dibuat untuk merancang dan membangun fasilitas



bongkar muat, penyimpanan dan pengolahan yang

konsisten, praktek rekayasa yang disetujui, pengendalian mutu, prosedur jaminan mutu, pencegahan tumpahan dan memiliki pengukuran penampung tumpahan. Fasilitas bongkar muat, penyimpanan dan pengolahan sebaiknya dioperasikan dengan pemeriksaan, perawatan pencegahan dan rencana cadangan untuk mencegah atau menampung pelepasan sianida serta respons terhadap paparan pekerja. Skenario berikut ini sebaiknya dipertimbangkan dan disesuaikan dengan tumpahan dan pelepasan sianida lainnya (White 1997).

- n Tumpahan natrium sianida padat ke tanah dapat dibersihkan secara berkala dengan mengumpulkan padatan dari daerah yang tercemar. Dalam cuaca basah, pelet natrium sianida harus ditutup dengan terpal dan, jika perlu, dikelilingi oleh parit untuk mencegah pencemaran dari air hujan.
- n Tumpahan cair, dan tumpahan natrium sianida padat ke air permukaan, melalui jaringan pipa dan saluran air harus ditangani sebagai berikut:
  - n tumpahan ke tanah dapat ditangani oleh petugas terlatih dengan menggunakan hidrogen peroksida atau natrium hipoklorit (Staunton dkk 1989). Jika waktu yang signifikan telah berlalu sejak tumpahan terjadi, tingkat sianida harus dipantau dan keputusan dibuat apabila pembersihan dibutuhkan.
  - n penanganan dengan ferro sulfat padat untuk membentuk ferisianida yang kurang beracun adalah pilihan yang lebih disukai karena risiko kesehatan yang tinggi dari reaksi peroksida melepaskan HCN dan gas NH<sub>3</sub>.
  - n tumpahan ke air permukaan sangat sulit untuk dipulihkan tanpa kerusakan lingkungan lebih lanjut bagi perairan kecuali badan air permukaan dapat ditutup dari lingkungan sekitarnya.
- n Pelestarian satwa sensitif bisa dilakukan dengan pengumpulan dan relokasi, sementara jaring dan pagar dapat digunakan untuk mencegah masuknya satwa tersebut ke kolam yang tercemar.

Sianida dapat hilang dalam semua tingkat operasi pertambangan yang normal mulai dari persiapan reagen hingga pembuangan limbah. Potensi kehilangan meliputi:

- n tumpahan selama pengangkutan ke atau dari fasilitas penyimpanan limbah
- n tumpahan proses akibat kesalahan manusia, ledakan pipa atau kebocoran katup
- n rembesan dari kolam barren, alas pelindian tumpukan, kolam cairan yang sudah penuh, atau bendungan tailing yang menyebabkan tercemarnya air permukaan dan air tanah
- n dari rangkaian electro-winning terutama sebagai amonia
- n pelepasan pada tingkat bencana secara alami atau peristiwa lainnya.

Praktek kerja unggulan menyadari potensi jalur tumpahan dan bekerja untuk meminimalkan dampak potensial mereka. Persyaratan peraturan meliputi hal berikut:

- n membuat tanggul di area penyimpanan natrium sianida cair
- n membuat tanggul untuk rangkaian pipa penting, pompa dan katup dan memeriksanya dengan lebih ketat dan lebih sering dibanding peralatan yang kurang penting
- n membuat saluran pada kolam dan alas pelindian tumpukan dengan bahan kedap air
- n melakukan pengeboran lubang untuk memantau rembesan sianida dari kolam dan bendungan tailing.

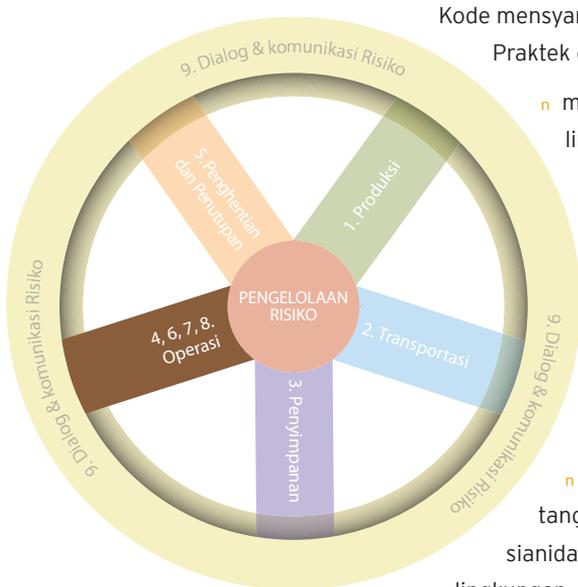
Langkah-langkah pengelolaan yang umum digunakan untuk meminimalkan potensi kehilangan sianida meliputi:

- n pemasangan sistem deteksi hilangnya aliran atau tekanan pada saluran pipa untuk mendeteksi kerusakan
- n pemasangan lengan atau penutup pada sambungan pipa mekanis untuk mencegah kebocoran bertekanan ke area tanggul
- n sistem alarm untuk menyiagakan petugas jika terjadi kerusakan pompa atau saluran pipa
- n melaksanakan pemeriksaan dan prosedur perawatan secara rutin.

Dampak potensial dari hilangnya sianida terhadap petugas di lokasi tambang, masyarakat umum dan lingkungan harus dianalisis melalui prosedur penilaian risiko formal. (lihat buku pedoman Risk Assessment and Management di seri ini (DRET 2008a)).

Perhatian harus dilakukan untuk memastikan bahwa bentuk penanganan yang tepat telah digunakan: sianogen klorida dapat terbentuk setelah penanganan menggunakan sodium hipoklorit sedangkan hidrogen peroksida mengoksidasi sianida menjadi sianat, yang jauh kurang beracun. Metode pembersihan yang digunakan harus bertujuan untuk menghentikan dan menampung sianida, dan mengubahnya menjadi senyawa yang kurang beracun. Setelah terjadi tumpahan, pakaian pelindung dan peralatan lain yang digunakan harus melalui proses dekontaminasi di lokasi kejadian.

### 5.3.5 Pengoperasian



Kode mensyaratkan bahwa Standar-standar Praktek dibuat untuk:

- n mengelola larutan proses sianida dan limbah bertujuan untuk melindungi kesehatan manusia dan lingkungan
- n melindungi kesehatan dan keselamatan pekerja dari paparan sianida
- n melindungi masyarakat dan lingkungan melalui pengembangan strategi dan kemampuan tanggap darurat
- n melatih pekerja dan petugas tanggap darurat untuk mengelola sianida secara aman dan tidak merusak lingkungan.

Cara penyimpanan sianida di lokasi tambang tergantung pada bentuknya dan harus tunduk pada peraturan. Serupa dengan langkah-langkah yang berlaku untuk pengangkutan dan pengemasan, pengaturan harus dilakukan untuk:

- n mengidentifikasi risiko dan fasilitas rancangan untuk meminimalkan risiko yang teridentifikasi
- n mengembangkan dan mendokumentasikan praktek dan prosedur yang aman
- n memasang MSDS, protokol penyimpanan dan penanganan, dan persyaratan untuk alat perlindungan diri;
- n melatih para staf dan melakukan uji kompetensi
- n menyelidiki program pemeliharaan pencegahan pada fasilitas penyimpanan
- n melakukan audit secara rutin dan melaporkan semua insiden
- n mengembangkan dan mendokumentasikan prosedur tanggap darurat dan melakukan latihan tanggap darurat secara rutin
- n menjaga persediaan yang cukup zat penetral di lokasi tambang.

Fasilitas dan fasilitas penyimpanan harus dirancang dan dipelihara sesuai dengan peraturan dan praktek terbaik yang diterbitkan, khususnya:

- n sediakan saluran udara yang baik untuk mendispersi gas hidrogen sianida yang terkumpul
- n minimalkan kemungkinan kontak dengan air (langkah-langkah yang tepat untuk penyimpanan natrium sianida padat termasuk penyediaan atap, memastikan drainase yang baik dan penyimpanan yang memadai di atas permukaan tanah atau di permukaan yang kedap air)
- n hindari kontaminasi potensial badan air dengan menempatkan penyimpanan di daerah yang bertanggung jauh dari saluran drainase alami
- n simpan sianida secara terpisah dari bahan korosif, asam dan eksplosif
- n lakukan pemagaran dan kunci tempat penyimpanan untuk mencegah masuknya orang secara tidak disengaja atau akses oleh orang yang tidak dikenal (pasang tanda-tanda peringatan yang jelas) - setiap pencurian sianida harus segera dilaporkan kepada manajer tambang dan polisi
- n karena api adalah masalah yang serius, bangun dan tempatkan fasilitas dengan memikirkan hal ini. Penghilangan tumbuhan di sekitar fasilitas penyimpanan juga dapat dilakukan secara berkala. Kode 'HAZCHEM' 4X merupakan tanda bahaya yang dibutuhkan untuk identifikasi oleh petugas pemadam kebakaran.
- n fasilitas penampungan yang memadai dan tanggul untuk wadah sianida padat dan cair diperlukan untuk meminimalkan efek dari tumpahan yang tidak disengaja (dengan mempertimbangkan kondisi cuaca lokal untuk tempat penampungan tersebut).

Program APELL UNEP menyediakan panduan teknis untuk Pergudangan bahan berbahaya.

Persyaratan Kode untuk kepatuhan dengan kesiapan keadaan darurat adalah penting dan tidak dapat diatasi dengan prosedur yang umum. Hal ini berarti ada kebutuhan untuk memiliki hubungan yang erat antara pemasok dan pengguna akhir. Garis besar penanganan keracunan sianida diberikan dalam Kotak 6.

## Prosedur penanganan dan darurat

Praktek kerja unggulan tidak hanya mengadopsi langkah-langkah yang meminimalkan hilangnya sianida selama operasi tetapi juga membatasi efek dari kehilangan. Kemampuan untuk melakukan hal ini akan bergantung pada prosedur tanggap darurat yang telah ada dan dilakukan secara teratur.

Penanganan sianida harus memperhitungkan standar paparan atau Nilai Ambang Batas (TLV). Batasnya adalah 5 mg/m<sup>3</sup> untuk serbuk natrium sianida dan 10 ppm untuk gas hidrogen sianida.

Operator yang melakukan prosedur berbahaya yang melibatkan sianida harus mengenakan pakaian pelindung yang sesuai seperti yang dijelaskan dalam MSDS dan rekomendasi dari produsen untuk alat pelindung diri. Operator sebaiknya bekerja berpasangan dengan satu orang bertindak sebagai 'penjaga' Tanda dan sinyal di daerah berpotensi berbahaya (Pesce 1993). Peran dari seorang penjaga harus diperhatikan dan diikuti dengan baik. Sebagai pengamat pasif dari proses penanganan, penjaga harus berpartisipasi dalam proses hanya di dalam keadaan darurat.

Operasi berbahaya termasuk:

- n membuka wadah penyimpanan
- n melarutkan pelet natrium sianida
- n membersihkan tumpahan sianida.

Jika seorang operator terkena paparan sianida, perawatan medis yang efektif dan tepat waktu adalah penting. Petugas harus memahami dengan baik prinsip-prinsip umum dan prosedur penanganan untuk petugas yang terkena paparan sianida.

Praktek kerja unggulan mensyaratkan untuk mengurangi kecelakaan melalui tindakan proaktif. Program APELL UNEP mengeluarkan kerangka kerja untuk membangun kesadaran dan kesiapan untuk keadaan darurat, dan termasuk model 10-langkah untuk membangun rencana tanggap darurat masyarakat yang efektif yang terpadu.

## Alat perlindungan dan kebersihan

Berbagai macam alat perlindungan tersedia untuk setiap persyaratan penanganan sianida. Untuk bentuk sianida yang dapat dihirup, alat pernafasan seluruh-wajah / full-face sebaiknya



dipakai. Sianida dapat diserap melalui kulit dan, untuk sianida cair, pekerja sebaiknya memakai baju kerja yang dapat dibuang, sarung tangan PVC, dan sepatu bot anti air. Karena persyaratan penanganan sianida berubah dari waktu ke waktu, rekomendasi MSDS dan PPE sebaiknya digunakan untuk memastikan prosedur dan peralatan yang tepat.

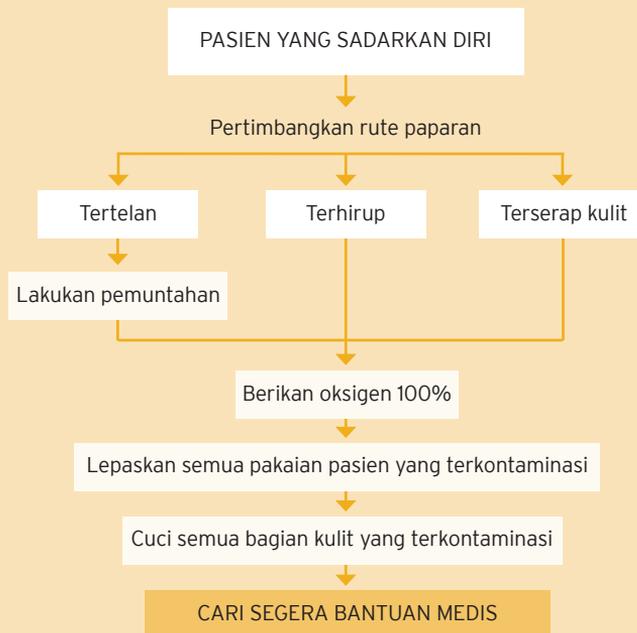
Para pekerja harus mencuci tangan mereka sebelum makan, minum atau merokok, dan sebelum mengoleskan losion, seperti tabir surya. Aktifitas-aktifitas ini tidak boleh dilakukan di tempat penggunaan atau penyimpanan sianida. Pakaian atau peralatan pelindung yang telah terkontaminasi harus dibuang secara aman, atau dicuci sebelum disimpan dan digunakan kembali.

### Kotak 6: Penanganan terhadap keracunan sianida

Penanganan keracunan sianida dapat dibedakan menjadi dua kategori, di mana keduanya harus dilakukan secara cepat dan efisien oleh petugas yang sudah terlatih dan berseragam lengkap. (Department of Minerals and Energy, WA, 1992; National Occupational Health and Safety commission 1993; Pesce 1993, p.763 and Department of Consumer and Employment Protection WA Medical Bulletin No5. Revised August 2007 Cyanide poisoning-first aid and medical treatment).

Prosedur di bawah ini bersifat umum dan praktek terbaik menunjukkan bahwa nasihat lokal mengenai respons dan pengobatan yang paling tepat harus dicari. Saran dapat berubah dengan kemajuan dalam pengetahuan medis.

#### a) Pertolongan pertama akibat insiden paparan





#### b) Perawatan medis profesional

Tambang-tambang dengan kit penawar sianida di lokasi tambang sebaiknya mencari saran medis profesional terkait kecocokan penawar untuk digunakan oleh staf medis di lokasi tambang. Perawatan keracunan sianida adalah khusus dan tidak semua perawatan dapat diterapkan pada pasien yang sama.

Hidroksikobalamin disetujui oleh US Food and Drug Administration untuk digunakan sebagai pengobatan keracunan sianida, dan tersedia melalui Therapeutic Goods Administration Special Access Scheme. Zat ini bereaksi dengan sianida untuk membentuk sianokobalamin yang diekskresikan oleh ginjal. Lima sampai 15 gram hidroksikobalamin harus diberikan secara intravena (Cyanokit® berisi dua botol 2,5 gram) dalam 30 menit atau lebih cepat jika kondisi pasien memburuk.

Natrium tiosulfat adalah agen pelambat yang dapat berguna sebagai tambahan untuk hidroksikobalamin. Zat ini bereaksi dengan sianida untuk membentuk tiosianat. Berikan 12,5 gram natrium tiosulfat (50 mililiter larutan 25 persen) dalam 10 sampai 20 menit melalui jalur intravena terpisah. Hal ini dapat diulang dengan setengah dari dosis awal untuk 30 menit berikutnya. Penggunaan oksigen (100 persen) sebagai pengobatan awal dan, jika diperlukan karena kondisi pasien, ditindaklanjuti dengan hidroksikobalamin dan natrium tiosulfat, kini dianggap sebagai praktek terbaik untuk pengobatan keracunan sianida.

Penggunaan KELOCYANOR®, (kobalt (II)-edetat) tidak lagi dianjurkan sebagai obat penawar.

Amil nitrit adalah bentuk lain dari pengobatan yang memiliki sejarah panjang. Zat ini

pertama dihirup dan kemudian natrium nitrit ( $\text{NaNO}_2$ ) disuntikan secara intravena yang membuat tubuh menghasilkan methaemoglobin yang menangkap ion sianida dari jalur oksidasi sitokrom. Sianida tersebut kemudian didetoksifikasi dengan pemberian natrium tiosulfat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) secara intravena. Zat ini bereaksi dengan sianida, dengan adanya ion sulfur osianat ( $\text{SCN}^-$ ), yang kemudian diekskresikan dalam urin. Amil nitrit juga dapat digunakan sebagai pengobatan segera sebelum penggunaan hidrosikobalamin dan natrium tiosulfat. Penggunaan amil nitrit bergantung pada pedoman darurat dan protokol yang ditetapkan oleh petugas medis yang mengelola.

N.B. Efektivitas dari beberapa perlakuan ini telah diperdebatkan. United Kingdom Health and Safety Executive (Selebaran penasehat mengenai keracunan sianida; Elliot 1996) menunjukkan bahwa badan pengatur ini tidak akan lagi merekomendasikan penggunaan obat penawar apapun dalam pengobatan pertolongan pertama keracunan sianida dan tidak akan mewajibkan pekerja untuk menjaga pasokan dan di masa depan akan disarankan bahwa pemberian oksigen adalah pengobatan awal yang paling berguna untuk penanganan keracunan sianida. Ini berarti bahwa di tempat di mana sianida digunakan setidaknya harus ada satu orang yang dilatih untuk mengelola oksigen. Jika pernapasan telah berhenti, pernapasan buatan sangat penting.



**Kotak Darurat Sianida**

## **Memantau lingkungan kerja**

Perlindungan pekerja dari pencemar udara melalui program pemantauan dan pengambilan sampel sering dibahas oleh peraturan, dan aturan lokal harus diikuti bila tersedia. Beberapa prinsip adalah bahwa sampel:

- n mewakili jenis paparan yang dialami para pekerja
- n dikumpulkan, diawetkan dan dianalisis dengan metode yang disetujui (akurasi dan presisi dijamin jika analisis dilakukan oleh laboratorium yang disetujui-NATA)
- n tidak dirusak.

Secara praktis, sampel harus dikumpulkan menggunakan peralatan yang dikalibrasi sesuai dengan persyaratan produsen, dikalibrasi sebelum digunakan, dan diperiksa setelah digunakan terhadap standar kalibrasi.

Pengambilan sampel gas hidrogen sianida dapat dilakukan secara berkelanjutan - menggunakan peralatan pendeteksi elektronik - atau semi-batch - menggunakan pompa udara dan tabung sampel. Bekasnya akan memberikan respon yang lebih cepat dan memerlukan lebih banyak waktu untuk menangani situasi darurat.

## **Keseimbangan sianida**

Keseimbangan antara penyerapan dan hilangnya sianida dari lingkungan dapat ditentukan dalam banyak cara yang sama seperti penciptaan keseimbangan air. Faktor-faktor utama dalam membangun keseimbangan sianida meliputi:

- n pengetahuan tentang komposisi bijih dan perubahannya selama siklus hidup tambang, terkait dengan pertimbangan kimia seperti yang telah dijelaskan dalam Bagian 2.2, hal ini menentukan konsumsi sianida
- n meteorologi local - hal ini secara langsung mempengaruhi konsumsi sianida melalui evaporasi dan degradasi fotolitik, dan secara tidak langsung melalui perubahan dalam keseimbangan air.

Pengelolaan sianida harus terintegrasi secara baik dengan rencana pengelolaan air keseluruhan untuk lokasi tambang. Adalah penting bahwa penanganan dan pemulihan sianida ditekankan sejak awal. Petugas metalurgi dan lingkungan harus berkolaborasi dalam mengevaluasi data pemantauan sianida.

Studi kasus berikut menggambarkan proses perbaikan untuk mengurangi sianida WAD di pembuangan tailing.

## STUDI KASUS: Perbaikan proses di Kalgoorlie Consolidated Gold Mines Pty Ltd (KCGM) untuk mengurangi konsentrasi sianida WAD pada saat pembuangan tailing

Pabrik KCGM Fimiston di Kalgoorlie Golden Mile, Australia Barat, mengoperasikan tiga sirkuit pelindian sianida - satu dengan pelindian menggunakan konsentrat sianida berkadar tinggi, yang lainnya adalah pelindian pengapungan ampas sianida kadar rendah. Sirkuit pelindian roaster calcine dioperasikan di pabrik Gidji 20 kilometer ke arah utara.

Sirkuit resapan sianida Fimiston diatur sedemikian rupa sehingga ampas pelindian konsentrat dari CIL1 (kepala ~ 3500 miligram per liter, ekor ~ 2000 miligram per liter) diarahkan ke kepala salah satu dari dua sirkuit pengapungan ampas (CIL2). Hal ini tidak hanya menambah waktu pelindian untuk konsentrat tetapi juga memanfaatkan sisa sianida dan kapur. Konsentrasi Sianida di CIL2 secara historis telah disimpan di 200+ miligram per liter. Sirkuit pelindian pengapungan ampas paralel kedua (CIL3) juga telah disimpan pada konsentrasi sianida yang sama. Ampas dari kedua sirkuit pelindian pengapungan ampas dipompa ke fasilitas penyimpanan tailing (TSF) Fimiston.

Pada bulan Desember 2006, keputusan telah dibuat untuk mengurangi konsentrasi sianida di CIL2 dan CIL3 dalam upaya untuk mengurangi kadar HCN pada tangki, menghemat sianida dan juga menurunkan kadar sianida WAD di TSF. Penurunan target ini menjadi ~ 140/160 miligram per liter total CN (dari 200 miligram per liter) telah menghasilkan WAD CN di keran TSF secara konsisten sekitar 25 miligram per liter - jauh lebih sedikit daripada 50 miligram per liter di pedoman Kode Sianida. Hasil laboratorium menunjukkan bahwa tidak ada peningkatan berikutnya dalam penghilangan emas menuju ampas terakhir dari sirkuit pelindian dan pemulihan pabrik di tahun 2007 mendukung temuan ini.

Setiap sirkuit pelindian di Fimiston dilengkapi dengan penganalisis sianida online untuk mengontrol penambahan sianida di sirkuit untuk titik yang ditentukan. Hal ini didukung dengan titrasi manual untuk menambah tingkat pengendalian. Penganalisis dijaga setiap

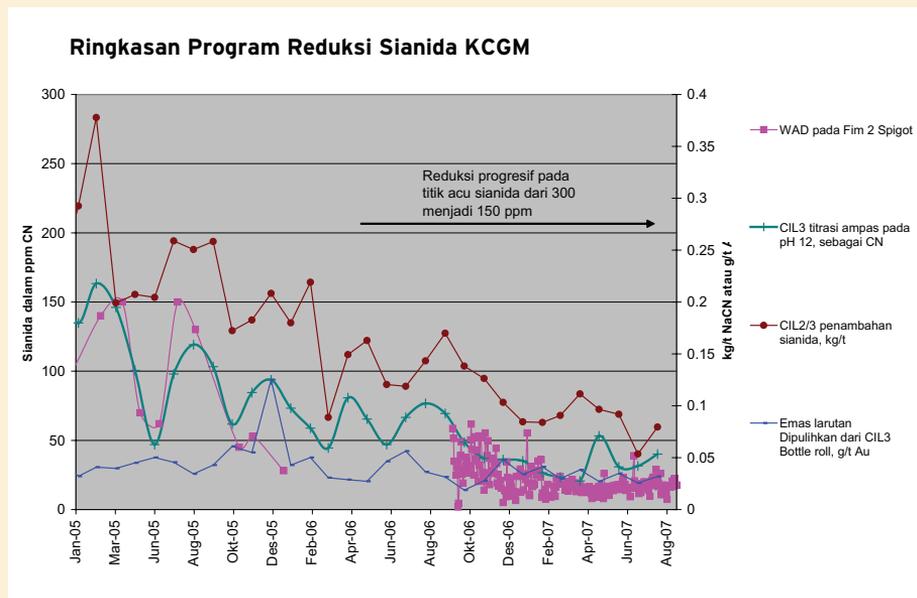
hari oleh staf laboratorium, sehingga ketersediaan penganalisis lebih dari 90 persen. Pemeliharaan harian tiga unit membutuhkan satu orang dengan waktu sekitar dua jam.



**Unit penganalisis**

Karena konversi kesetimbangan  $CN(aq) \rightarrow HCN(aq)$  dalam kisaran operasi Fimiston, pH 9,3 dengan meningkatnya konversi ke  $HCN(aq)$  jika pH turun, penganalisis pelindian ampas pengapungan (CIL2 / 3) dipasang dengan menambahkan kaustik ke sel titrasi. Hal ini memastikan bahwa titrasi sianida secara konsisten dilaporkan pada pH yang diketahui ~ pH 12 dimana  $CN(aq)$  berada dalam keadaan paling stabil, secara efektif melaporkan jumlah sianida total. pH titrasi yang stabil ini menghindari pelaporan jumlah  $CN(aq)$  yang lebih rendah dari sebenarnya bila pH berada di bawah titik yang ditentukan, sehingga menghindari overdosis sianida di dalam sirkuit pelindian dan ketidakstabilan siklus berikutnya yang disebabkan oleh variasi pH sirkuit. Pada akhirnya, diperoleh pengendalian reagen sianida yang ketat.

Pengendalian lainnya adalah membatasi larutan sianida terendah ke sirkuit melalui sistem pengendalian pabrik, dan memasang aliran penganalisis kedua untuk memantau lebih jauh konsentrasi sianida dalam tangki kedua di setiap sirkuit pelindian. Pengendalian lebih lanjut sedang disesuaikan untuk periode nyala dan mati pabrik, untuk menghindari peningkatan konsentrasi sianida ketika aliran pabrik dikurangi.

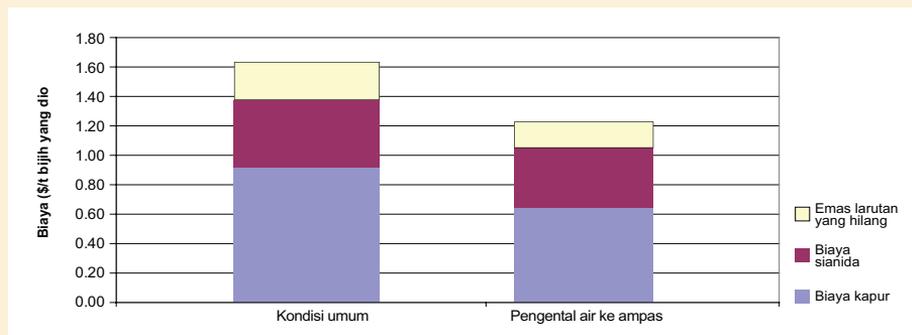


## STUDI KASUS: Mengurangi sianida WAD di keran pembuangan dengan penambahan air sirkuit baru ke pengental ampas (tail)

Menggunakan model kimia air sirkuit emas (SysCAD interfaced with the Outokumpu thermodynamic database HSC Chemistry 5.11) dapat menunjukkan bahwa memungkinkan untuk memenuhi kewajiban lingkungan sekaligus mengurangi biaya operasional pada saat yang sama. Secara tradisional, air sirkuit yang baru ditambahkan ke dalam proses. Untuk mengurangi sianida WAD di keran pembuangan dapat dengan menambahkan air baru ke dalam ampas dan meningkatkan tingkat daur ulang. Konsentrasi sianida WAD di keran pembuangan dapat dikurangi melalui pengenceran dengan penggunaan pengental ampas. Tentu saja aliran arus, kandungan kimianya dan dampak dari mendaur ulang menjadi sangat rumit dan menjadi alasan mengapa model-model telah digunakan untuk mengembangkan pemahaman kuantitatif dari proses yang terjadi.

Menghitung konsekuensi dari strategi pengenceran menunjukkan bahwa manfaat dapat menjadi signifikan. Di bawah kondisi yang dihasilkan model, efek gabungan dari pengenceran ditambah daur ulang mengurangi sianida WAD di keran pembuangan dari 124 menjadi 61 miligram per liter dan jumlah sianida yang dikeluarkan mulai dari 45 kilogram per jam menjadi 18 kilogram per jam. Konsentrasi dan aliran sianida WAD menuju keran pembuangan TSF. Keuntungan tambahan adalah bahwa air yang di daur ulang menuju depan sirkuit mengandung emas larutan sisa, sianida dan magnesium berkadar rendah. Akibatnya adalah kebutuhan kapur dan sianida yang lebih rendah. Tidak hanya terdapat manfaat lingkungan, dihitung juga bahwa menambahkan air baru ke dalam pengental tail dapat mengurangi biaya operasional dari \$ 1,63 menjadi \$ 1,23 per ton bijih yang diolah. Hilangnya larutan emas menjadi ampas telah dihitung sebagai 'biaya' operasi sehingga manfaat dari pendaurulangan emas larutan kembali ke kepala sirkuit pelindian dan memberi kesempatan kedua bagi proses untuk mengambil emas tersebut menjadi jelas terlihat.

### Biaya operasional kapur dan sianida digabungkan dengan biaya emas yang hilang dalam larutan akan menghasilkan biaya keseluruhan



Informasi mengenai skenario dan kompleksitas lainnya yang diselidiki dengan model ini dapat ditemukan di Rumball, Munro & Habner (2007).

## Teknik penghilangan kimia, fisika dan biologis

Metode umum untuk mendetoksifikasi sisa sianida adalah proses peroksida Degussa, yaitu, hidrogen peroksida mengoksidasi sianida bebas dan WAD menjadi sianat, kemudian dihidrolisis menjadi amonia dan karbonat yang dapat diurai secara biologi. Logam seperti tembaga, seng dan kadmium yang membentuk senyawa kompleks dengan sianida diendapkan sebagai hidroksida dan kompleks besi sianida. Kemudian dihilangkan dengan mengendapkan kompleks besi sianida dengan menggabungkannya dengan ion tembaga. Cara yang paling hemat-biaya untuk mendetoksifikasi bubur tailing adalah dengan menggunakan asam peroksimonosulfat (asam Caro) yang dapat dibuat dari hidrogen peroksida dan asam sulfat. Karena merupakan agen pengoksidasi yang kuat dari peroksida, penggunaan bahan kimia ini lebih hemat-biaya dan juga mengoksidasi sianat dan tiosianat. Perlakuan biologis aktif dan pasif dibahas oleh Mudder (1987), dan perlakuan kimia dan fisika oleh Botz dan Mudder (2001), mereka tidak boleh digunakan secara berlebihan.

**Tabel 4: Teknologi penghilangan sianida**

TEKNOLOGI (DAN TIPE*)	PENJELASAN SINGKAT	REAGEN DASAR	PRODUK DASAR
<b>A. OKSIDATIF</b>			
Klorinasi alkalin (C)	Oksidasi menjadi $\text{CNO}^-$ lalu $\text{N}_2$ dan $\text{CO}_3^{2-}$ dengan $\text{Cl}_2$ atau $\text{ClO}$ pada $\text{pH} > 11$	$\text{Cl}_2/\text{ClO}^-$ , $\text{NaOH}$	$\text{CNO}^-$ , $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{N}_2$
$\text{SO}_2$ /udara (C)	Oksidasi menjadi $\text{CNO}^-$ dengan $\text{SO}_2$ /udara dan katalis $\text{Cu}$ larut; proses INCO	$\text{SO}_2$ , udara, katalis $\text{Cu}$	$\text{CNO}^-$
Hidrogen peroksida (C)	Oksidasi menjadi $\text{CNO}^-$ dengan $\text{H}_2\text{O}_2$ dan katalis $\text{Cu}^{2+}$ ; proses Degussa	$\text{H}_2\text{O}_2$	$\text{CNO}^-$ , $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{NH}_4^+$
Asam Caro (C)	Oksidasi melalui $\text{CNO}^-$ dengan $\text{H}_2\text{SO}_5$	$\text{H}_2\text{SO}_5$	$\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{NH}_4^+$
Karbon aktif (C & P)	Oksidasi menjadi $\text{CNO}^-$ kemudian sebagian menjadi $\text{CO}_3^{2-}$ dan $\text{NH}_4^+$ dengan karbon aktif dan katalis $\text{Cu}$	Karbon aktif, udara/ $\text{O}_2$ , katalis $\text{Cu}$	$\text{CNO}^-$ , $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{NH}_4^+$
Biodegradasi (B)	Oksidasi menjadi $\text{CO}_3^{2-}$ dan $\text{NH}_4^+$ dan kemudian $\text{NO}_3^-$ menggunakan organisme setempat	$\text{Na}_2\text{CO}_3$ , $\text{H}_3\text{PO}_4$	$\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$
Oksidasi katalis UOP (C)	Oksidasi menjadi $\text{CO}_2$ , $\text{N}_2$ dan $\text{NH}_4^+$ dengan udara pada suhu sedang ( $< 130^\circ\text{C}$ ) dan tekanan (550 kPa) dengan katalis	Katalis	$\text{CO}_2$ , $\text{N}_2$ and $\text{NH}_4^+$
Ozonasi (C)	Oksidasi menjadi $\text{CO}_3^{2-}$ dan $\text{N}_2$ dengan $\text{O}_3$	$\text{O}_3$	$\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{N}_2$
Oksidasi udara basah (C)	Oksidasi menjadi $\text{CO}_2$ dan $\text{N}_2$ pada suhu tinggi (175-320 °C) dan tekanan tinggi (2,100-20,700 kPa)	tidak ada	$\text{CO}_2$ , $\text{N}_2$
Oksidasi fotokatalitis (C & P)	Oksidasi menjadi $\text{CNO}^-$ dan kemudian $\text{NO}_3^-$ dan $\text{CO}_3^{2-}$ menggunakan sinar uv/cahaya tampak dan semikonduktor-tipe substrat, misalnya: $\text{TiO}_2$ , $\text{ZnO}$ atau $\text{CdS}$	tidak ada	$\text{CO}_2$ , $\text{N}_2$

TEKNOLOGI (DAN TIPE*)	PENJELASAN SINGKAT	REAGEN DASAR	PRODUK DASAR
<b>B. NON-OKSIDATIF</b>			
AVR (C & P)	Pengasaman-volatilisasinetralisasi Setelah pengasaman sampai pH <3, HCN(g) di volatilisasi dan diserap dalam NaOH dan didaur ulang. Logam diendapkan setelah netralisasi ulang.	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NaOH	HCN, SCN <sup>-</sup> ?
CYANISORB® (C & P)	Mirip dengan AVR tapi HCN(g) dilucuti pada pH lebih tinggi (5.5-7.5)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NaOH	HCN, SCN <sup>-</sup> ?
CRP (C & P)	Proses regenerasi sianida; mirip dengan AVR namun dengan HCN(g) yang lebih baik pelucutan dan pengendapan logam	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NaOH	HCN, SCN <sup>-</sup> ?
SART	Sulfidasi, pengasaman, daur ulang dan pengentalan	Na <sub>2</sub> S, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Cu <sub>2</sub> S
Hidrolisis termal (C)	Hidrolisis menjadi NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> dan format pada suhu tinggi	tidak ada	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , HCOO <sup>-</sup>
Hidrolisis alkalin (C)	Hidrolisis menjadi NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> dan format pada suhu tinggi (100-250°C) dan pH tinggi	NaOH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , HCOO <sup>-</sup>
IX - GM (C dan P)	Pertukaran gas membran-Ion, pertukaran ion menaikkan kadar CN. Setelah regenerasi membran gas memulihkan CN yang murni	Resin	CN <sup>-</sup>
IX - AVR (C dan P)	Pertukaran ion menaikkan kadar CN. Setelah regenerasi CN dipulihkan oleh AVR	Resin	CN <sup>-</sup>
Pengendapan prussian blue (C)	Pengendapan Fe <sub>4</sub> [Fe(CN <sub>6</sub> ) <sub>3</sub> ] dengan penambahan FeSO <sub>4</sub>	FeSO <sub>4</sub>	Fe <sub>4</sub> [Fe(CN <sub>6</sub> ) <sub>3</sub> ]
Pelucutan udara bubuk yang penuh / Pregnant pulp air stripping (P)	Pelucutan udara dari dari bubuk yang penuh / Air stripping from pregnant pulp	Udara	HCN
Osmosis balik	Penghilangan fisik sianida dan kompleksnya dengan proses membran semipermeabel di bawah tekanan	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ?	CN <sup>-</sup>
Pengapungan (P)	Adsorpsi partikel CN yang diendapkan ke dalam gelembung udara halus	FeSO <sub>4</sub> , Surfaktan	Fe <sub>4</sub> [Fe(CN <sub>6</sub> ) <sub>3</sub> ]
Pengental kadar tinggi (P)	Pengentalan cepat dan daur ulang tailing CIP	tidak ada	CN <sup>-</sup>

\*\* Tipe proses: B = biological / biologis; C = chemical / kimiawi; P = physical / fisik  
? menunjukkan ada beberapa ketidakpastian data

(Bersumber dari Environment Australia (2003) dan referensi di dalamnya: Devuyt dkk. 1982; Dubey & Holmes 1995; Gonen dkk. 1996; Grosse 1990; Hoecker & Muir 1987; Nugent 1997; Ritcey 1989; Robbins, 1996; dan Stevenson dkk. 1995). Terdapat juga di AMIRA P497.

Proses sulfur dioksida Inco ( $\text{SO}_2$ )/udara adalah metode sederhana yang memerlukan sedikit pengawasan dan tidak mengganggu pemulihan emas.  $\text{SO}_2$  dalam bentuk cair atau gas bereaksi dengan udara untuk mengoksidasi sianida WAD menjadi sianat dan asam sulfat sambil mengubah logam menjadi larutan. Detoksifikasi Inco telah digunakan di berbagai tambang termasuk Beaconsfield dan tambang emas Henty di Tasmania (Environment Australia 2003).

Klorinasi oksidatif menggunakan gas klorin, hipoklorit atau pembentukan elektrolitik di lokasi tambang dapat juga digunakan untuk detoksifikasi sisa sianida. Klorinasi alkalin tetap digunakan sebagai metode penghancuran sianida di Rusia. Sebuah prosedur canggih untuk menghilangkan tembaga dan mendaur ulang sianida dijelaskan dalam studi kasus dibawah mengenai implementasi SART di Telfer.

### **STUDI KASUS: Implementasi SART di Telfer untuk mengurangi dampak tembaga yang larut dalam sianida**

Untuk mencegah masalah lingkungan dalam memperlakukan bijih emas tembaga yang larut dalam sianida kadar tinggi di Telfer, sebuah evaluasi telah dibuat untuk rute proses yang memungkinkan. Hal ini termasuk membuat, menguji coba dan memberi kesempatan teknologi (bench scale) untuk penghancuran, pemulihan dan daur ulang sianida. Selain itu, pertimbangan diberikan pada penggunaan peralatan yang ada dan isu-isu kesehatan dan keselamatan kerja yang berkaitan dengan regenerasi sianida.

Pemilihan sulfidisasi, pengasaman, daur ulang dan pengentalan (SART) di Telfer adalah menguntungkan karena operasi ini memiliki empat pengental CCD (bekas pabrik Merrill-Crowe) yang dapat digunakan untuk mencuci tembaga dan sianida dari tailing CIL. Telfer juga memiliki operasi pelindian tumpukan untuk menjaga keseimbangan air yang positif yang membutuhkan teknik alternatif dan biaya modal yang lebih tinggi. Tembaga dan sianida dipulihkan dengan tembaga sulfida yang dihasilkan yang dapat dijual dengan konsentrat tembaga sulfida yang dihasilkan dari pabrik pengapungan. Kerja uji pabrik uji coba menunjukkan pemulihan tembaga dan sianida > 90 persen dapat dicapai dengan penambahan 95 persen NaSH dari stoikiometri.

Proses SART di Telfer memulihkan tembaga sulfida dari larutan tembaga sianida dengan bercampur dengan natrium sulfida ( $\text{Na}_2\text{S}$ ), asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dan endapan tembaga sulfida yang diresirkulasi (seed) yang nukleasi endapan tembaga sulfida pada pH 4,5. Sejumlah kecil hidrogen sianida dan gas hidrogen sulfida juga terbentuk, yang kemudian diekstraksi dalam scrubber dan dihilangkan dari udara menggunakan larutan kaustik resirkulasi. Tembaga sulfida dipulihkan dalam pengental dan dinetralkansebelum ke konsentrat pengapung. Larutan pengental yang berlebihan dinetralkan dengan kapur dan gipsur daur ulang (seed) hingga pH sekitar 10 atau 11. Gipsur ini dipulihkan menggunakan pengental dengan perembesan menuju sirkuit CCD. Larutan pengental

gypsum yang berlebihan dicampur dengan larutan scrubber dan merupakan larutan pengembalian sianida terakhir. Larutan ini digunakan di sirkuit pelindian pirit, sirkuit ILR dan untuk irigasi pelindian buangan.

Sirkuit SART Telfer dibangun pada awal tahun 2006. Kisaran data kinerja yang ditampilkan di bawah ini berdasarkan sampel harian:

	UNIT	KISARAN
SART memasok aliran	m <sup>3</sup> /jam	28-42
SART memasok tembaga	mg/L	1500-3000
SART memasok WAD CN	mg/L	3500-10000
Sianida mengembalikan tembaga	mg/L	50-500
Sianida mengembalikan WAD CN	mg/L	3000-6400
Pemulihan tembaga	%	70-90
Pemulihan WAD CN	%	50-90
Konversi WAD CN menjadi CN bebas	%	65-98

Pekerjaan lebih lanjut telah direncanakan untuk mengoptimalkan rangkaian ini, terutama mengenai pengendalian pH dan penambahan reagen. Hal ini juga dilakukan untuk mengurangi biaya operasional.

### **Penghilangan dan daur ulang**

Ketika sisa sianida terbentuk sebagai sianida bebas dan sianida WAD, hal itu dapat dipulihkan dengan menggunakan berbagai proses non-oksidatif (Tabel 5). Dua proses tersebut bergantung pada pengurangan pH untuk melepaskan HCN. Salah satunya adalah AVR (acidification-volatilisation-absorption / pengasaman-volatilisasi-penyerapan) yang menggunakan bak aerasi dangkal dan blower udara bertekanan tinggi untuk memulihkan sianida bebas dan beberapa kompleks logam-sianida. Metode lain yang lebih efisien dan hemat biaya adalah CYANISORB., yang dikembangkan di Selandia Baru pada tahun 1989 dan memulihkan sekitar 90 persen sianida dari tailing (Stevenson dkk. 1995). HCN dihilangkan ketika tailing berhubungan dengan udara turbulen bervolume tinggi dalam menara pelucutan dan ditangkap oleh bubuk kapur terhidrasi di menara penyerapan. Sianida yang pulih didaur ulang untuk operasi pelindian sebagai kalsium sianida. Sebuah kajian mengenai metode perlakuan dan pemulihan sianida disediakan oleh Botz dkk (2001).

**Tabel 5. Rangkuman kesesuaian proses pengolahan untuk menghilangkan sianida dan zat lainnya (Mudder dan Botz 2001).**

PROSES PERLAKUAN	PENGHILANGAN BESI SIANIDA	PENGHILANGAN SIANIDA WAD	APLIKASI BUBUR	APLIKASI LARUTAN
SO <sub>2</sub> / udara	✓	✓	✓	✓
Hidrogen peroksida	✓	✓		✓
Asam caro		✓	✓	
Klorinasi Alkalin	✓	✓		✓
Endapan besi	✓	✓	✓	✓
Karbon aktif	✓	✓		✓
Biologis	✓	✓		✓
Pemulihan sianida		✓	✓	✓
Atenuasi alami	✓	✓	✓	✓

Sebuah contoh pemulihan sianida yang rusak dan rembes terdapat dalam studi kasus dibawah ini.

### **STUDI KASUS: Penghancuran sianida dan pemulihan rembes di Granites-Bunkers inpit TSF**

Granites terletak 550 kilometer sebelah barat-laut dari Alice Springs yang dimiliki dan dioperasikan oleh Newmont Tanami Operations (NTO). Granites telah beroperasi sejak pertengahan 1980-an. Pada awalnya tambang menempatkan tailing di fasilitas penyimpanan tailing (TSF) paddock konvensional dan kemudian memperluas praktek ini menjadi pembuangan tailing inpit.

Untuk pengendapan tailing inpit, bubur tailing dipompa dan dilepaskan ke salah satu dari sejumlah lubang kosong di luar tambang. Air proses dipulihkan dari lubang-lubang dan digunakan kembali melalui rangkaian proses. Bubur tailing dipompa pada 60 persen padatan dan mengandung 130 miligram sianida WAD per liter di pabrik pengolahan. Tanpa kontrol yang memadai, tingkat sianida WAD dapat menimbulkan risiko terhadap satwa liar dan kualitas air tanah. Wilayah Tanami terletak dalam jalur terbang migrasi burung pantai yaitu Asia Timur-Australasia. Pemeriksaan burung harian yang dilakukan Granit lease sejak awal tahun 2005 telah mendeteksi 12 dari 43 spesies yang terdaftar dalam National Plan for Shorebird Conservation in Australia 1993. Sebanyak tiga spesies ditemukan di daerah selama migrasi, tetapi belum terlihat di lease. Standar Newmont untuk Pengelolaan Tailing menyatakan bahwa kegiatan tailing tidak akan berdampak pada air tanah.

Studi kasus ini mendiskusikan tentang bagaimana risiko-risiko ini diselesaikan dalam operasi dari fasilitas tailing yang terbaru di Granites.

### *Lubang Bunkers Hill*

Lubang Bunkers Hill adalah sebuah lubang yang berlokasi di ujung barat Granites. Terletak sekitar 1,3 kilometer dari lubang air tawar yang menyediakan air minum untuk pos luar terdekat yang jarang menerima kunjungan dari Pemilik Tradisional senior lokal dan keluarganya. Perhatian utama terkait dengan pengendapan tailing di lubang Bunkers Hill adalah potensi tercemarnya lubang air tawar ini.

Meskipun penyelidikan hidrogeologi menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara akuifer di sekitar lubang Bunker dan akuifer yang digunakan oleh pos luar, langkah-langkah pengendalian tambahan diterapkan untuk mengurangi risiko dan untuk memenuhi standar pengelolaan tailing Newmont serta Kode Sianida.

### *Penghancuran sianida*

Sebuah sistem penghancur sianida telah dipasang di pabrik pengolahan untuk mengurangi tingkat sianida WAD hingga 50 miligram per liter, sebelum dibuang ke lubang Bunkers. Sistem ini menggunakan asam Caro yang diproduksi di lokasi tambang di dalam sebuah reaktor kecil yang disediakan oleh Solvay Interox. Asam Caro diproduksi dengan mencampurkan asam sulfat dengan hidrogen peroksida. Sianida dioksidasi dengan asam Caro untuk membentuk ion sianit, yang relatif tidak aktif. Tujuan utama dari pabrik asam Caro adalah untuk menjaga tingkat sianida WAD di dalam lubang, sehingga burung-burung yang mengunjungi lubang tidak akan terpengaruh. Pemasangan dan penggunaan sistem ini adalah bagian penting dari program NTO untuk memastikan kepatuhan terhadap Kode Sianida.

Aspek kesehatan dan risiko keselamatan kerja dari pengoperasian pabrik penghancur sianida perlu dipertimbangkan secara cermat dan menimbang manfaat lingkungan dari sistem tersebut. Risiko meliputi pengangkutan bahan kimia berbahaya tambahan ke



lokasi tambang dan memastikan bahwa paparan operator pabrik terhadap bahan kimia ini dikelola dengan hati-hati. Penambahan bahan kimia ke infrastruktur pabrik juga telah melibatkan cukup banyak pelatihan dalam penanganan bahan kimia dan pemeliharaan fasilitas yang menangani bahan kimia ini.

### **Fasilitas pengolahan Granites**

### *Pemulihan rembesan*

NTO menugaskan Robertson GeoConsultants Inc untuk menyelidiki pilihan dalam memitigasi dampak potensial terhadap sistem air tanah selama pembuangan tailing ke lubang Bunkers Hill. Pilihan yang lebih disukai untuk membatasi pencemaran air tanah adalah dengan memasang lubang pemulihan rembesan.

Permeabilitas dari batuan dasar (sekis dan granit) yang mengelilingi lubang Bunkers Hill diperkirakan sekitar  $1 \times 10^{-6}$  meter per detik. Hasil pompa dan radius setiap lubang dibatasi karena sifat batuan dasar yang retak. Pemasangan ini meliputi enam lubang berjarak 400 meter satu sama lain dengan kedalaman sekitar 70 meter untuk mencapai pemulihan rembesan tailing yang sesuai. Lima lubang dianggap layak untuk digunakan sebagai lubang penangkap rembesan. Pemecahan masalah dengan sistem pemulihan rembesan sedang dilakukan dan sedang ditangani.

### *Persetujuan pemangku kepentingan*

NTO telah berkonsultasi secara luas dengan Department of Primary Industries, Fisheries and Mines (DPIFM) dan Central Land Council (CLC), atas nama Pemilik Tradisional. Pemilik tradisional telah menyatakan keinginan bahwa lubang Bunkers Hill diisi dan direhabilitasi dengan cara yang sama seperti lubang Bullakitchie, yang juga terletak di Granites .

### *Kesimpulan*

Terdapat potensi dampak lingkungan yang terkait dengan deposisi tailing inpit di Tanami termasuk kematian fauna yang berhubungan dengan sianosis dan pencemaran air tanah. Air di sekitar lubang Bunkers Hill ditemukan telah berubah dari payau menjadi asin. Deposisi tailing ke lubang Bunkers Hill mungkin akan menghasilkan gumpalan garam yang menyusup ke batuan dasar di sekitarnya dan menjadi terdeteksi hingga 250 meter dari lubang. Pembuangan tailing ke dalam lubang bunker dimulai pada bulan Juni 2007 dan sampai saat ini, pencemaran air tanah telah terdeteksi hanya dalam satu lubang intersepsi rembesan. Belum ada bukti yang menunjukkan keterhubungan antara air tanah permukaan di sekitarnya dengan lubang di dalam intersepsi rembesan atau lubang pemantauan. Hal ini dapat berubah seiring dengan naiknya tailing di dalam lubang, oleh karena itu, lubang tersebut dipantau secara rutin.

Dipercaya bahwa potensi dampak dapat dikelola dengan menerapkan teknologi penghancuran sianida, memasang sistem intersepsi rembesan, dan dengan pengelolaan dan pemantauan operasional yang terus-menerus.

Kunci keberhasilan penerapan proses pengolahan sianida adalah dengan mempertimbangkan hal berikut (Botz 2001):

- n Air di lokasi dan keseimbangan sianida dalam kondisi iklim rata-rata dan ekstrim
- n Berbagai proses pengolahan sianida yang tersedia serta kemampuannya untuk digunakan secara individual atau terpadu untuk mencapai tujuan pengolahan
- n Pengujian, desain, konstruksi, pemeliharaan dan pemantauan yang tepat untuk fasilitas pengelolaan air dan pengelolaan sianida.

Secara hati-hati mempertimbangkan aspek-aspek pengelolaan air dan sianida sebelum, selama dan setelah operasi tambang, operator dapat mengurangi potensi dampak lingkungan yang terkait dengan penggunaan sianida.

Aspek lain dari pengolahan sianida yang harus dipertimbangkan adalah potensi dampak lingkungan dari senyawa yang berhubungan dengan sianida seperti sianat, tiosianat, amonia dan nitrat. Senyawa ini mungkin memerlukan pengolahan jika air yang digunakan dalam operasi akan dibuang. Setiap senyawa yang berhubungan dengan sianida ini harus dipertimbangkan ketika mengevaluasi pengolahan sianida alternatif pada lokasi tertentu.

#### **Kotak 7: Pengelolaan limbah sianida**

Pengelolaan limbah sianida secara efektif dengan mengintegrasikan dan menerapkan pengetahuan dari berbagai disiplin ilmu akan membuat kita mampu menguasai sianida dan mengurangi dampaknya terhadap lingkungan (Ritcey 1989). Praktek unggulan dalam pengelolaan limbah sianida adalah bagian dari praktek unggulan dalam pengelolaan tailing dan buku pedoman Pengelolaan Tailing dalam seri ini (DITR 2007a) memberikan informasi lebih lanjut. Beberapa pertimbangan utama dalam perencanaan, operasi dan penutupan fasilitas pembuangan (tailing) yang penting untuk pengelolaan sianida adalah:

- n standar rekayasa yang tinggi dalam desain, konstruksi, pemeliharaan dan penghentian TSF, termasuk aspek desain untuk mencegah akses satwa liar
- n penghalang yang dapat diandalkan, data disain geoteknik, hidrolis dan teknik yang memadai harus dikumpulkan pada tahap perencanaan untuk menunjukkan bahwa penyimpanan telah dilakukan dengan aman dan tidak ada pelepasan.
- n volume efluen yang dihasilkan ini akan memengaruhi ukuran optimal fasilitas dan dapat dihitung dengan menggunakan model hidrologi dalam rencana pengelolaan air
  - n arus masuk air dengan tailing, presipitasi, aliran lainnya (seperti tangkapan air, limpasan, selokan, efluen terkonsentrasi, air tanah)
  - n arus keluar - air yang kembali ke alam, penguapan, air interstisial (air yang dipertahankan dalam pori-pori tailing), kehilangan rembesan (tidak ada struktur bendungan atau kolam struktur yang benar-benar kedap air)
- n karakteristik efluen (komponen, konsentrasi, sifat fisika-kimia) dalam hal sianida, komponen lain dari matriks limbah dapat meningkatkan retensi, degradasi atau atenuasi toksisitas, karena mereka bertindak sebagai penghalang kimiawi.
- n kualitas yang diharapkan dari air rembesan dan tipe sianida yang dapat mencemari

nya (lihat Bagian 2.1)

- n laju rembesan yang diharapkan
- n keberadaan saluran drainase alami
- n kapasitas alami strata yang mendasarinya untuk mengurangi pencemar rembesan
- n penilaian kualitas dan kondisi air tanah - jumlah dan kualitas air, kedalaman badan air, kemampuan akuifer untuk mengirimkan air, jenis dan tingkat penggunaan saat ini
- n pemantauan fasilitas limbah, jalur kerugian fisik dan lingkungan untuk bentuk-bentuk sianida.

Lihat juga studi kasus di bawah mengenai karakterisasi kimia fasilitas penyimpanan tailing di Wiluna.

### **STUDI KASUS: karakterisasi kimia fasilitas penyimpanan tailing di operasi penambangan emas Wiluna**

Ketika penutupan fasilitas penyimpanan tailing (TSF) di operasi penambangan emas Wiluna sedang dipertimbangkan pada akhir tahun 2000, diputuskan untuk menilai potensi risiko lingkungan yang mungkin ditimbulkan dari penutupan tersebut.

Teknik karakterisasi TSF dan metodologi analitis baru yang dikembangkan oleh WA Chemistry Centre diterapkan. Pada lima lokasi secara merata dari pinggiran TSF ke pusat struktur, lubang dibor dari permukaan ke dasar TSF dan sampel dikumpulkan pada setiap interval satu meter. Sampel ini dilengkapi dengan pemantauan air tanah yang umum dari lubang di sekitar TSF. Selain itu, emisi HCN diukur pada TSF kering, tidak ada pelepasan yang diarahkan ke TSF ini selama beberapa bulan untuk memberikan kondisi terbaik dalam melakukan penilaian.

Karena penambangan emas Wiluna mengolah bijih dengan kadar sulfida tinggi yang mengandung arsenik, ada kekhawatiran tentang risiko yang ditimbulkan terhadap lingkungan dari arsenik sisa dan sulfida yang tidak teroksidasi untuk mengasamkan residu tailing dan melepaskan sianida dan logam, termasuk arsenik, ke lingkungan. Akibatnya penilaian karakterisasi meliputi penentuan analitis jenis sianida (jumlah sianida, sianida WAD, kompleks sianida logam Au, Co, Cr, Cu, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Ni dan turunannya NH<sub>3</sub>, SCN dan OCN), logam berat, perhitungan lengkap asam basa (ABA) dan pelindian menggunakan air suling dan uji TCLP.

#### *Penilaian emisi HCN dari TSF*

Emisi HCN diukur pada ketinggian 100 milimeter di lima lokasi TSF menggunakan prosedur NIOSH (kecepatan angin antara 3 sampai 12 knot, suhu lingkungan sekitar 40°C). Semua konsentrasi HCN di udara di atas sel TSF kering ini adalah <0,002 mg CN-/m<sup>3</sup>. Pada tingkat ini setiap emisi HCN tidak menyebabkan masalah kesehatan lingkungan atau manusia.



## Karakterisasi Kimia Fasilitas Penyimpanan Tailing

### *Penilaian potensi dampak sianida*

Dampak terhadap lingkungan dari parameter sianida ditentukan setelah penilaian yang cermat dari masing-masing bentuk sianida yang disebutkan di atas di seluruh kedalaman dari masing-masing lubang yang dibor di TSF. Selain korelasi dengan profil mineralogi terperinci yang ditentukan.

Hampir semua sianida dalam TSF terkunci sebagai kompleks sianida besi dengan sejumlah kecil kompleks sianida kobalt serta kompleks tembaga sianida yang jumlahnya sangat sedikit. Kompleks sianida besi berkurang pada semua lubang dari permukaan ke dasar dan dari pinggir TSF menuju pusat. Atenuasi kompleks sianida besi dan kobalt tampaknya sangat berkorelasi dengan kehadiran mineralmika / illit. Mobilitas akan sangat lambat melalui TSF.

Sianida yang dapat dilindi sangat rendah dan, berdasarkan pemodelan komputer, akan memiliki pelepasan kecil yang dapat diabaikan ke air tanah. Hasil pemantauan air tanah mengkonfirmasi hal ini.

### *Penilaian kemampuan pelindian dan perhitungan asam basa*

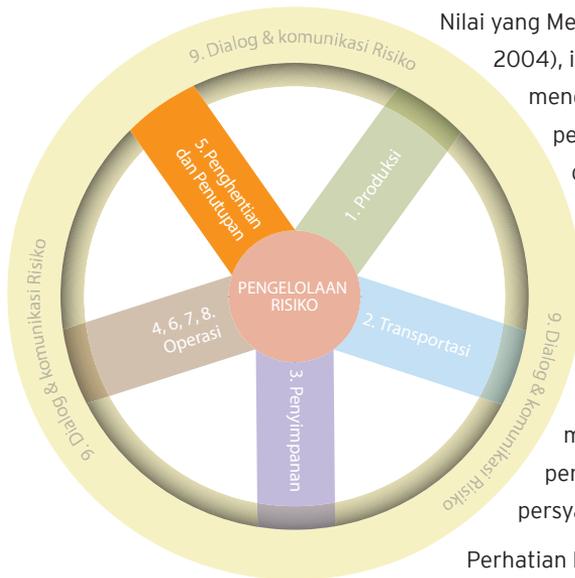
Hasil dari ekstrak TCLP menunjukkan bahwa jumlah moderat besi dan mangan akan dilindi dari residu TSF jika larutan pelindian adalah asam lemah (pH sekitar lima). Tidak satu pun dari logam yang berpotensi meracuni lingkungan tersebut, termasuk arsenik, yang terlindi dalam jumlah yang signifikan. Hasil ABA menunjukkan bahwa kapasitas penetral yang signifikan terdapat di seluruh profil. Ekstrak air suling bersifat basa dengan kandungan bikarbonat dan beberapa garam karbonat yang cukup besar. Semua sulfur yang terdapat dalam TSF adalah dalam bentuk sulfat teroksidasi dan tidak tersedia untuk produksi asam.

### *Kesimpulan*

Beberapa rembesan kecil dapat terjadi, terutama setelah peristiwa hujan deras. Rembesan ini dan bahan elusi potensial diharapkan akan jauh di bawah persyaratan peraturan. TSF tidak mungkin menjadi asam karena TSF mengkonsumsi asam.

### 5.3.6 Penghentian dan penutupan

Kode mensyaratkan bahwa standar praktek ditetapkan untuk melindungi masyarakat dan lingkungan dari sianida. Standar praktek membutuhkan pengembangan dan pelaksanaan rencana penghentian fasilitas sianida yang melindungi kesehatan manusia, satwa liar dan ternak dan menyediakan mekanisme jaminan yang mampu memberikan kegiatan penghentian yang berkaitan dengan sianida untuk didanai sepenuhnya.



Nilai yang Mempertahankan / Enduring Value (MCA 2004), industri pertambangan alian telah mengakui bahwa penutupan dan rencana penyelesaian tambang harus dilakukan. Prinsip dan unsur kunci secara keseluruhan tentang penutupan tambang dijelaskan secara rinci dalam Buku Pedoman Praktek Unggulan mengenai Penutupan dan Penyelesaian Tambang (DITR 2006b) dan menyediakan jalur bagi industri pertambangan untuk memenuhi persyaratan Kode.

Perhatian khusus juga diperlukan untuk membantu memastikan bahwa tingkat sianida AD berlebihan tidak berada di dalam penampungan tailing dan bahwa produk degradasi dari sianida seperti tiosianat, sianat dan nitrat tidak menimbulkan dampak lebih lanjut di masa mendatang.

#### Pilihan untuk pembuangan produk degradasi sianida

##### *Sistem lahan basah buatan*

Sistem lahan basah buatan diakui sebagai pilihan berkelanjutan secara ekologis untuk pengendalian pencemaran air, khususnya penghancuran nitrat dan sianat yang terurai menjadi amonia dan karbon dioksida. Tiosianat akan memisahkan diri dalam kondisi agak asam dan secara kimia dan biologi akan teroksidasi menjadi karbonat, sulfat dan amonia. Tiosianat adalah sekitar tujuh kali kurang beracun dari sianida. Pada dasarnya ada dua jenis lahan basah buatan (Greenway 2004).

- n Sistem aliran air permukaan / Free water surface (FWS) yang terdiri dari saluran, atau bentuk-bebas, cekungan dangkal, dengan dasar alami atau buatan dari tanah liat atau bahan geoteknik yang tahan untuk mencegah rembesan, dan lapisan substrat yang

sesuai untuk mendukung makrofita tumbuh dan berakar. Kedalaman air dapat bervariasi sesuai dengan jenis tanaman yang digunakan dan konfigurasi laguna juga dapat mendukung tumbuhnya makrofita.

- n Sistem aliran bawah tanah / Sub-surface flow (SSF) terdiri dari parit SSF dengan saluran kedap air dan substrat kerikil dan / atau tanah yang mendukung tumbuhnya makrofita seperti *Typha sp.*, yang umum ditemukan di lokasi tambang. Sistem ini dapat dirancang untuk memungkinkan air limbah mengalir secara horizontal melalui zona akar yang memaksimalkan filtrasi dan penyerapan dalam substrat, penyerapan unsur hara oleh tanaman dan mikro-organisme, dan penguraian mikroba. Sistem aliran vertikal dan alas rumput berlapis kerikil-pasir biasanya diberikan dosis secara berkala dari atas dengan air limbah. Air limbah mengalir secara vertikal ke bawah. Alas tersebut kemudian dibiarkan terkena angin sebelum dosis berikutnya diberikan. Tidak adanya genangan air menghalangi penggunaan dari banyak spesies tanaman air.

#### *Pengolahan lahan dari air limbah*

Terdapat perbedaan jenis dari sistem berbasis lahan untuk pengolahan air limbah, masing-masing ditentukan oleh tingkat pembebanan karakteristik mereka sendiri, jenis tanah dan operasi (Matsumoto 2004). Ini merupakan sistem resapan yang lambat, laju aliran permukaan dan infiltrasi yang cepat. Ketika mempertimbangkan sistem berbasis lahan maka penting untuk melihat kondisi tanah.

Secara umum sistem resapan lambat mampu mencapai tingkat tertinggi penghilangan nitrogen secara keseluruhan. Meskipun sebagian besar air tidak meresap ke tanah, ketika dirancang untuk menghilangkan nitrogen, laju beban hidrolik sistem resapan lambat dibatasi oleh jumlah nitrat yang diharapkan dapat masuk ke air tanah.

Sistem aliran air permukaan digunakan di daerah yang tanahnya memiliki permeabilitas rendah, seperti tanah liat. Dalam sistem aliran air permukaan air limbah dialirkan di bagian atas lereng yang ditutupi oleh rumput atau vegetasi dan dibiarkan mengalir ke selokan pengumpul. Proses ini memungkinkan untuk beban yang lebih tinggi dibandingkan sistem resapan lambat. Sangat sedikit dari air limbah yang digunakan merembes ke air tanah dan sangat sedikit yang hilang melalui evapotranspirasi.

#### *Perlakuan mikrobial*

Pengolahan air limbah di kolam pengolahan mikroalga- bakteri memanfaatkan interaksi fisik dan biokimia yang terjadi secara alami dalam sistem air untuk menghilangkan nitrogen (Hurse dan Connor, 1999). Sistem kolam perlakuan mikroalga-bakteri dipandang sebagai metode yang efektif dan murah untuk menghilangkan nitrogen dari air limbah. Secara teori, nitrogen dalam produk penguraian sianida diubah menjadi gas nitrogen dan akan hilang ke atmosfer dengan melalui tiga transformasi biologis utama selama penghilangan nitrogen di kolam pengolahan mikroalga-bakteri. Teknik perlakuan berbasis mikroba adalah efisien dalam mencapai denitrifikasi namun demikian tetap memiliki

masalah pemeliharaan. Mungkin harus ada fasilitas atau kolam yang berdiri sendiri, atau dapat ditambahkan ke proses tertentu untuk membuat bioreaktor.

Air limbah yang mengandung nitrogen dapat diolah dalam skala besar dengan menggunakan bioreaktor, dengan kantong gel yang dikemas. Kantong ini dibuat dari kain tidak ditenun yang dipasang dengan gel polimerik mengandung bakteri yang menghilangkan nitrat atau amonia. Teknik khusus ini perlu dilakukan oleh tenaga terampil.

#### *Osmosis terbalik*

Fasilitas osmosis terbalik efisien dalam menghilangkan garam terlarut termasuk nitrat / nitrit tetapi mahal untuk dilakukan. Pendekatan ini kemungkinan cocok untuk pengolahan air dengan volume yang lebih kecil tetapi tidak dalam skala besar.

#### *Fitoremediasi tanah yang tercemar sianida*

Fitoremediasi mungkin dapat diterapkan untuk mengambil senyawa sianida logam bebas dan kompleks. Tapi, tidak banyak yang diketahui tentang penyerapan sianida ke dalam tanaman, fitotoksisitas atau kinetika penguraian. Jumlah konsentrasi sianida hingga 1000 miligram per kilogram sebagai kompleks besi yang umumnya dapat ditoleransi oleh jenis pohon tertentu (Trapp & Christiansen 2003). Transpirasi pohon akan mengurangi infiltrasi air dan dengan demikian meminimalkan pelindian sianida ke air tanah. Penilaian risiko perlu dilakukan pada setiap lokasi tambang yang menggunakan fitoremediasi untuk memastikan bahwa tanaman dan pohon tidak mengakumulasi sianida.



## 6.0 KEGIATAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN DI AUSTRALIA

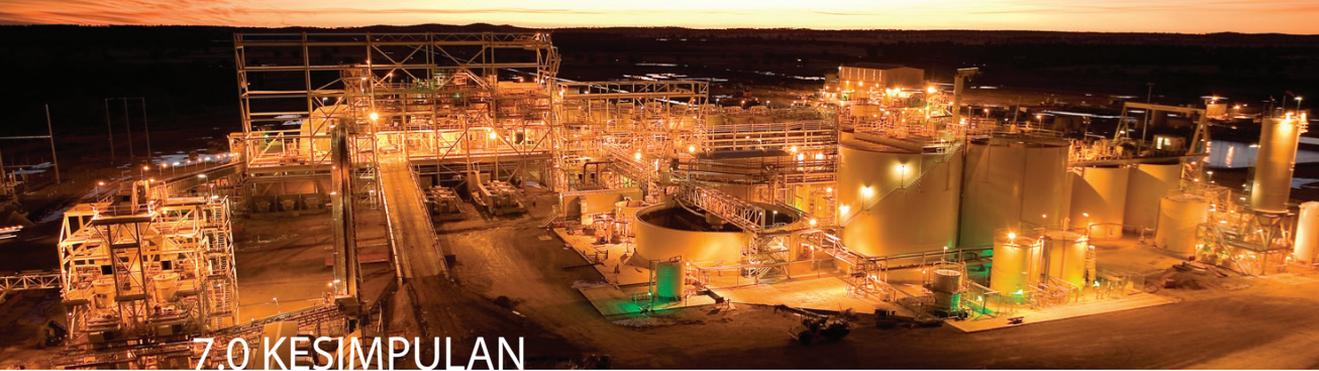
Penggunaan sianida dalam industri pertambangan di Australia telah didukung oleh sejumlah kegiatan dan program lintas industri/organisasi yang signifikan seperti ACMER, AMIRA, Merriwa, MCA dan Northern Territory Bird Usage of Tailings Storage Facilities Coordinating Group.

AMIRA Project P497 Pengelolaan Limbah Sianida: Meminimalkan Dampak Lingkungan dan Ekonomi', selesai pada bulan September 1997 merupakan proyek yang penting. Batas waktu 10 tahun sebelum proyek ini tersedia untuk dipublikasikan hampir berakhir. AMIRA akan segera mengizinkan penggunaan 'Kumpulan Literatur Komprehensif dan Kajian Kritis Perilaku dan Pengendalian Sianida. Tahap 2 proyek AMIRA P497A berkaitan dengan hasil penelitian percobaan dan tersedia dari MERIWA Project M309 Report No 214.

Northern Territory Mining Water Tailings Bird Usage and Mortality Study, yang dilakukan dari tahun 1996 sampai 1997 (Donato 1999) mengidentifikasi jenis burung yang rentan dan menunjukkan bahwa mengurangi kadar sianida WAD di bawah 50 miligram per liter mengurangi kematian burung.

ACMER Project R58 menilai risiko dari efek larutan tailing yang mengandung sianida pada satwa liar, dan melibatkan studi kasus di beberapa lokasi tambang Australia. Hasil dari proyek ini akan ditempatkan di situs web ACMER di [www.acmer.uq.edu.au](http://www.acmer.uq.edu.au).

Sebuah studi lanjutan di bawah MERIWA, Project M398, dibangun berdasarkan R58, tetapi dengan referensi khusus untuk tailing berkadar garam tinggi. AMIRA P420A-C Gold Processing Technology dan Parker Centre-Gold Market melakukan penelitian mengenai optimasi/perbaikan dari proses sianidasi dan alternatif untuk sianida.



## 7.0 KESIMPULAN

Penanganan dan pengelolaan sianida jelas terkait dengan profitabilitas dan kelangsungan pertambangan emas. Sebagai salah satu dari 14 tema dalam Praktek Kerja Unggulan Program Pembangunan Berkelanjutan untuk Industri Pertambangan, buku pedoman manajemen sianida ini telah mengidentifikasi isu-isu kunci yang berkaitan dengan penggunaan sianida yang dapat mempengaruhi pertambangan yang berkelanjutan. Buku pegangan ini memberikan informasi dan beberapa studi kasus praktis yang mengidentifikasi pendekatan yang lebih berkelanjutan bagi industri ini dan memperbarui prinsip-prinsip dan prosedur penggunaan sianida yang diuraikan dalam buklet Praktek Terbaik Pengelolaan Lingkungan Pengelolaan Sianida (Environment Australia 1998, 2003).

Buku pedoman ini dirilis pada periode yang sangat penting bagi industri pertambangan emas, terutama mengingat isu-isu pembangunan berkelanjutan dibahas dalam konteks Minerals Council of Australia's Enduring Value (2004), dan penyerapan dan penerapan industri Kode Pengelolaan Sianida Internasional / International Cyanide Management Code (ICMI 2006) (Kode tersebut) bersama-sama dengan perubahan peraturan yang baru-baru ini terjadi. Melalui kepatuhan dengan Kode sebuah panduan untuk pengelolaan berdasar risiko industri pertambangan emas Australia sedang mengembangkan praktek unggulan pengelolaan sianida. Sifat kimia dan pengelolaan sianida sebagai bahaya sekarang umumnya sudah dipahami dengan baik.

Kepatuhan terhadap Kode memberikan sarana bagi industri pertambangan untuk mengendalikan potensi paparan pada pekerja dan masyarakat terhadap konsentrasi sianida yang berbahaya, membatasi pelepasan sianida ke lingkungan, dan untuk meningkatkan tindakan tanggap dalam hal paparan atau pelepasan sianida. Hal ini juga sesuai dengan kegiatan bisnis yang baik. Sesuai dengan tujuan mencapai pembangunan berkelanjutan, praktek kerja unggulan perusahaan tambang mengambil pendekatan proaktif untuk pengelolaan sianida yang dapat diterima oleh para pemangku kepentingan untuk terus menggunakan sianida dalam kegiatan tambang.

Buku pedoman ini mencakup aspek-aspek yang relevan dari penggunaan sianida dalam pertambangan dari produksi sampai ke pembuangan akhir atau penghancuran. Buku ini adalah sumber bagi para perencana tambang dan manajer tambang, tetapi juga relevan untuk petugas lingkungan, konsultan, pemerintah dan pembuat peraturan, lembaga swadaya masyarakat, kelompok masyarakat yang tertarik, dan mahasiswa.

## REFERENSI DAN BACAAN LEBIH LANJUT

Adams, MD 2001, 'A methodology for determining the department of cyanide losses in gold plants', *Minerals Engineering*, vol. 14 (4), hal. 383-390.

AMIRA 1997, *Cyanide Waste Management: Minimising Environmental and Economic Impacts*, AMIRA Project P497, Phase 1 selesai pada September 1997, Phase 2 membahas hasil penelitian eksperimen dan tersedia dalam MERIWA Project M309 Report No 214.

ANZECC/ARMCANZ 2000, *Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality*, vo. 1, The Guidelines, Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC) and Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand (ARMCANZ), Oktober 2000.

ATSDR 1997, *Toxicological Profile for Cyanide*, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Department of Health and Human Services, Atlanta, Georgia, USA, hal. 46.

AS 2004, *Risk Management AS/NZS 4360:2004*, Standards Association of Australia: Strathfield NSW.

Ballantyne, B 1987, 'Toxicology of cyanides' in B Ballantyne, TC Marrs (eds.), *Clinical and Experimental Toxicology of Cyanides*, Wright Publishers, Bristol, UK 1987.

Botz, MM 2001, 'Cyanide treatment methods' in *The Cyanide Guide, Mining Environmental Management Journal*, Mei 2001, hal. 28-30.

Botz, MM, Devuyst, E, Mudder, TI, Norcross, R, Ou, B, Richins, R, Robbins, G, Smith, A, Steiner, N, Stevenson, JA, Waterland, RA, Wilder, A, and Zaidi, A 1995, *Cyanide: An Overview of Cyanide Treatment and Recovery Methods in Mining Environmental Management*, The Mining Journal Limited, London vol. 3 (2) hal. 4-16.

Botz, MM & Mudder, TI 2001, 'Chemical and physical treatment', Chapter 5 in TI Mudder and MM Botz, 2001, *The Cyanide Monograph*, Mining Journal Books, London.

Den Dryver, J 2002, 'Relevance of International Code on Cyanide Management within Newmont Australia. *Sustainable Development Conference*, 10-15 November 2002, Minerals Council of Australia, Canberra.

Department of Consumer and Employment Protection 2007, 'Cyanide poisoning-first aid and medical treatment', *WA Medical Bulletin*, No. 5, direvisi Agustus 2007.

Departemen Perindustrian, Pariwisata dan Sumberdaya 2006a, buku pedoman Praktek Kerja Unggulan Pembangunan Berkelanjutan mengenai Keterlibatan dan Pembangunan Masyarakat, Departemen Perindustrian, Pariwisata dan Sumberdaya, Canberra.

Departemen Perindustrian, Pariwisata dan Sumberdaya 2006b, buku pedoman Praktek Kerja Unggulan Pembangunan Berkelanjutan mengenai Penutupan dan Penyelesaian Tambang, Departemen Perindustrian, Pariwisata dan Sumberdaya, Canberra.

Departemen Perindustrian, Pariwisata dan Sumberdaya 2006c, buku pedoman Praktek Kerja Unggulan Pembangunan Berkelanjutan mengenai Tata Kelola, Departemen Perindustrian, Pariwisata dan Sumberdaya, Canberra.

Departemen Perindustrian, Pariwisata dan Sumberdaya 2007a, buku pedoman Praktek Kerja Unggulan Pembangunan Berkelanjutan mengenai Pengelolaan Tailing, Departemen Perindustrian, Pariwisata dan Sumberdaya, Canberra.

Departemen Perindustrian, Pariwisata dan Sumberdaya 2007b, buku pedoman Praktek Kerja Unggulan Pembangunan Berkelanjutan mengenai Bekerja dengan Masyarakat Adat, Departemen Perindustrian, Pariwisata dan Sumberdaya, Canberra.

Departemen Mineral dan Energi (Australia Barat) 1992, Panduan Pengelolaan Sianida, Departemen Mineral dan Energi, Perth.

Departemen Sumberdaya, Energi dan Pariwisata 2008a, buku pedoman Praktek Kerja Unggulan Pembangunan Berkelanjutan mengenai Penilaian dan Pengelolaan Risiko, Departemen Sumberdaya, Energi dan Pariwisata, Canberra.

Departemen Sumberdaya, Energi dan Pariwisata 2008a, buku pedoman Praktek Kerja Unggulan Pembangunan Berkelanjutan mengenai Pengelolaan Air, Departemen Sumberdaya, Energi dan Pariwisata, Canberra.

Donato, D, 1999, Bird Usage Patterns on Northern Territory Mining Water Tailings and their Management to Reduce Mortalities, Departemen Pertambangan dan Energi, Darwin NT, hal. 1-36.

Donato, D 2002, 'Cyanide use and wildlife protection: International Cyanide Management Code and the Australian experience', catatan lokakarya mengenai Masalah Teknis dalam Penggunaan dan Pengelolaan Sianida dalam Industri Emas, Perth, WA, Juli 2002, Australian Centre for Mining Environmental Research, Kenmore, Queensland.

Donato, DB, Nichols, O, Possingham, H, Moore, M, Ricci, PF & Noller, BN 2007, 'Kajian kritis dampak larutan tailing yang mengandung sianida', *Environ. Int.*, vol. 33, hal. 974-984.

Donato, DB & Smith, GB 2007, *Summary of Findings : ACMER Project 58*, Sunrise Dam gold mine sponsor's report, AngloGold Ashanti Australia, Donato Environmental Services SA, hal. 27.

Elliot, R 1996, 'Cyanide poisoning (new recommendations on first aid treatment', *Toxic Substances Bulletin*, Januari 1996, hal. 8-9.

eNHealth 2004, *Environmental Health Risk Assessment: Guidelines for Assessing Human Health Risks from Environmental Hazards*, Department of Health and Aged Care and eNHealth Council, Canberra, 2004, hal. 227.

Environment Australia 1998, *Cyanide Management*, Best Practice Environmental Management booklet, Environment Australia, Canberra.

- Environment Australia 2003, *Cyanide Management*, practice environmental management booklet, Environment Australia, Canberra.
- Fox, FD 2001(a), 'Public education and community outreach' in *The Cyanide Guide, Mining Environmental Management Journal*, Mei 2001, hal. 33-34.
- Fox, FD 2001(b), 'Environmental auditing and emergency response' in *The Cyanide Guide, Mining Environmental Management Journal*, Mei 2001, hal. 31-32.
- Greenway, M 2004, 'Constructed wetlands for water pollution control—processes, parameters and performance', *Dev. Chem. Eng. Mineral Process*, Vol. 12(5/6), hal. 1-14.
- Greeno, J, Hedstrom, G & Diberto, M 1988, *The Environmental, Health, and Safety Auditor's Handbook*, Centre for Environmental Assurance, Arthur D Little Inc, New York.
- Hartung, R 1982, 'Cyanides and nitrites' in *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*, 3rd rev. edn, vol. 2C, Toxicology, GD Clayton and FE Clayton (eds), John Wiley and Sons, New York, hal. 4845-4900.
- Hertting, GO, Kraupp, E & Schentz, E 1960, *Investigation About the Consequences of a Chronic Administration of Acutely Toxic Doses of Sodium Cyanide to Dogs*, *Acta Pharmacol. Toxicol*, vol. 17, hal. 27-43.
- Hurse, JT & Connor, AM 1999, 'Nitrogen removal from wastewater treatment lagoons', *Wat. Sci. Tech.*, vol. 39, hal. 191-198.
- Hynes, TPJ, Harrison, E, Bonitenko, TM, Doronina, Baikowitz, H, James, M & Zinck, JM 1999, 'The International Scientific Commission's assessment of the impact of the cyanide spill at Barkasaun, Kyrgyz Republic', May 20, 1998, in *Mining and Mineral Sciences Laboratories report MMSL 98-039(CR)*, Agustus 1999.
- International Cyanide Management Institute 2006, *International Cyanide Management Code*.
- International Cyanide Management Institute 2005, *Implementation Guidance for the International Cyanide Management Code*.
- Logsdon, MJ, Hagelstein, K & Mudder, TI 1999, *The Management of Cyanide in Gold Extraction*, International Council on Metals and the Environment, Ottawa, Canada.
- Matsumoto, MR 2004, 'Abiotic nitrogen removal mechanisms in rapid infiltration wastewater treatment systems', *Technical Completion Report W-952*, University of California Water Resource Center, Riverside, CA USA, hal. 1-43, <<http://repositories.cdlib.org/wrc/trc/matsumoto>>.
- McNulty, T 2001a, 'Alternatives to cyanide for processing precious metal ores', *Mining Environmental Management Journal*, Mei 2001.
- McNulty, T 2001b, 'Comparison of alternative extraction lixivants', *Mining Environmental Management Journal*, Mei 2001.

- Minerals Council of Australia 2004, *Enduring Value: The Australia Minerals Industry Framework for Sustainable Development*, Canberra, Australia.
- MMSD 2002, *Breaking New Ground—Mining Minerals and Sustainable Development*, report of the Mining, Minerals and Sustainable Development Project, International Institute for Environment and Development, London.
- Moore, MR & Noller, BN 2000, 'Future challenges facing the mining industry - an environmental health perspective', UNEP Industry and Environment 23, *Special Issues 2000*, hal. 41-43.
- Mudder, TI 1997, 'The Sources and Environmental Significance of Low Levels of Cyanide', in short course notes on *Management of Cyanide in Mining*, Perth, WA, April 1997, Australian Centre for Mining Environmental Research, Kenmore, Queensland.
- Mudder, TI 1987, 'Active and passive biological treatment', Chapter 4 in TI Mudder & MM Botz, 2001, *The Cyanide Monograph*, Mining Journal Books, London.
- Mudder, TI & Botz, MM 2001, 'Recovery and reuse', Chapter 3 in TI Mudder & MM Botz, 2001, *The Cyanide Monograph*, Mining Journal Books, London.
- Mudder, TI, Botz, MM & Smith, A 2001, *The Chemistry and Treatment of Cyanidation Wastes, 2nd edn*, Mining Journal Books Ltd, London.
- Mudder, TI & Whitlock, JL 1984, 'Biological treatment of cyanidation wastewaters', *Miner. Metall. Process*, vol, 1, hal. 161-165.
- National Occupational Health and Safety Commission 1993, *Cyanide Poisoning*, Australian Government Publishing Service, Canberra.
- NEPC 1999, *National Environmental Protection (Assessment of Site Contamination) Measures*, National Environment Protection Council, Adelaide.
- NHMRC 2004, *Australian Drinking Water Quality Guidelines*, NH&MRC, Canberra.
- Noller, BN & Saulep, G 2004, 'Loss of cyanide during transport to Tolukuma gold mine, Papua New Guinea' *European Journal of Mineral Processing & Environmental Protection*, vol. 4(1) hal. 49-61.
- Pesce, LD 1993, 'Cyanides', in *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 4th edn, vol. 7, Composite Materials to Detergency, John Wiley and Sons, New York, hal. 753-782.
- Richardson, ML (ed.) 1992, *The Dictionary of Substances and their Effects*, Royal Society of Chemistry, UK, hal. 716-718.
- Ricci, PF 2006, *Environmental and health risk assessment and management: principles and practices*, Springer, Dordrecht, NL.
- Ritcey, GM 1989, *Tailings Management: Problems and Solutions in the Mining Industry*, Elsevier, Amsterdam.

Rumball, JA, Munro, SD & Habner, ML 2007, 'Reducing WAD cyanide at the discharge spigot', *Ninth Mill Operators' Conference*, AusIMM, Carlton, Victoria, Australia, hal. 229-233.

Staunton, WP, Formby, S, Schulz, RS & Avraamides, J 1989, 'Transportation of liquid sodium cyanide-response strategies for spills', in *World Gold '89*, RB Bhappu and RJ. Harden (eds), Society of Mining, Metallurgy and Exploration, Littleton, Colorado, USA, hal. 357-362.

Stevenson, J, Botz, M, Mudder, T, Wilder, A & Richins, R 1995, 'Cyanisorb recovers cyanide', *Mining Environmental Management*, 9-10 Juni.

Trapp, SAJ & Christiansen, H 2003, 'Phytoremediation of cyanide-polluted soils', Chapter 28 in *Phytoremediation: Transformation and Control of Contaminants*, SC McCuthcheon & JL Schoor eds, Wiley-Interscience, New Jersey, hal. 829-862.

UNEP/OCHA 2000, *Spill of Liquid And Suspended Waste at the Aurul SA Retreatment Plant in Baia Mare, Romania*, United Nations Environment Programme/Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, Assessment Mission on the Cyanide Spill At Baia Mare, Romania, 23 February to 6 March 2000, UNEP, Geneva, Maret 2000.

USEPA 1998, *Guidelines for Ecological Risk Assessment*, US Environmental Protection Agency, Washington, DC, hal. 188.

White, RK 1997, 'Sodium cyanide transport, handling and safety issues, in short course notes on *Management of Cyanide in Mining*, Perth, WA, April 1997, Australian Centre for Mining Environmental Research, Kenmore, Queensland.

Whitlock, JL. 1989, 'The advantages of biodegradation of cyanides', *J Metals*, vol. 41, hal. 46-47.

## SITUS WEB LEBIH LANJUT

- n Departemen Sumberdaya, Energi dan Pariwisata
  - n *Praktek Kerja Unggulan Program Pembangunan Berkelanjutan* [www.ret.gov.au/sdmining](http://www.ret.gov.au/sdmining).
  - n MCMPR [www.ret.gov.au/resources/mcmpr](http://www.ret.gov.au/resources/mcmpr).
- n Minerals Council of Australia [www.minerals.org.au](http://www.minerals.org.au).
  - n *Enduring Value* [www.minerals.org.au/enduringvalue](http://www.minerals.org.au/enduringvalue).
- n International Council on Mining & Metals [www.icmm.com](http://www.icmm.com).
  - n *ICMM Sustainable Development Principles* [www.icmm.com/icmm\\_principles.php](http://www.icmm.com/icmm_principles.php).
- n International Cyanide Management Institute [www.cyanidecode.org](http://www.cyanidecode.org).
  - n Informasi tambahan tentang sianida [www.cyanidecode.org/library/References1.pdf](http://www.cyanidecode.org/library/References1.pdf).
- n The Parker Cooperative Research Centre for Hydrometallurgy Solutions [www.parkercentre.com.au](http://www.parkercentre.com.au).
- n Australian Centre for Minerals Extension and Research, The University of Queensland [www.acmer.uq.edu.au](http://www.acmer.uq.edu.au).
- n AMIRA International [www.amira.com.au](http://www.amira.com.au).
- n Situs web "The Cyantists" website [www.cyantists.com](http://www.cyantists.com).

## DAFTAR ISTILAH

---

Aq	Aqueous medium / Media berair.
Barren pond	Kolam penyimpanan untuk larutan yang dari larutan tersebut emas diekstraksi.
Bund / Tanggul	Sebuah tanggul rendah sering dibangun di sekeliling potensi area tumpahan untuk mengurangi risiko pencemaran lingkungan. Penting bahwa struktur ini dapat mempertahankan volume potensi tumpahan.
CIL	Carbon-in-leach / karbon dalam pelindian. Proses yang digunakan untuk menyerap emas menggunakan karbon aktif selama proses pelindian agitasi.
CIP	Carbon-in-pulp / Karbon dalam bubur kertas.
Cleaner production/ Produksi yang Lebih Bersih	Produksi yang lebih bersih merupakan strategi untuk terus meningkatkan produk, layanan dan proses untuk mengurangi polusi dan limbah pada sumbernya, yang juga dapat menghasilkan keuntungan finansial.
Sianida	Sebuah anion bermuatan tunggal yang terdiri dari satu atom karbon dan satu atom nitrogen yang bergabung dengan ikatan rangkap tiga, CN <sup>-</sup> .
Bentuk-bentuk sianida	Ini adalah senyawa kompleks sianida dengan emas, merkuri, kobalt, dan besi yang sangat stabil bahkan dalam kondisi agak asam. Baik ferosianida dan ferisianida terurai dan melepaskan sianida bebas jika terkena sinar ultraviolet secara langsung dalam larutan berair. Proses dekomposisi ini terbalik dalam kondisi gelap. Stabilitas garam sianida dan kompleks bergantung pada pH, oleh karena itu, toksisitasnya dapat berbeda-beda.
Eko-efisiensi	Eko-efisiensi adalah gabungan dari efisiensi ekologi dan ekonomi, dan pada dasarnya adalah tentang 'melakukan lebih banyak dengan yang sedikit'. Ekoefisiensi berarti memproduksi lebih banyak barang dan jasa dengan lebih sedikit energi dan sumber daya alam. Bisnis eko-efisien mendapatkan nilai tambah dari bahan baku mereka serta menghasilkan sedikit limbah dan polusi.
EMS	Environmental management system / Sistem pengelolaan lingkungan.

---

Sianida bebas	Bentuk yang paling beracun dari sianida yang meliputi sianida anion itu sendiri dan hidrogen sianida, HCN, baik dalam keadaan gas atau berair. Pada pH 9,3 sampai 9,5, CN <sup>-</sup> dan HCN berada dalam kesetimbangan yang masing-masing ada dalam jumlah yang sama. Pada pH 11, lebih dari 99 persen dari sianida tetap dalam larutan sebagai CN <sup>-</sup> ; sedangkan pada pH 7, lebih dari 99 persen dari sianida akan berada dalam bentuk HCN.
Heap leach / Pelindian tumpukan	Penggunaan bahan kimia untuk melarutkan mineral atau logam keluar dari tumpukan bijih. Selama pelindian tumpukan dari emas, larutan sianida merembes melalui bijih yang hancur menumpuk pada alas kedap atau alas dasar.
Hidrogen sianida	Hidrogen sianida, HCN, sangat larut dalam air tetapi kelarutannya menurun dengan meningkatnya suhu dan dalam kondisi yang berkadar garam tinggi. Baik gas dan cairan HCN tidak berwarna dan memiliki bau almond pahit, meskipun tidak semua orang dapat mendeteksi bau tersebut.
IBC	Intermediate bulk container / Wadah curah menengah.
LC50	Median lethal concentration / konsentrasi kematian median - konsentrasi materi dalam air yang diperkirakan mematikan sampai 50 persen dari organisme. LC50 ini biasanya dinyatakan sebagai nilai yang tergantung waktu, seperti, 24-jam atau 96-jam LC50 - konsentrasi yang diperkirakan mematikan sampai 50 persen dari organisme uji setelah 24 atau 96 jam paparan.
Lixivants	Agen pelindian kimia untuk mengekstrak emas.
Kompleks sianida logam	Kompleks sianida logam yang membentuk senyawa tipe garam dengan alkali atau kation logam berat, seperti kalium ferosianida (K <sub>4</sub> Fe(CN) <sub>6</sub> ) atau tembaga ferosianida (Cu <sub>2</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]) kelarutannya bervariasi dengan sianida logam dan kation. Hampir semua garam alkali dari sianida besi sangat mudah larut. Setelah pemisahan ini garam ganda memisahkan dan melepaskan kompleks sianida logam yang dapat menghasilkan sianida bebas. Garam logam berat dari sianida besi membentuk endapan tidak larut pada pH tertentu.
MSDS	Materials safety data sheet / Lembar data keselamatan material.
pH	Ukuran keasaman (atau kebasaan) didefinisikan sebagai log negatif (basis 10) dari konsentrasi ion hidrogen bebas. Skala pH berkisar dari 0 sampai 14; pH 7 adalah netral, kurang dari 7 asam dan lebih dari 7 basa.
PPE	Personal protective equipment / Alat perlindungan diri

Sparging / Penyemprotan	Sebuah prosedur yang dirancang untuk meminimalkan paparan operator terhadap sianida selama transfer dari wadah pengangkutan ke fasilitas penyimpanan di lokasi tambang. Natrium sianida padat (98 persen, dalam bentuk tablet) diangkut dalam kontainer 20 ton. Di lokasi tambang, natrium sianida ini disiram dengan air melalui sistem katup dan pipa langsung ke tangki penyimpanan.
Tailing	Bahan yang dibuang dari pabrik biasanya sebagai bubuk setelah mineral berharganya diambil melalui ekstraksi. Tailing yang dihasilkan dari pengolahan bijih yang melibatkan sianida akan berisi sianida dalam berbagai bentuk kimia dan konsentrasi serta bijih yang hancur, berbagai logam dan mineral, dan bahan kimia tambahan lainnya. Tailing biasanya dibuang ke TSF.
TLV	Standar paparan kerja untuk menangani sianida ini adalah 5 mg/m <sup>3</sup> untuk bubuk natrium sianida dan 10 ppm untuk gas hidrogen sianida.
TSF	Tailings storage facility / Fasilitas penyimpanan tailing.
Volatilisasi	Pelepasan fase gas dari bahan kimia, dalam buku pedoman ini adalah gas sianida (HCN).
Sianida WAD	sianida asam lemah yang dapat dipisahkan / weak acid dissociable (WAD) terdiri dari sianida bebas dan lemah atau kompleks yang cukup stabil seperti kadmium, tembaga dan seng, yang mudah dilepaskan dari kompleks sianida yang mengandung sianida (bentuk-bentuk sianida) ketika pH diturunkan dengan menggunakan asam lemah seperti asam asetat. Definisi rinci sianida WAD dapat berbeda bergantung pada metode analisis yang digunakan (lihat Lampiran 1).

# LAMPIRAN 1: PROTOKOL UNTUK PENGAMBILAN SAMPEL LAPANGAN, PEMANTAUAN DAN ANALISIS

Diamandemen dari APHA 4500-CN, 2005 dan Kode Pengelolaan Sianida Internasional / International Cyanide Management Code.

Pengambilan sampel dan penanganan sampel sianida yang benar, sebelum pengiriman ke laboratorium, adalah sangat penting:

## **Hasil analisis tidak dapat lebih baik dari sampel yang diujikan.**

Meskipun pengambilan sampel berair atau padat mungkin tampak mudah, pengumpulan sampel yang benar, baik dari segi lokasi dan sehubungan dengan analit yang akan dipantau, penuh dengan kesulitan. Setiap sampel harus fokus pada pengumpulan bagian yang mewakili dari substansi yang akan dianalisis. Bila bagian ini disajikan untuk analisis, parameter yang akan ditentukan harus ada dalam konsentrasi yang sama dan dalam bentuk kimia atau biologis seperti yang ditemukan di lingkungan aslinya di mana sampel tersebut diambil. Setelah sampel diambil dari lingkungan alaminya, reaksi kimia atau biologis dapat terjadi yang mengubah komposisi sampel. Pengawetan sampel akan menjaga parameter yang penting dalam bentuk yang sama seperti sebelum pengambilan dari lingkungannya. Tidak ada teknik pengawetan tunggal yang akan menjaga semua parameter, sehingga setiap parameter yang penting harus dipertimbangkan dan dijaga secara khusus.

## **Keterwakilan sampel**

### *Kolam air proses dan kolam tailing*

Karena lingkungan yang diambil sampelnya menentukan di mana sampel harus diambil, maka sampel tersebut harus mewakili cairan yang ada. Untuk kolam air proses, sampel harus diambil pada titik saluran masuk dan saluran keluar dan sesuai standar, lokasi diukur dari tepi kolam. Jika kondisinya dinamis, transek dan kedalaman profil sampel akan dibutuhkan.

Untuk kolam tailing, sampel harus diambil pada saluran masuk dan dari kolam tuang. Sampel ini cenderung non-homogen karena perubahan lokasi saluran masuk untuk tailing. Mungkin perlu untuk membuat studi khusus transek permukaan dan profil kedalaman untuk memahami karakteristik homogenitas. Untuk mendapatkan akses ke semua area, perahu dengan dasar yang rata atau hovercraft mungkin diperlukan. Air, tailing dan biota semua mungkin perlu disampel.

### *Pelindian tumpukan, air tanah dan air permukaan*

Sampel dari pelindian tumpukan harus diambil pada titik pengumpulan drainase utama dan pada setiap titik rembesan. Pengambilan sampel air tanah bisa dari air dangkal atau sumur dalam. Lebih baik untuk mengambil sampel dengan memompa daripada menimba. Kualitas air harus diperiksa untuk konsistensi aliran dan sampel yang diambil dan disiapkan di lokasi.

Ketika pengambilan sampel air permukaan, hal berikut harus diperhitungkan: karakteristik aliran air atau sungai, luasnya zona pencampuran, dampak hilir, dan lokasi pemantauan yang ditentukan dengan menggunakan sistem penentuan lokasi geografis (GPS) untuk mengidentifikasi koordinat atau lokasi pada foto udara.

#### *Komposisi sampel*

Adalah penting untuk menggunakan pengambilan sampel komposit dan mengambil setidaknya lima sampel. Ambil sampel yang mungkin mewakili aliran selama periode waktu yang singkat dan sampel lain yang terlihat mewakili perairan yang diambil sampelnya mungkin perlu dilakukan.

#### **Pengumpulan lapangan dan pengawetan sampel**

Pengumpulan sampel untuk penentuan sianida akan memerlukan penanganan untuk mengawetkan konstituen. Prosedur seperti yang dijelaskan oleh APHA dan ASTM adalah rumit dan tidak mudah dilakukan di lapangan. Masalah ini dapat diatasi dengan menggunakan fasilitas laboratorium lapangan atau truk (Noller dkk. 1993).

#### *Ketentuan umum yang berlaku untuk pengawetan sampel (Mudder dkk. 2001)*

- n Jenis sianida terdapat dalam bentuk ion sianida, sianida molekular dan/atau kompleks sianida logam
- n Tiosianat, amonia dan sianat mungkin juga ada
- n Kompleks sianida besi tunduk pada penguraian fotolitik
- n Kompleks sianida logam berbeda dalam stabilitas dan kelarutannya
- n Tiosianat bertindak sebagai gangguan
- n Sulfida dan senyawa belerang yang direduksi mengganggu karena pembentukan tiosianat
- n Oksidan seperti klorin sisa atau hidrogen peroksida juga dikenal dapat mengganggu.

#### *Faktor yang mempengaruhi kestabilan sianida sebelum analisis (Mudder dkk. 2001)*

- n Standar sianida dalam air suling, diawetkan dengan penambahan natrium hidroksida sampai pH > 12 dan disimpan pada suhu 4° C dalam gelap, umumnya stabil.
- n Larutan kompleks dari air pengolahan emas terlihat tidak stabil atau tidak diwakili jika diawetkan hanya seperti di atas.
- n Paparan terhadap cahaya akan menyebabkan penguraian kompleks sianida besi. Suhu yang dinaikkan dan agitasi akan menyebabkan hilangnya sianida dari larutan.
- n Sulfida atau senyawa belerang yang direduksi harus dihilangkan sebelum peningkatan pH untuk mencegah pembentukan tiosianat.
- n Senyawa pengoksidasi harus dihilangkan.
- n Padatan dalam sampel akan menyerap sianida dan memberikan nilai yang lebih rendah.
- n Filtrasi sendiri dapat mengurangi nilai sianida.
- n Volatilisasi pada pH < 10,5 merupakan sumber utama hilangnya sianida bebas.
- n Natrium sianida akan menjadi tercemar jika terpapar pada lingkungan sianida.
- n Scrubbing (pemurnian) awal dari udara yang masuk ke labu distilasi.

### **Prosedur pengawetan yang direkomendasi**

Karena reaktivitas yang tinggi dari larutan sampel sianida, maka sampel harus diuji dari adanya pengganggu utama, zat oksidasi dan sulfida di lokasi dan, jika ada, pengganggu harus dihilangkan sebelum pengawetan. Oksidan mengganggu dengan mengoksidasi sianida menjadi sianat yang tidak terdeteksi dalam prosedur jumlah sianida normal, sianida WAD dan sianida bebas, oleh karena itu, hasilnya akan terpengaruh secara negatif.

Kehadiran oksidan terdeteksi oleh kertas uji kalium iodida / pati. Basahi strip uji dengan larutan penyangga natrium asetat dan menempatkan setetes larutan sampel di atasnya. Perubahan warna biru pada kertas uji menunjukkan adanya oksidan yang cukup untuk berpotensi bereaksi dengan sianida yang ada selama pengangkutan ke laboratorium. Oksidan harus dikurangi sebelum mengawetkan sampel.

### *Prosedur pembuangan materi pengoksidasi*

1. Lepas dan tahan semua padatan dengan dekantasi atau filtrasi tekanan.
2. Tambahkan natrium arsenit\* (sangat beracun, lihat MSDS) dan campur sekitar 0,1 g/L biasanya sudah cukup.
3. Uji ulang, jika strip uji berubah warna lagi, mundur ke langkah 2.
4. Kembalikan padatan (dari langkah 1) ke larutan sampel dan naikkan pH sampai 12 dengan menambahkan 1-2 pelet padat natrium hidroksida.\*\*

Kehadiran sulfida ditandai dengan kertas uji timbal asetat berubah menjadi hitam. Tempatkan setetes larutan sampel pada kertas uji timbal asetat yang telah dibasahi sebelumnya (dengan larutan penyangga asam asetat) dan jika kertas uji warnanya menghitam, sulfida terindikasi. Sulfida dihilangkan melalui reaksi dengan timbal karbonat.

### *Prosedur untuk menghilangkan sulfida*

1. Lepas dan tahan semua padatan dengan dekantasi atau filtrasi tekanan.
2. Tambahkan timbal karbonat (sekitar 0,1 g/L) dan campur.
3. Lepaskan endapan timbal sulfida hitam yang terbentuk dengan filtrasi tekanan dan buang endapan tersebut.
4. Uji ulang larutan sampel. Jika strip uji berubah warna, mundur ke langkah 2 dan 3.
5. Kembalikan padatan (dari langkah 1) ke larutan sampel dan naikkan pH sampai 12 dengan menambahkan 1-2 pelet \*\*

Sampel harus disimpan dalam tempat gelap dengan suhu sekitar 4°C, seperti dalam esky (kotak pendingin) selama pengangkutan ke laboratorium.

Sampel tanah untuk analisis sianida (tidak dibungkus atau dalam stoples) harus dibungkus dalam plastik gelap dan jaga tetap dingin pada suhu 4°C tanpa penanganan lebih lanjut. Catatan: \* Natrium arsenit adalah reagen yang disukai tetapi perlu ditangani dengan hati-hati. Asam askorbat tidak lagi dianjurkan karena membentuk sianida dengan adanya nitrit atau nitrat selama proses distilasi. Sodium tiosulfat tidak dianjurkan karena kelebihan yang tersisa setelah mereduksi oksidan akan bereaksi dengan sianida untuk membentuk tiosianat.

\*\* Larutan sampel yang mengandung garam atau berkadar garam tinggi harus diperlakukan hati-hati karena hingga 30 pelet natrium hidroksida mungkin diperlukan untuk menaikkan pH sampai 12. Hal ini berlebihan karena pH tidak bisa dinaikkan sampai semua magnesium yang ada dalam larutan sampel telah diendapkan. Hanya dengan demikian baru pH dapat dinaikkan. Endapan magnesium ini akan menghilangkan analit lain (logam dan kompleks logam) dari larutan dan dapat menyebabkan hasil yang lebih rendah. Penambahan pelet natrium hidroksida ekstra untuk meningkatkan stabilitas sampel matriks yang diubah harus secara hati-hati ditimbang terhadap potensi hasil yang salah. Pengaturan khusus, seperti pengiriman cepat ke laboratorium dan prioritas perlakuan untuk parameter analitis kunci, mungkin lebih baik dan harus dinegosiasikan dengan laboratorium layanan.

### Aparatus dan bahan kimia

1. Unit filtrasi lapangan, alat suntik yang dioperasikan tangan (bukan filtrasi vakum)
2. Botol plastik hitam (HDPE) ukuran 500 mL bertutup ulir
3. Natrium arsenit (beracun)
4. Serbuk timbal karbonat
5. Pelet natrium hidroksida (bersifat korosif)
6. Kertas uji pati kalium iodida
7. Kertas uji timbal asetat
8. Sendok teh plastik
9. Esky (kotak pendingin) dengan es atau balok es
10. Asetat penyangga pH 4
11. Sarung tangan dan pakaian pelindung
12. Tongkat pengambil sampel yang dapat diperpanjang.

### CATATAN:

1. Jika, setelah beberapa minggu pengambilan sampel, tidak ada sulfida dan/atau agen pengoksidasi (seperti hidrogen peroksida, klorin) yang terdeteksi dan jika nasihat dari ahli metalurgi adalah bahwa sulfida dan/atau bahan pengoksidasi tidak mungkin ditemukan, langkah 3 dan/atau 5 dapat diabaikan. Namun, ada baiknya memeriksa setiap beberapa minggu terhadap adanya kemungkinan sulfida dan agen pengoksidasi.
2. Untuk sianida pada kadar kurang dari 100-200 ppb CN (0,1-0,2 miligram per liter), strip uji mungkin tidak dapat mendeteksi sehubungan dengan rendahnya kadar oksidan dan sulfida. Oleh karena itu disarankan untuk mengolah sampel tersebut untuk menghilangkan oksidan dan sulfida dengan menggunakan prosedur yang dijelaskan di atas. Jika strip uji tidak tersedia, maka gunakan perlakuan untuk oksidan dan sulfida.

**\*PERHATIAN:** Natrium hidroksida bersifat korosif. Jangan pegang dengan tangan telanjang!

### Referensi

Mudder, TI, Botz, MM & Smith, A 2001, *The Chemistry and Treatment of Cyanidation Wastes*, 2nd edn, Mining Journal Books Ltd, London.

## LAMPIRAN 2: PENGAMBILAN SAMPEL, PENGUKURAN DAN ANALISIS SIANIDA

Rangkuman ini berdasarkan pada Noller (1997), Mudder dkk. (2001), dan International Cyanide Management Code (ICMI 2002).

Sianida memiliki sifat kimia yang kompleks (lihat Bagian 2), dan pemantauannya juga kompleks. Sianida dapat ada dalam bentuk yang dapat larut dan tidak larut serta jenis sianida logam sederhana dan kompleks serta turunannya seperti tiosianat dan sianat. Kehadiran dan stabilitas jenis sianida ini dipengaruhi oleh matriks sampel dan paparannya terhadap pengaruh eksternal kimia dan fisika seperti pada proses pertambangan dan penggilingan. Oleh karena itu produk penguraian yang mengandung nitrogen atau belerang mungkin perlu dipantau untuk memahami proporsi bentuk kimia yang ada.

Bentuk kimia sianida yang akan diukur dan produk penguraiannya dalam larutan tailing atau rembesan akan menentukan teknik pengawetan yang sesuai. Hal ini dijelaskan secara rinci dalam Lampiran 1.

### Persyaratan dan desain

Banyak cara pengambilan sampel yang dapat dikembangkan dan pendekatan dasar utama digambarkan dalam tabel berikut:

PENDEKATAN	JUMLAH SAMPEL	POTENSI BIAS RELATIF	BASIS PEMILIHAN LOKASI	BIAYA
Penilaian	Kecil	Sangat besar	Riwayat sebelumnya, penilaian visual, dan/atau penilaian teknis	Rendah
Sistematis	Besar	Besar	Kisi atau pola yang konsisten	Tinggi
Acak	Sangat besar	Kecil	Pemilihan acak sederhana	Sangat tinggi

Skema pengambilan sampel seperti yang dijelaskan dalam Maher dkk. (1994) disarankan, dengan mempertimbangkan semua aspek dari proyek tambang, dan setiap fenomena yang dapat berubah seiring waktu. Desain harus sedemikian rupa sehingga hasil analisis rutin yang diharapkan dapat memberikan jaminan terhadap kualitas operasi pabrik serta semua potensi yang mempengaruhi lingkungan seperti sumber air permukaan dan air tanah dan kesehatan satwa liar lokal dan yang bermigrasi. Beberapa persyaratan pemantauan harus mencakup:

- n masalah atau pertanyaan yang dibahas dan hubungannya dengan prosedur pengambilan sampel
- n pemantauan selama fase penambangan/penggilingan

- n pemantauan setelah rehabilitasi
- n bentuk-bentuk sianida yang sedang dipantau
- n kendali proses ekstraksi emas
- n keadaan lingkungan, contohnya sianida dalam tailing dan pelindian tumpukan air tanah
- n dampak lingkungan pada biota burung yang mengakses kolam atau area pinggiran, pelindian tumpukan
- n dampak lingkungan dari semua pelepasan ke air permukaan dan pengujian toksisitas.

### Lokasi pengambilan sampel

Sampel diambil untuk menentukan operasi yang efisien dari proses pelindian emas dan lokasi yang sesuai di dalam pabrik yang dipilih oleh petugas metalurgi. Lokasi untuk pertimbangan lingkungan meliputi kolam air proses, bendungan tailing, parit rembesan, saluran pemulihan (pelindian tumpukan), dan air tanah. Lokasi pengambilan sampel aktual untuk memenuhi tujuan dari rencana pengelolaan lingkungan situs paling baik ditentukan melalui konsultasi dengan ahli perlindungan lingkungan.

Jika ada pelepasan air limbah yang mengandung sianida ke saluran air eksternal, sampel harus diambil dari hulu air permukaan pada pelepasan dan air permukaan di dalam dan hilir dari zona pencampuran. Luasnya zona pencampuran harus ditetapkan untuk memungkinkan penentuan efek hilir yang akan dibentuk. Perhatikan bahwa di perairan tropis penguraian sianida mungkin sangat cepat.

### Frekuensi pengambilan sampel

Tergantung pada tujuan pemantauan, termasuk pemantauan kepatuhan untuk regulator dan/ atau Kode Sianida Internasional, frekuensi dapat bervariasi secara signifikan dari setiap beberapa menit sampai per jam, harian, mingguan, atau pada beberapa interval khusus. Pengambil sampel dan penganalisis otomatis dan harus dipertimbangkan untuk pengambilan sampel dengan interval singkat yang tetap seperti saat ini digunakan di sirkuit pelindian. Replikasi sampel harus dimasukkan setiap lima sampai 10 sampel dan yang kosong termasuk dalam setiap kumpulan dikirim ke laboratorium.

Beberapa saran untuk lokasi pengambilan sampel dan untuk keterwakilan diberikan di atas.

### Memilih metode analisis untuk menentukan sianida

Laboratorium NATA yang berkualitas dan terakreditasi untuk pengujian sianida yang disyaratkan memiliki pengalaman teknis yang diperlukan termasuk pengetahuan dasar kimia sianida, dan pemahaman tentang kekuatan dan kelemahan dari berbagai metode yang akan memberikan hasil terbaik. Metode yang diterima diberikan dalam tabel di bawah.

Tabel metode analisis utama dan pengganti

ANALIT	METODE	KOMENTAR
Sianida bebas	Titration $\text{AgNO}_3$	Metode yang dipilih untuk larutan proses terutama di atas 1 mg/L LQL <sup>1</sup> : 1 mg/L $\text{HCN(aq)}$ , $\text{CN}^-$ , $\text{Zn(CN)}_x$ , beberapa bagian $\text{Cu(CN)}_4$
	Titration $\text{AgNO}_3$ dengan deteksi titik akhir potensiometri	Metode Pengganti metode Presisi penentuan titik akhir, mengukur jenis yang sama sebagai metode utama
	Difusi mikro $\text{HCN}$ dari sampel statis menjadi $\text{NaOH}$ [ASTM D4282]	Metode pengganti yang dekat dengan 'sianida bebas'
	Elektroda selektif ion	Metode pengganti yang dekat dengan 'sianida bebas'
	Kolorimetri langsung	Metode pengganti $\text{HCN(aq)}$ , $\text{CN}^-$ , $\text{Zn(CN)}_x$ , beberapa bagian $\text{Cu(CN)}_4 + ?$
	Penentuan amperometri	Metode pengganti Mengukur jenis yang sama sebagai metode utama
WAD cyanide	Distilasi manual pH4,5+ potensiometri atau kolorimetri selesai [ISO/DIS 6703/2, DIN 38405 Part 13.2:1981-02]	Metode yang dipilih LQL: 0,05 mg/L $\text{HCN(aq)}$ , $\text{CN}^-$ , $\text{Zn/Cd/Cu/Ni/Ag(CN)}$ Hasil lebih baik dibanding metode ASTM dengan adanya konsentrasi tembaga yang tinggi
	SFIA sejajar distilasi mikro pH 4,5 + kolorimetri selesai [ASTM D4374]	Metode pengganti Mengukur jenis yang sama sebagai metode utama
	FIA sejajar pertukaran ligan + amperometri selesai [US-EPA OIA-1677]	Metode pengganti Mengukur jenis yang sama sebagai metode utama
	Asam pikrat, penentuan kolorimetri	Metode pengganti Mengukur jenis yang sama sebagai metode utama
Total cyanide	Distilasi manual + titration/ potensiometri atau kolorimetri selesai [ISO/DIS 6703/1, DIN 38405 Part 13.1:1981-02]	Metode yang dipilih LQL: 0.10 mg/L $\text{HCN(aq)}$ , $\text{CN}^-$ , $\text{Zn/Cd/Cu/Ni/Ag/Fe(CN)}_x$ , beberapa bagian $\text{Au/Co/Pt/Pd(CN)}_x$
	SFIA, iradiasi UV in-line / langsung, distilasi mikro + kolorimetri selesai [ASTM D4374]	Metode pengganti Mengukur jenis yang sama sebagai metode utama juga $\text{Cr(CN)}_x$ dan pemulihan lebih baik dari $\text{Au/Co/Pt ?/Pd ?(CN)}_x$

<sup>1</sup>: Kadar kuantisasi yang lebih rendah / lower quantitation level (LQL), didefinisikan sebagai 3 kali kadar deteksi atau 10 kali standar deviasi pada kadar mendekati blanko.

## Pengolahan dan pengawetan sampel tambang

Informasi rinci diberikan dalam "Protokol untuk pengumpulan dan pengawetan sampel lapangan untuk penentuan sianida" di atas.

## Evaluasi perlakuan untuk oksidan

Noller & Schulz (1995) membandingkan berbagai perlakuan untuk menghilangkan oksidan sebelum melakukan analisis sianida (lihat tabel berikut).

### Tabel Perbandingan perlakuan untuk persiapan sampel

#### Contoh A

	SIANIDA WAD PPB		JUMLAH SIANIDA PPB	
	APHA*	ASTM#	APHA	ASTM
Tanpa perlakuan	130	10	200	225
pH disesuaikan dan timbal karbonat	80	30	< 10	125
Plus:				
1. Tidak ada perlakuan oksidan	100	30	150	110
2. Asam askorbat	160	20	110	(-ve)
3. Natrium tiosulfat	100	20	140	(-ve)
4. Natrium arsenit (beracun)	130	40	< 10	125
5. Asam oksalat	130	20	200	140
Blanko	< 10	< 10	< 10	< 10

(Tiosianat diukur sebagai <500 ppb)

\*American Public Health Association

#American Society for Testing and Materials

### Tabel Perbandingan perlakuan untuk persiapan sampel

#### Contoh B

	SIANIDA WAD PPB	JUMLAH SIANIDA PPB	TIOSIANAT PPB
Tanpa perlakuan	12	93	400
pH disesuaikan dan timbal karbonat			
Plus:			
1. Tidak ada perlakuan oksidan	31	380	700
2. Asam askorbat	28	180	900
3. Natrium tiosulfat	41	33	400
4. Natrium arsenit (beracun)	48	84	900
Blanko (semua perlakuan)	< 2	< 2	< 100

## Contoh rangkuman pengukuran

Skema analitis terpadu termasuk sebagian atau seluruh hal berikut (lihat Tabel di bawah sebagai contoh):

- n jumlah dan sianida WAD
- n sianida bebas, jika ada (perbedaan antara WAD dan jumlah dari jenis sianida memberikan indikasi konsentrasi sianida bebas)
- n jenis sianida termasuk tiosianat
- n konsentrasi logam (Cu, Co, Fe, Cr, Au oleh ICP-MS)
- n jenis nitrogen (Total-N, nitrit, nitrat, amonium).

Penggunaan tiosianat untuk membakukan penentuan kolorimetri sianida sudah ditetapkan (Bianting, Sun & Noller 1998).

**Tabel Contoh analisis sianida komprehensif**

	<b>BENDUNGAN TAILING 1 (MG/L)</b>	<b>BENDUNGAN TAILING 2 (MG/L)</b>
Jumlah sianida	120	9,6
Sianida WAD	95	8,6
Cu-CN	6,3	2,0
Co-CN	< 0,1	< 0,1
Cr-CN	< 0,5	< 0,5
Fell-CN	4,4	0,41
Felll-CN	< 0,1	< 0,1
Ni-CN	< 0,2	< 0,2
Au-CN	< 0,5	< 0,5
N-NH <sub>3</sub>	0,49	7,9
N-NO <sub>3</sub>	9,4	26
N-Total	100	47
SCN	37	0,6

## Metode spektrofotometri langsung dengan menggunakan reagen asam pikrat (Iamarino 1989)

### Ringkasan

Sianida bebas dan sianida lemah yang dapat dipisahkan bereaksi dengan asam pikrat dalam larutan menghasilkan warna jingga terang yang dapat diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada 520 nm. Pikrat logam alkali terlarut diubah oleh sianida ke dalam garam berwarna dari asam isopurpurat dan konsentrasinya diukur. Kehadiran sejumlah kecil nikel dalam larutan yang dianalisis memiliki efek positif pada kinerja keseluruhan dari metode

ini. Batas deteksi dari prosedur ini adalah 0,26 miligram per liter. Metode ini cocok untuk penentuan sianida asam lemah yang dapat dipisahkan. Reduksi asam picric hanya dipengaruhi oleh sianida bebas saja. Sianida yang terikat dengan kompleks tembaga, nikel, seng atau kadmium dapat dibebaskan oleh metatesis dengan asam dietilentriaminapentaasetat (DTPA) atau asam etilendiaminatetraasetat (EDTA). Kompleks besi-sianida, kompleks kobalt-sianida, kompleks emas-sianida, dan kompleks perak-sianida tidak bereaksi menengalkan sianida terikatnya dalam keadaan utuh.

Metode spektrofotometri langsung memungkinkan untuk pengukuran 20-300  $\mu\text{g}$  sianida dalam aliquot sampel hingga 75 mililiter. Sampel yang mengandung lebih dari 600  $\mu\text{g}$  sianida perlu diencerkan. Metode ini tidak boleh digunakan untuk mengukur sianida bebas dan sianida lemah yang dapat dipisahkan di bawah lima miligram per liter.

### **Gangguan**

Ion tiosianat, sianat dan tiosulfat tidak memiliki efek buruk dan dapat ditoleransi pada kadar yang umumnya terjadi dalam efluen pabrik pengolahan emas. Sulfida adalah sumber gangguan, 0,1 mg  $\text{S}^{2-}$  setara dengan 0,025 mg CN<sup>-</sup>. Jika ada, ion sulfida dapat secara langsung dihilangkan dengan menambahkan garam timbal. Tapi jarang sekali efluen pabrik pengolahan emas akan mengandung sulfida pada kadar yang cukup besar untuk mengganggu secara signifikan dalam penentuan sianida. Partikel sulfida yang kontak dengan reagen asam pikrat akibat penyaringan yang tidak tepat dari bubur yang mengandung emas juga akan menyebabkan gangguan  $\text{S}^{2-}$ .

Metode ini memerlukan pengendalian tertutup pH karena hal tersebut mempengaruhi intensitas warna yang dihasilkan oleh reaksi asam sianida-pikrat. Hasil warna yang paling kuat pada pH 9,0 sampai 9,5. Untuk sensitivitas maksimum dan reproduksibilitas yang baik dari hasil analisis, larutan reagen asam pikrat karenanya harus disangga. Dalam prosedur ini campuran natrium tetraborat dan karbonat serta DTPA itu sendiri bertindak untuk mencapai tujuan ini. DTPA lebih disukai daripada EDTA karena nilai-nilai yang lebih menguntungkan dari konstanta ionisasi asam dan konstanta stabilitas beberapa kelat logam.

### **Tindakan pencegahan untuk keselamatan**

Asam pikrat (trinitrofenol) dalam bentuk kering memiliki sifat eksplosif dan tidak dijual lagi di Australia sebagai reagen laboratorium. Asam pikrat dijual sebagai larutan satu persen (maksimum satu liter) yang aman untuk digunakan. Namun perhatian tetap diperlukan untuk memastikan bahwa kristal tidak terbentuk di bawah tutup botol. Persyaratan peraturan dan kelembagaan lokal perlu dikonfirmasi dengan melakukan penilaian risiko sebelum digunakan. Mungkin perlu untuk mengumpulkan larutan dan memberi perlakuan sebelum dibuang. Tumpahan harus secara hati-hati diseka. Asam pikrat memiliki kecenderungan untuk menodai kulit dan oleh karena itu, mengenakan sarung tangan pelindung, dianjurkan. Kaca yang ternoda oleh asam pikrat paling baik dicuci dengan metanol atau aseton.

## Reagen

### *Reagen asam pikrat yang disangga*

Larutkan 40g asam dietilentriaminopentaasetat dan 16 g NaOH dalam 300-350 mL air. Selanjutnya tambahkan, dalam urutan yang diberikan, 600 mL dari satu persen larutan asam pikrat, dan larutkan 14 g natrium tetraborat anhidrat atau 27 g  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  dan 8 g natrium karbonat anhidrat. Larutan ini memiliki pH 8,7 dan akan meningkat menjadi 9,0 pada pengenceran empat kali lipat. Setelah bereaksi dengan sianida pH akhir larutan seharusnya 9,2-9,3.

### *Larutan nikel, sekitar 100 mg/L Ni.*

Larutkan 0,22 g  $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dan 1 g NaCl dalam 500 mL air.

### *Larutan sianida standar, 1000 mg/L sianida*

Larutkan 2,503 g KCN dan 1 g KOH atau NaOH dalam air dan encerkan menjadi 1 liter. Untuk pengenceran lanjutan jika diperlukan untuk persiapan standar kerja kalibrasi.

## Prosedur

Pindahkan ke dalam 150 mL gelas kimia volume yang sesuai dari larutan sampel yang mengandung 1-300  $\mu\text{g}$  sianida. Tambahkan 1 mL larutan nikel, aduk, dan encerkan dengan air sampai sekitar 70 mL. Ukur sekitar 70 mL air dalam gelas kimia lain, tambahkan 1 mL larutan nikel dan ikuti prosedur sebagai blanko reagen. Tambahkan 25,0 mL reagen asam pikrat yang disangga untuk setiap gelas kimia dan panaskan selama 35 menit di atas kompor listrik dengan suhu permukaan disesuaikan sampai 160 °C, tanpa menjadikannya mendidih. Jika endapan putih kalsium karbonat terbentuk tambahkan 0,1-0,2 g garam disodium EDTA. Dinginkan larutan pada suhu kamar, pindahkan ke 100 mL labu volumetrik dan encerkan sampai batas volume.

Ukur absorbansi larutan yang warnanya lebih pekat dibanding blanko reagen pada 520 nm dengan menggunakan blanko reagen sebagai referensi. Absorbansi blanko reagen biasanya bervariasi antara 0,006-0,009 (520 nm, lebar celah 0,03 mm, 1 cm jalur sel). Buang larutan sesuai dengan MSDS dan persyaratan peraturan.

## Kalibrasi

Ke dalam 150 mL alikuot pipet gelas kimia larutan sianida standar yang berisi 25, 50, 100, 200 dan 300  $\mu\text{g}$  sianida. Tambahkan 1 mL larutan nikel untuk masing-masing, campur, dan encerkan sampai sekitar 70 mL dengan air. Tambahkan 25,0 mL reagen asam pikrat yang disangga dan lanjutkan seperti yang dijelaskan dalam 'prosedur'. Selalu ukur absorbansi terhadap blanko reagen masing-masing. Plot pembacaan absorbansi versus  $\mu\text{g}$  sianida yang ditambahkan dalam alikuot dari larutan sianida standar, dan buat grafik kalibrasi.

## Perhitungan

Konversi pembacaan absorbansi larutan berair atau ekstrak ke dalam mikrogram sianida dengan menggunakan grafik kalibrasi. Hitung konsentrasi sianida dalam larutan sampel asli sebagai berikut:

$\text{mg/L CN}^- = A/B$  di mana :  $A = \mu\text{g CN}^-$  yang didapatkan dari grafik dan  $B = \text{volume, dalam mL, dari larutan sampel yang digunakan untuk analisis.}$

## Referensi

Bianting, Sun & Noller 1998,, 'Simultaneous determination of trace amounts of free cyanide and thiocyanate by a stopped-flow spectrophotometric method', *Water Research*, vol. 32, hal. 3698-3704.

Iamarino, PF 1989, 'The direct spectrophotometric determination of cyanide with picric acid reagent', *JRGL*, June 1 1989, INCO Ltd. (based on VJZatka method (*JRGL*, November 1980, which was a modification of the method of DJ Barkley and JC. Ingles, Report 221), CANMET, (Februari 1970).

International Cyanide Code (ICMI) 2002, 'Additional information on cyanide', Mei 2002, [www.cyanidecode.org](http://www.cyanidecode.org).

Maher, WA, Cullen, PW & Norris, RH 1994, Framework for designing sampling programs. *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 30, hal, 139-162.

Mudder, TI Botz, MM & Smith, A 2001, *The Chemistry and Treatment of Cyanidation Wastes*, 2nd edn, Mining Journal Books Ltd, London,

Noller, BN 1997, 'Cyanide, sampling, measurement and analysis', in short course notes on *Management of Cyanide in Mining*, Australian Centre for Mine site Rehabilitation Research, 14-16 April 1997, Perth Western Australia.

Noller, BN & Schulz 1995,, 'The effect of cyanide preservation procedures on analytical results', proceedings of the 4th *Environmental Chemistry Conference*, D Dundas and B Salter-Duke (eds), Darwin, NT, 9-14 Juli 1995. hal. E025-1-E025-3.

## LAMPIRAN 3: PROTOKOL UNTUK PEMANTAUAN SATWA LIAR

Toksikosis Sianida Satwa Liar: Pemantauan tailing yang mengandung sianida dan Kepatuhan Fasilitas Pelindian Tumpukan dengan Kode Pengelolaan Sianida Internasional (Kode) membutuhkan desain dan pelaksanaan program pemantauan yang kuat untuk kepatuhan di bawah standar praktek berikut: 4.1, 4.4 dan 4.9. Pemantauan industri untuk masalah ini telah tidak konsisten, dengan kematian satwa liar mungkin telah diabaikan, dan komposisi spesies yang berisiko (termasuk spesies yang terancam punah dan dilindungi) tidak terdokumentasi dengan baik (Donato 1999). Saat ini ada persyaratan yang diakui berdasarkan Kode untuk pengamatan satwa liar yang disengaja pada tailing tambang yang mengandung sianida dan ada kebutuhan untuk memiliki protokol yang ditetapkan untuk analisis terkait data pemantauan. Pemahaman yang lebih mendalam oleh perusahaan pertambangan mengenai masalah ini akan memungkinkan pendekatan proaktif untuk secara signifikan mengurangi, atau lebih baik lagi menghilangkan, risiko lingkungan ini. Terdapat kesenjangan pengetahuan yang signifikan dalam memahami, memantau dan mengelola risiko paparan satwa liar terhadap tailing yang mengandung sianida dan, selama masih seperti ini, sertifikasi penuh di bawah Kode akan menjadi tantangan untuk beberapa operasi (Donato dkk 2004; Donato & Griffiths 2005).

Sebuah cara pemantauan yang kuat dapat menjadi rumit karena setiap pengolahan dan sistem tailing berbeda. Sistem pengolahan metalurgi berikut umum digunakan di Australia: karbon dalam pelindian / carbon-in-leach (CIL), karbon dalam bubur / carbon-in-pulp (CIP), dan kolam proses pelindian tumpukan. Sistem pembuangan tailing meliputi pelepasan perifer, pelepasan pusat dan pembuangan inpit.

Beberapa satwa liar darat dapat dicegah untuk masuk oleh pagar atau penghalang fisik lainnya ke fasilitas penyimpanan tailing (TSF), sehingga membatasi interaksi satwa liar dengan tailing dan larutan yang mengandung sianida terutama untuk burung dan kelelawar.

Meskipun program pemantauan satwa liar untuk tanaman proses dan TSF mengandung atribut inti yang sama, adalah perlu untuk mengadaptasi pemantauan untuk memperhitungkan fitur spesifik dari masing-masing sistem. Atribut inti ini hanya dianggap tepat untuk sistem tailing yang melepas kurang dari 50 miligram per liter sianida asam lemah yang dapat dipisahkan (WAD). Isu ini sangat rumit jika larutan tailing dianggap atau ditemukan lebih besar dari 50 miligram per liter sianida WAD.

Pada dasarnya sianida perlu diukur untuk memperoleh pemahaman tentang konsentrasi yang dapat mempengaruhi satwa liar jika terpapar. Hal ini biasanya sama dengan mengukur konsentrasi sianida larutan yang masuk dan meninggalkan sistem tailing. Untuk menilai risiko terhadap satwa liar yang disajikan oleh sistem tailing dan pelindian tumpukan maka perlu untuk memantau bahaya (konsentrasi sianida) dan paparan (spesies satwa liar hidup, keberadaan dan interaksi). Tugas ini cukup mudah dan sistem pemantauan sering sederhana telah dikembangkan dan diterapkan untuk kepatuhan Kode. Pemantauan satwa liar yang dikembangkan oleh Donato Environmental Service (Smith & Donato 2007) dan digunakan

pada operasi pertambangan berangkat dari norma industri. Hal tersebut mendokumentasikan upaya pengamat, kehadiran satwa liar hidup, habitat dan perilaku dalam sistem tailing, serta kematian dan bangkai.

*Membuat cara pemantauan untuk fasilitas penyimpanan tailing*

Menentukan fitur habitat, mengidentifikasi titik pengambilan sampel sianida, dan memahami perilaku spesies yang berisiko dalam kaitannya dengan habitat yang memungkinkan kegiatan untuk mengembangkan cara pemantauan yang tepat, dan patuh dengan Kode.

Tabel di bawah ini menyajikan cara pemantauan sianida TSF pada umumnya yang mengukur konsentrasi sianida yang masuk dan keluar dari sistem dan perbedaannya.

**Pemantauan sianida rutin yang umum dari larutan limbah tailing**

TIPE	FREKUENSI	ANALIT	KOMENTAR
Konsentrasi sianida keran pelepasan tailing	Pada frekuensi yang memperhitungkan perbedaan yang diukur. Harian (jika > 50 mg/L)	CN <sub>WAD</sub> CN <sub>Total</sub> CN <sub>Bebas</sub> pH	Sampel harus diambil sepagi mungkin jika memungkinkan. Perhatikan: duplikasi sampel harus dilakukan dari waktu ke waktu untuk mempelajari adanya error analitis.
Konsentrasi sianida supernatan (sistem pelepasan perifer)	Pada frekuensi yang memperhitungkan perbedaan yang diukur. Harian (jika > 50 mg/L)	CN <sub>WAD</sub> CN <sub>Total</sub> CN <sub>Bebas</sub> pH TDS	Sampel harus diambil sepagi mungkin jika memungkinkan. Sampel harus diambil di menara tuang / decant tower (atau titik air kembali).
Pooling dari-keran (sistem pelepasan pusat)	Pada frekuensi yang memperhitungkan perbedaan yang diukur. Kapan pun pooling dari-keran ada. Harian (jika > 50 mg/L)	CN <sub>WAD</sub> CN <sub>Total</sub> CN <sub>Bebas</sub> pH TDS	Sampel harus diambil sepagi mungkin jika memungkinkan. Sampel harus diambil di mana pooling dari-keran ada.
Konsentrasi sianida nokturnal	Pada frekuensi yang memperhitungkan perbedaan yang diukur.	CN <sub>WAD</sub> CN <sub>Total</sub> CN <sub>Bebas</sub> pH TDS	Sampel harus diambil sepagi mungkin jika memungkinkan. Sampel harus diambil di tempat yang aman untuk melakukannya.
Dosis sianida pada penggilingan	Sesering mungkin.	CN <sub>Bebas</sub>	Korelasikan dosis sianida bebas harian ke sianida WAD yang diharapkan pada (spigot) pelepasan dan pada supernatan dari-keran.

Perhatikan: Setiap upaya harus dilakukan untuk membakukan titik pengambilan sampel yang tepat untuk pengambilan sampel kimia air proses rutin (dalam kendala keselamatan dan logistik), karena hal ini akan sangat meningkatkan konsistensi data yang diperoleh.

Tabel di bawah ini menyajikan cara pemantauan satwa liar TSF yang umum untuk mengidentifikasi apakah terjadi kematian, mengidentifikasi faktor yang membawa risiko dan menentukan spesies yang berisiko .

**Pemantauan satwa liar rutin yang umum dari larutan limbah tailing**

FREKUENSI - TIPE	BADAN AIR	WAKTU	PENGAMATAN	DESKRIPSI
<p>Pemantauan satwa liar harian. Perhatikan: Survei satwa liar harian yang diperlukan selama konsentrasi pelepasan adalah <math>\pm</math> 50 mg/L sianida WAD.</p> <p>Jika detoksifikasi sianida dilakukan untuk melepaskan konsentrasi di bawah 50 mg/L sianida WAD maka frekuensi pemantauan satwa liar dapat dikurangi (misalnya untuk mingguan).</p>	<p>Badan air yang mengandung sianida.</p>	<p>Matahari terbit: Periode pengamatan minimum yang disarankan 30 menit pada setiap TSF.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>n nama pengamat</li> <li>n lokasi</li> <li>n kondisi cuaca</li> <li>n waktu mulai dan selesai</li> <li>n ID spesies</li> <li>n jumlah yang ada</li> <li>n penggunaan habitat</li> <li>n catat tidak adanya kehadiran burung pada lembar data jika ada</li> <li>n area ketersediaan air</li> </ul>	<p>Catat habitat sebagai: S-supernatant (open water) B/DT-beach/dry tailings B/WT-beaches/wet tailings B/W-beach/walls WT-wet tailings SP-spigot pooling DT-dry tailings BG-bare ground W-dam walls Is-islands A-aerial V-vegetasi I-infrastruktur. Catat kondisi satwa liar hidup atau mati. Dokumentasikan tanda-tanda stres yang terlihat.</p>
			<p>Keberadaan bangkai</p>	<p>Bersamaan dengan survei satwa liar. Catat semua bangkai (lokasi dan spesies). Jika terdapat spesies yang berisiko (hidup), upaya harus dilakukan untuk secara aktif melindunginya dari TSF..</p>
<p>Pemantauan pasif bulanan aktivitas kelelawar pemakan serangga pada badan air yang mengandung sianida disarankan minimal empat malam per bulan.</p>	<p>Badan air yang mengandung siandia.</p>	<p>Matahari terbenam: perangkat diprogram untuk hidup dan mati pada waktu yang sama setiap malam secara otomatis.</p>	<p>Identifikasi kelelawar sampai tingkat spesies atau genus. Mengukur pola kegiatan, yaitu, panggilan per spesies per jam.</p> <p>Langkah awal perilaku, yaitu, jumlah makanan dan minuman yang dikonsumsi.</p>	<p>Alat perekam pemantul lokasi dapat dikirim ke situs dan diatur oleh petugas Departemen Lingkungan di lokasi (pelatihan minimal diperlukan). Perangkat hanya perlu diaktifkan setelah sampel malam pertama dan kemudian dikumpulkan empat hari kemudian. Perangkat tersebut kemudian dikirim dari lokasi dan datanya dianalisis.</p>

### Pengamatan satwa liar nokturnal

Catatan nokturnal satwa liar sangat penting karena sebagian besar satwa liar yang berinteraksi dengan sistem tailing aktif di malam hari atau ketika hari gelap. Pemantauan dengan menggunakan lampu sorot sangat terbatas dan tidak memberikan data baru selain pemantauan satwa liar diurnal. Jika kelelawar pemakan serangga umum ditemukan dalam lingkungan tersebut, pemantauan kebutuhan tersebut harus dipertimbangkan. Pengamatan nokturnal menjadi sulit untuk mengamati keberadaan satwa liar dan bangkai, dan karena itu pengamatan pada pagi hari lebih tepat. Pertimbangan dapat diberikan untuk memantau badan-badan air untuk mendokumentasikan keberadaan semua spesies yang berisiko di wilayah tersebut.

### Menetapkan cara pemantauan satwa liar untuk sirkuit sianida pelindian tumpukan

Untuk menuju ke praktek terbaik industri dalam pengelolaan sianida, pengamatan interaksi satwa liar diperlukan di mana terdapat risiko paparan pada satwa liar, yaitu:

- n alas pelindian tumpukan beririgasi yang mengandung sianida
- n genangan pada bagian bawah fasilitas pelindian tumpukan
- n saluran terbuka yang mengandung sianida
- n kolam proses.

Praktek terbaik saat ini membutuhkan pengamatan harian di semua badan air di mana satwa liar terpapar sianida pada konsentrasi melebihi 50 mg / L.

Pengamatan pada alas irigasi aktif cenderung menggambarkan interaksi satwa liar minimal seperti yang diidentifikasi di tempat lain. Namun hal ini perlu ditunjukkan dengan pengamatan dan pencatatan data. Seluruh alas irigasi tidak perlu diamati. Daerah survei 200 x 100 meter disarankan, yang berada dalam tingkat keahlian yang mungkin tersedia di lokasi. Daerah survei perlu menyertakan sistem irigasi dan tepi sistem irigasi termasuk genangan pada perimeter alas beririgasi. Selama periode segera setelah irigasi berhenti, jika alas masih basah, adalah penting bahwa pemantauan terus dilakukan setiap hari sampai genangan mengering.

Saluran air, daerah genangan dan kolam larutan juga harus dipantau sesuai dengan cara yang ditetapkan di bawah ini, tapi jika paparan pada satwa liar secara fisik ditolak, maka hal tersebut tidak perlu dipantau.

Tabel di bawah ini menggambarkan cara pemantauan satwa liar yang umum pada fasilitas pelindian tumpukan.

**Cara pemantauan satwa liar yang umum pada fasilitas pelindian tumpukan**

<b>FREKUENSI - TIPE</b>	<b>BADAN AIR</b>	<b>WAKTU</b>	<b>PENGAMATAN</b>	<b>DESKRIPSI</b>
Alas irigasi aktif. Survei bagian dari area, 100 m x 200 m.	Harian	Catat waktu mulai dan selesai. Lakukan observasi untuk waktu tertentu (20 menit).	<ul style="list-style-type: none"> <li>n Identifikasi spesies hidup (atau kumpulan), jumlah, penggunaan habitat. Hitung bangkai.</li> <li>n Catat nama pengamat.</li> <li>n Catat jika tidak ada kehadiran burung.</li> <li>n Catat jumlah alas beririgasi.</li> </ul>	Catat habitat sebagai aerial (A), edge ponding (P), under sprinkler (US), bare ground (BG) atau infrastruktur (I) untuk setiap spesies.
Pooling di dasar alas pelindian tumpukan.	Harian (jika ada)	Waktu, mulai dan selesai. Tanggal.	Jumlah bangkai, jumlah kolam per hari observasi. Perkiraan ukuran setiap kolam. Dokumentasikan jumlah dan lokasi kolam.	
Saluran air	Harian (jika saluran air terbuka)	Waktu, mulai dan selesai. Tanggal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>n Jumlah bangkai.</li> <li>n Catat nama pengamat.</li> <li>n Identifikasi spesies hidup (atau kumpulan), jumlah, penggunaan habitat.</li> <li>n Catat jika tidak ada kehadiran burung pada lembar data jika tersedia.</li> </ul>	Catat habitat sebagai larutan/air permukaan (S), wall (W) dan aerial (A).

FREKUENSI - TIPE	BADAN AIR	WAKTU	PENGAMATAN	DESKRIPSI
Kolam larutan	Harian (jika jaring tidak ada dan >50 mg/L CN)	Catat waktu mulai dan selesai. Lakukan pengamatan untuk waktu tertentu (5 menit).	Identifikasikan spesies (kumpulan) yang hidup, jumlah, penggunaan habitat. Hitung jumlah bangkai. Catat nama pengamat. Catat tidak adanya kehadiran burung pada lembar data jika ada. Jika saluran air tertutup catat kondisinya.	Catat habitat sebagai aerial (A), larutan / air permukaan (S), plastic lining (L), wall (W), beach (B) atau infrastruktur (I).
Badan air lainnya yang mengandung sianida dengan kadar di bawah 50 ppm.	Bulanan	Catat waktu mulai dan selesai. Lakukan pengamatan untuk waktu tertentu (lima menit).	Identifikasikan spesies (kumpulan) yang hidup, jumlah, penggunaan habitat. Hitung jumlah bangkai. Catat nama pengamat. Catat tidak adanya kehadiran burung pada lembar data jika ada. Catat kondisi jaring jika ada.	Catat habitat sebagai aerial (A), larutan / air permukaan (S), wall (W), beach (B) atau infrastruktur (I).

#### *Mengukur dampak: kematian satwa liar*

Metodologi generik yang dijelaskan dalam buku pedoman ini tidak memiliki kemampuan untuk mendokumentasikan jumlah kematian dan, pada tingkat lebih rendah, mendokumentasikan dampak sampai tingkat spesies. Pengamatan lapangan telah menemukan bahwa mendokumentasikan kehadiran bangkai dan waktu tinggal bangkai adalah sulit, memakan waktu dan membutuhkan keterampilan tinggi dan pengalaman yang tidak diharapkan pada operasi pertambangan.

Untuk secara akurat mendokumentasikan cakupan dan tingkat spesies, dampak toksikosis sianida pada satwa liar memerlukan masukan dari para ahli di luar metodologi yang ditetapkan di sini.

## Kesimpulan

Mengembangkan cara pemantauan sianosis satwa liar dapat menjadi rumit karena berbagai sistem operasional yang khusus dan lingkungan. Esensinya adalah untuk mengukur konsentrasi sianida, habitat yang mengandung sianida bioavailable, kunjungan satwa liar (hidup), kematian satwa liar dan penggunaan habitat. Data tersebut dapat dikumpulkan secara kompeten, dengan pelatihan, oleh petugas lokasi tambang. Cara pemantauan juga menyediakan data dan pemahaman tentang faktor-faktor yang dapat berkontribusi terhadap risiko, memungkinkan untuk mengelola pencegahan yang akan dilakukan. Pada dasarnya metodologi pemantauan menghilangkan kebutuhan untuk mencari bangkai sebelum menentukan apakah risiko tersebut ada.

Mengandalkan pada kurangnya bangkai telah berulang kali membuktikan bahwa hal tersebut tidak tepat untuk mengidentifikasi dan mendokumentasi risiko sianosis satwa liar.

## Referensi

Donato, D 1999, *Bird Usage Patterns on Northern Territory Mining Water Tailings and their Management to Reduce Mortalities*, Public Report, 1999, Darwin, Northern Territory, Department of Mines and Energy. hal. 179.

Donato, D, Noller, B, Moore, M, Possingham, H, Ricci, P, Bell, C & Nicholls, O, 'Cyanide use, wildlife protection and the International Cyanide Management Code: An industry brokered approach', in *Inaugural Global Sustainable Development Conference*, Melbourne, Minerals Council of Australia.

Donato, D Griffiths, SR 2005, 'Wildlife cyanosis: managing the risks, in workshop on *Good Practice of Cyanide Management in the Gold Industry*, Perth, ACMER.

Smith, GB & Donato, DB, 2007, 'Wildlife cyanide toxicosis: monitoring of cyanide-bearing tailing and heap leach facilities compliance with the International Cyanide Management Code, in *World Gold Conference*, Cairns, AusIMM.

## Seri buku pedoman dalam Praktek Kerja Unggulan Program Pembangunan Berkelanjutan untuk Industri Pertambangan

### Sudah selesai

- n Biodiversity Management - *Februari 2007*
- n Keterlibatan dan Pembangunan Masyarakat - *Oktober 2006*
- n Pengelolaan Sianida - *Mei 2008*
- n Managing Acid and Metalliferous Drainage - *Februari 2007*
- n Penutupan dan Penyelesaian Tambang - *Oktober 2006*
- n Rehabilitasi Tambang - *Oktober 2006*
- n Penilaian dan Pengelolaan Risiko - *Mei 2008*
- n Tata Kelola - *Oktober 2006*
- n Pengelolaan Tailing - *Februari 2007*
- n Pengelolaan Air - *Mei 2008*
- n Bekerja dengan Masyarakat Adat - *Oktober 2007*

### Judul Mendatang

- n Hazardous Materials Management
- n Monitoring, Auditing and Performance
- n Particulate, Noise and Blast Management

Tema-tema ini tidak membatasi cakupan program tersebut, yang akan dikembangkan untuk menyikapi berbagai permasalahan manajemen praktek ketika muncul.

Versi elektronik dari judul yang sudah selesai tersedia di [www.ret.gov.au/sdmining](http://www.ret.gov.au/sdmining)

Untuk informasi lebih lanjut mengenai program atau untuk meminta versi cetak dari Buku-buku Pedoman ini silakan kirim email ke [sdmining@ret.gov.au](mailto:sdmining@ret.gov.au).