

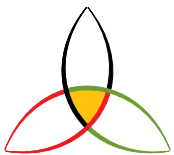
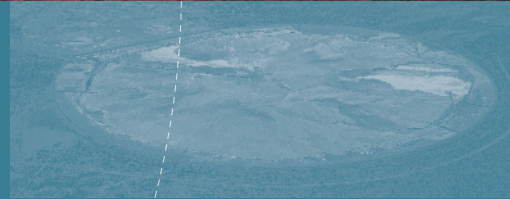


Australian Government

Department of Industry
Tourism and Resources

PENGELOLAAN TAILING

PRAKTEK UNGGULAN PROGRAM
PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN
UNTUK INDUSTRI PERTAMBANGAN



SOCIAL
ECONOMIC
ENVIRONMENTAL

PENGELOLAAN TAILING

PRAKTEK UNGGULAN PROGRAM
PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN
UNTUK INDUSTRI PERTAMBANGAN



Translated by: Global Village Translations Pty Ltd
Reviewed by: Hendry Baiquni

FEBRUARI 2007

Pernyataan Penerbit

Praktek Unggulan Program Pembangunan yang Berkelanjutan untuk Industri Pertambangan

Publikasi ini dibuat oleh satu Kelompok Kerja yang terdiri dari para pakar, kalangan industri, dan perwakilan pemerintah dan organisasi non-pemerintah. Kerja keras para anggota dalam Kelompok Kerja ini sangatlah dihargai dengan penuh rasa terima kasih.

Pandangan dan pendapat yang diutarakan dalam publikasi ini tidaklah otomatis mencerminkan pandangan dan pendapat dari Pemerintah Persemakmuran dan Menteri Perindustrian, Pariwisata dan Sumberdaya. Meskipun telah dilakukan upaya yang sebaik mungkin untuk memastikan isi publikasi ini benar secara faktual, Persemakmuran tidak menerima pertanggungjawaban dalam hal keakuratan atau kelengkapan dari isi publikasi ini, dan tidak bertanggung jawab atas segala kerugian atau kerusakan yang mungkin muncul secara langsung ataupun tidak langsung melalui penggunaan dari, atau mengandalkan pada, isi dari publikasi ini.

Para pengguna buku pedoman ini hendaknya menyadari bahwa buku ini dimaksudkan sebagai referensi umum dan bukan dimaksudkan untuk menggantikan saran profesional yang relevan terhadap keadaan-keadaan tertentu dari masing-masing pengguna. Rujukan kepada perusahaan-perusahaan atau produk-produk dalam buku pedoman ini janganlah dianggap sebagai bentuk dukungan dari Pemerintah Persemakmuran terhadap perusahaan-perusahaan atau produk-produk tersebut.

Gambar sampul:

Pemandangan dari udara atas Fasilitas Penyimpanan Tailing untuk Operasi Nikel di Mt Keith, Western Australia.

Foto pemberian BHP Billiton

© Persemakmuran Australia 2007

ISBN 0 642 272500 4

Buku ini adalah oleh hak cipta. Selain dari penggunaan sebagaimana yang diizinkan dalam Copyright Act 1968 (Undang Undang Hak Cipta 1968), maka tidak ada bagian yang boleh direproduksi dengan cara apapun tanpa izin tertulis sebelumnya dari Persemakmuran melalui Department of Communications, Information Technology and the Arts. Permintaan dan pertanyaan tentang reproduksi dan hak hendaknya dialamatkan kepada Commonwealth Copyright Administration, Intellectual Property Branch, Department of Communications, Information Technology and the Arts, GPO Box 2154, Canberra ACT 2601 atau melalui <http://www.dcita.gov.au/cca>.

Februari 2007







DAFTAR ISI

UCAPAN TERIMA KASIH	vi
SEPATAH KATA	ix
1.0 PENDAHULUAN	1
1.1 Konteks	1
1.2 Sasaran pembaca	2
1.3 Struktur buku pedoman	2
2.0 PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN DAN TAILING	3
2.1 Pendorong bisnis	4
STUDI KASUS: Pendekatan-pendekatan bisnis	4
2.2 Nilai-nilai masyarakat	6
2.3 Konteks peraturan	6
3.0 PENDEKATAN BERBASIS RISIKO SELAMA MASA KEHIDUPAN TAMBANG	8
3.1 Konsep risiko rendah yang dapat diterima	8
3.2 Pendekatan-pendekatan rancangan	10
3.3 Metode-metode analisis risiko	10
3.4 Mengelola perubahan	11
3.5 Efektifitas biaya	12
4.0 SISTEM-SISTEM PENGELOLAAN TAILING	13
4.1 Kehidupan suatu fasilitas penyimpanan tailing	14
4.2 Perencanaan dan perancangan	14
4.3 Pembangunan	22
4.4 Pengoperasian	23
4.5 Perencanaan penutupan	26
5.0 PRAKTEK UNGGULAN PENGELOLAAN TAILING	28
5.1 Pertimbangan-pertimbangan didalam penentuan tapak	29
5.2 Metode-metode pembuangan tailing	29
5.3 Bendungan tailing	34
5.4 Rancangan dan pembangunan dinding bendungan	38
5.5 Pengendalian rembesan	38
5.6 Pengiriman tailing	40
5.7 Pengelolaan air	40
5.8 Pengendalian debu	43
5.9 Penutupan, penghentian dan rehabilitasi	43
STUDI KASUS: Perencanaan Penutupan Fasilitas Penyimpanan Tailing di Mt McClure, WA	45
STUDI KASUS: Revegetasi Langsung Fasilitas Penyimpanan tailing di Tambang Emas Kidston, QLD	49
6.0 ARAHAN KE MASA DEPAN	51
6.1 Perbaikan pembuangan tailing	51
STUDI KASUS: Pengeluaran Kental Sentral di Tambang Emas Sunrise Dam, WA	55
STUDI KASUS: Penyimpanan Tailing didalam Pit pada Tambang Emas Granites, NT	61
6.2 Perbaikan bentuk-lahan akhir bagi tailing	62
6.3 Minimisasi, pendauran-ulang dan penggunaan-kembali tailing	65

STUDI KASUS: Pembuangan Sisa Lumpur Merah Kental di Kwinana, WA	66
7.0 RANGKUMAN	68
REFERENSI DAN BACAAN LEBIH LANJUT	69
SITUS DAN SAMBUNGAN WEB	72
DAFTAR ISTILAH	73

UCAPAN TERIMA KASIH

Praktek Unggulan Program Pembangunan Berkelanjutan ini dikelola oleh satu Komite Pengarah yang diketuai oleh Departemen Perindustrian, Pariwisata dan Sumberdaya Pemerintah Australia. 14 tema di dalam program ini dikembangkan oleh kelompok-kelompok kerja yang terdiri dari para perwakilan pemerintah, industri, penelitian, akademi dan masyarakat. Buku pedoman Praktek Unggulan ini tidaklah mungkin dapat diselesaikan tanpa kerja sama dan partisipasi aktif dari semua anggota kelompok kerja. Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang-orang berikut ini, yang telah berpartisipasi dalam Kelompok Kerja Pengelolaan Tailing dan kepada perusahaan-perusahaan yang telah mengizinkan mereka untuk memberikan waktu dan keahlian ke dalam program ini:

	Assoc Prof David Williams Ketua - Kelompok Kerja Pengelolaan Tailing School of Engineering The University of Queensland, Brisbane www.uq.edu.au/geomechanics
	Mr Andrew Minns Penulis Utama - Kelompok Kerja Pengelolaan Tailing Direktur Performance Systems, Adelaide www.performancesystems.com.au
	Ms Ramola Yardi Sekretariat - Kelompok Kerja Asisten Manajer Department of Industry, Tourism and Resources www.industry.gov.au
	Dr Gary Bentel Manajer Geoteknik, Layanan Pengembangan Proyek BHP Billiton, Perth www.bhpbilliton.com
	Dr Bruce Brown Penasihat Utama, Pengelolaan Tailing dan Limbah Rio Tinto, Melbourne www.riotinto.com
	Mr Mike Gowan Kepala Golder Associates, Brisbane www.golder.com.au



Mr Harley Lacy

Direktur Utama
Outback Ecology, Perth

www.outbackecology.com



Dr Gavin Mudd

Institute for Sustainable Water Resources
Monash University, Melbourne

iswr.eng.monash.edu.au



Assoc Prof David Mulligan

Direktur
Centre for Mined Land
Rehabilitation
University of Queensland, Brisbane

www.cmlr.uq.edu.au



Ms Melanie Stutsel

Direktur - Kebijakan Lingkungan dan Sosial
Mineral Council of Australia, Canberra

www.minerals.org.au



Mr Paul Williams

Kepala
MPA Williams and Associates/
Australian Tailings Consultants

www.mpaw.com.au



SEPATAH KATA

Industri pertambangan Australia memiliki keterkaitan yang erat dengan upaya global untuk melaksanakan pembangunan yang berkelanjutan. Komitmen untuk melakukan pembangunan yang berkelanjutan melalui praktek unggulan sangatlah penting bagi perusahaan pertambangan untuk mendapatkan dan mempertahankan 'izin sosial untuk beroperasi' dalam masyarakat.

Buku pedoman dalam seri *Praktek Unggulan Program Pembangunan Berkelanjutan untuk Industri Pertambangan* ini memadukan aspek-aspek lingkungan, ekonomi dan sosial dari semua tahapan produksi mineral, mulai dari eksplorasi sampai ke konstruksi, operasi dan penutupan tambang. Konsep dari praktek unggulan adalah cara-cara terbaik untuk melakukan sesuatu pada lokasi tertentu. Karena akan selalu muncul tantangan-tantangan baru, pengembangan solusi-solusi baru, atau diciptakannya solusi yang lebih baik bagi masalah yang ada saat ini, maka praktek unggulan ini haruslah bersifat fleksibel dan inovatif dalam mengembangkan solusi yang sesuai dengan kebutuhan spesifik di masing-masing lokasi tambang. Meskipun terdapat prinsip-prinsip yang mendasarinya, praktek unggulan terutama membicarakan cara pendekatan dan sikap, selain merupakan serangkaian praktek baku atau teknologi tertentu. Praktek unggulan juga mencakup konsep 'manajemen adaptif', yaitu sebuah proses pengkajian yang konstan dan berkonsep 'belajar sambil mengerjakannya langsung', melalui penerapan prinsip-prinsip ilmiah yang terbaik.

Definisi mengenai pembangunan yang berkelanjutan bagi sektor pertambangan dan logam dari International Council on Mining and Metals (ICMM) atau Dewan Internasional untuk Pertambangan dan Logam menyatakan bahwa investasi harus: layak secara teknis, baik terhadap lingkungan, menguntungkan secara keuangan, dan bertanggung jawab secara sosial. Enduring Value (Nilai Yang Mempertahankan atau Nilai Pelestarian), yaitu judul dari "Kerangka Kerja Industri Mineral Australia untuk Pembangunan yang Berkelanjutan", memberikan panduan mengenai prinsip-prinsip dan elemen-elemen ICMM oleh industri pertambangan Australia, untuk penerapan di tingkat operasional.

Berbagai organisasi telah diwakili dalam komite pengarah dan kelompok kerja, sebagai indikasi dari beragamnya minat dalam praktek unggulan di industri pertambangan. Organisasi-organisasi ini mencakup Departemen Perindustrian, Pariwisata dan Sumberdaya, Departemen Lingkungan dan Warisan Sejarah, Departemen Perindustrian dan Sumberdaya (Western Australia), Departemen Sumberdaya Alam dan Pertambangan (Queensland), Departemen Perindustrian Primer (Victoria), Dewan Mineral Australia, Pusat Penyuluhan dan Penelitian Mineral Australia, serta perwakilan dari perusahaan pertambangan, sektor riset teknis, konsultan pertambangan, lingkungan dan sosial, serta dari organisasi non-pemerintah. Kelompok-kelompok ini bekerjasama untuk mengumpulkan dan menghasilkan informasi dalam berbagai topik, yang menggambarkan dan menjelaskan pembangunan yang berkelanjutan melalui praktek unggulan di industri pertambangan Australia.

Publikasi yang dihasilkan dirancang untuk membantu semua sektor dalam industri pertambangan dalam rangka mengurangi dampak negatif dari produksi mineral terhadap masyarakat dan lingkungan dengan cara mengikuti prinsip-prinsip pembangunan yang berkelanjutan melalui praktek unggulan. Ini merupakan investasi dalam kelestarian sektor ekonomi yang sangat penting bagi kita serta investasi dalam perlindungan bagi warisan alam kita.



The Hon Ian Macfarlane MP

Menteri Perindustrian, Pariwisata dan Sumberdaya



1.0 PENDAHULUAN

1.1 Konteks

Buku pedoman ini mengulas tema Pengelolaan Tailing pada Praktek Unggulan Program Pembangunan Berkelanjutan. Program ini bertujuan untuk mengidentifikasi isu-isu utama yang mempengaruhi pembangunan berkelanjutan dalam industri pertambangan, serta menyediakan informasi dan studi kasus yang menggambarkan dasar-dasar yang lebih berkelanjutan bagi operasional pertambangan.

Terdapat sejumlah lokasi tambang bersejarah di Australia yang memiliki riwayat buruk dalam hal dampak lingkungan dan sosial, serta risiko yang timbul dari fasilitas penyimpanan tailing (misalnya Mt Lyell, Mr Morgan dan Rum Jungle). Dampak tersebut berupa praktek-praktek pembuangan yang buruk, perembesan yang terkontaminasi serta dampak terkait terhadap air permukaan dan air tanah, dan erosi tailing dan gundukan-gundukan bagian luar. Lokasi-lokasi peninggalan bersejarah tersebut tidak mencerminkan praktek unggulan dalam pengelolaan tailing sebagaimana dijelaskan dalam buku pedoman ini.

Tailing adalah gabungan dari bahan padat berbutiran halus (umumnya berukuran debu, berkisar antara 0,001 hingga 0,6 mm) yang tersisa setelah logam-logam dan mineral-mineral diekstraksi dari bijih yang ditambang, serta air hasil pengolahan yang tersisa. Sifat fisik dan kimiawi tailing berbeda-beda tergantung sifat bijih tambangnya. Pengelolaan tailing adalah satu isu pengelolaan limbah hasil pengolahan mineral.

Tailing dapat disimpan dengan berbagai cara, tergantung sifat fisik dan kimiawinya, topografi lokasi, kondisi iklim dan konteks sosial-ekonomi tempat dimana lokasi penambangan dan pabrik pengolahan berada. Tailing paling lazim disimpan di fasilitas-fasilitas permukaan, yang luasannya dapat mencapai hingga setengah dari areal yang diganggu oleh operasi penambangan, dan inilah fokus utama buku pedoman ini. Persyaratan dasar bagi fasilitas penyimpanan tailing adalah untuk menyimpan tailing dengan aman, stabil dan ekonomis yang tidak menimbulkan risiko berarti atas kesehatan dan keselamatan masyarakat, serta yang menghasilkan dampak sosial dan lingkungan yang rendah dan dapat diterima selama pengoperasian dan setelah penutupan.

Buku pedoman ini mendiskusikan pendekatan yang sistematis dan berbasis risiko terhadap pengelolaan tailing. Buku ini memberikan contoh-contoh pembendungan, pembuangan dan rehabilitasi tailing, serta menunjukkan tren pengelolaan tailing di masa mendatang. Buku ini tidak menyetujui pertimbangan khusus atas metode penempatan tailing pada ekosistem sungai, bawah-laut dangkal ataupun bawah-laut dalam. Metode semacam itu tidaklah didukung oleh lingkungan regulasi Australia atau oleh kondisi-kondisi batimetris.

1.2 Sasaran pembaca

Sasaran utama pengguna buku ini adalah manajemen tambang di lapangan, yaitu tingkatan yang menentukan bagi penerapan praktek unggulan di operasi-operasi penambangan. Buku pedoman ini juga relevan bagi orang-orang yang berminat dengan praktek unggulan dalam industri pertambangan, termasuk para pejabat bidang lingkungan, konsultan pertambangan, pemerintah dan regulator, lembaga-lembaga swadaya masyarakat, masyarakat dan siswa di bidang pertambangan. Para pembaca dianjurkan untuk turut berusaha meningkatkan kinerja industri pertambangan dalam hal pengelolaan tailing dengan menerapkan prinsip-prinsip yang dijabarkan dalam buku pedoman ini.

1.3 Struktur buku pedoman

Cakupan buku ini meliputi seluruh tahapan pengelolaan tailing, termasuk perencanaan, perancangan, pembangunan, pengoperasian, penutupan, rehabilitasi dan perawatan purna operasi. Adalah penting untuk mencakup seluruh aspek kehidupan suatu fasilitas penyimpanan tailing, karena manajemen operasional tambang tidak hanya bertanggung jawab atas pengoperasian fasilitas penyimpanan tailing yang telah ada, tetapi juga atas perluasannya dan pembangunan fasilitas-fasilitas baru di mana cadangan-cadangan bijih tambang diketemukan.

Bagian 2 menggarisbawahi pentingnya untuk menerapkan satu kerangka kerja pembangunan berkelanjutan yang luas atas pengelolaan tailing. Bagian 3 menyajikan perlunya satu pendekatan berbasis risiko sepanjang usia tambang atas pengelolaan tailing, dan secara ringkas menjabarkan pendekatan ini. Bagian 4 memberikan satu tinjauan atas unsur-unsur kunci dari sistem-sistem manajemen yang diterapkan sepanjang usia suatu fasilitas penyimpanan tailing untuk memastikan bahwa tujuan-tujuan pengoperasian dan penutupan terpenuhi. Bagian 5 menyajikan aspek-aspek praktek unggulan pengelolaan tailing dalam hal rancangan, pengoperasian dan penutupan berbagai komponen fisik sebuah fasilitas penyimpanan tailing. Bagian 6 membahas arah-arrah masa depan untuk praktek unggulan pengelolaan tailing, sedangkan Bagian 7 berisi satu kesimpulan singkat.



2.0 PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN DAN TAILING

PESAN-PESAN UTAMA

- Enduring Value (Nilai Yang Mempertahankan atau Nilai Pelestarian) meliputi prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan dan merupakan dasar dari izin sosial untuk beroperasi.
- Kegagalan atau buruknya kinerja suatu fasilitas penyimpanan tailing dapat berdampak besar terhadap hasil akhir perusahaan.
- Penyebab utama dari insiden-insiden yang menyangkut tailing yang pernah dilaporkan adalah kurangnya pengendalian atas neraca air atau konstruksi, dan kurangnya pemahaman umum terhadap hal-hal yang mengendalikan pengoperasian yang aman.
- Dibutuhkan adanya konsultasi awal dan berjalan, saling berbagi informasi serta dialog dengan para pemangku kepentingan.
- Kepatuhan terhadap peraturan-peraturan pemerintah merupakan satu platform kinerja minimum dalam pengelolaan tailing untuk industri pertambangan.

Untuk memberikan satu kerangka kerja untuk mengutarakan dan mengimplementasikan komitmen industri pertambangan terhadap pembangunan yang berkelanjutan, Dewan Mineral Australia telah menyusun konsepsi *Enduring Value* (Nilai Pelestarian) - *Kerangka Kerja Industri Mineral Australia untuk Pembangunan Berkelanjutan* (Dewan Mineral Australia, 2004). *Enduring Value* mendukung diambilnya kebijakan-kebijakan untuk memastikan bahwa aktivitas-aktivitas yang sedang berlangsung pada sektor pertambangan tidak dengan mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri. *Enduring Value* secara khusus bertujuan untuk mendukung perusahaan agar bertindak melebihi regulasi dan untuk meningkatkan izin sosial untuk beroperasi. Pendekatan penyempurnaan berkesinambungan yang berbasis-risiko dari *Enduring Value* tercermin dalam buku pedoman ini.

Prinsip-Prinsip Enduring Value untuk Pengelolaan Tailing:

- menerapkan satu sistem pengelolaan lingkungan yang berfokus pada penyempurnaan terus-menerus didalam melakukan peninjauan, pencegahan, mitigasi atau perbaikan atas dampak-dampak buruk terhadap lingkungan
- mengatur penyimpanan dan pembuangan limbah-limbah sisa dan sisa-sisa pengolahan secara aman
- merehabilitasi lahan yang terganggu atau dipakai oleh operasi-operasi sesuai dengan tata-guna lahan pasca-tambang
- berkonsultasi dengan pihak-pihak yang berkepentingan dan terkena pengaruh, didalam melakukan identifikasi, pengkajian dan pengelolaan dari semua risiko-risiko ekonomi, kesehatan dan keselamatan masyarakat, sosial serta lingkungan yang penting dan terkait dengan aktivitas-aktivitas kita
- menginformasikan pihak-pihak yang berpotensi terpengaruh atas risiko-risiko besar dari operasi-operasi penambangan, mineral dan logam, dan atas tindakan-tindakan yang akan dilakukan untuk mengelola risiko-risiko potensial ini dengan efektif.

2.1 Pendorong bisnis

Ada alasan kuat secara bisnis untuk menerapkan praktek unggulan dalam pengelolaan tailing. Kegagalan atau buruknya kinerja suatu fasilitas penyimpanan tailing dapat berdampak besar terhadap hasil akhir perusahaan. Dalam kasus-kasus yang ekstrem, kegagalan-kegagalan fasilitas penyimpanan tailing telah menggerus nilai saham, karena pasar mengantisipasi adanya biaya pembersihan, penundaan operasi dan bahkan kemungkinan penutupan tambang. Ini adalah tambahan atas hilangnya reputasi perusahaan dan hilangnya izin sosial untuk beroperasi. Biaya praktek unggulan sistem pengelolaan tailing jauh lebih kecil daripada keuntungan yang didapat dari berkurangnya risiko dari suatu insiden besar.

Analisis ekonomi konvensional dapat mengarahkan kita untuk meminimalkan belanja modal awal dan menangguhkan biaya rehabilitasi. Analisis nilai tunai bersih (net present value) mengabaikan biaya kini atas pengeluaran-pengeluaran di masa depan untuk melakukan penutupan, rehabilitasi dan pengelolaan pasca-penutupan. Maka jika hanya perspektif ekonomi jangka pendek seperti ini yang diperhitungkan, tanpa mempertimbangkan biaya-biaya sosial dan lingkungan jangka panjang, maka akan sedikit motivasi untuk berinvestasi secara lebih besar pada tahap pembangunan untuk menghindari atau mengurangi pengeluaran-pengeluaran pada tahap penutupan. Akan tetapi ada sejumlah alasan untuk menerapkan praktek unggulan pada tahap paling awal dari pembangunan, serta dalam merancang dan mengoperasikan fasilitas penyimpanan tailing untuk mengoptimalkan hasil-hasil dari kegiatan penutupan tambang. Merancang dan mengoperasikan untuk penutupan tambang dapat menghindari pengeluaran-pengeluaran besar didalam pengerjaan lahan untuk mengembalikan kestabilan bentuk-lahan dan sistem-sistem drainase. Bila dimungkinkan selama pelaksanaan operasi-operasi, rehabilitasi yang progresif memungkinkan pekerjaan rehabilitasi untuk berlangsung saat masih tersedianya arus kas operasional, serta manajemen dan sumberdaya. Rehabilitasi yang progresif juga dapat mengurangi biaya jaminan keuangan yang diwajibkan oleh badan-badan pemerintah. Praktek unggulan dalam pengelolaan tailing juga akan meminimalkan waktu yang dibutuhkan untuk pemantauan dan pemeliharaan pasca-penutupan.

STUDI KASUS: Pendekatan-pendekatan bisnis

Pendekatan upaya minimum dan biaya modal awal minimum

Fasilitas penyimpanan tailing mungkin kurang besar untuk menampung peningkatan hasil keluaran tambang, sehingga timbunan tailing yang kurang terkonsolidasi, berkerapatan dan berkekuatan rendah. Pada akhirnya, akan dibutuhkan volume penyimpanan tailing yang lebih besar. Tailing-tailing tersebut akan terus terkonsolidasi untuk waktu yang lama setelah penutupan, sehingga mungkin dibutuhkan sumur-sumur pengumpul air tanah untuk menangkap rembesan yang terkontaminasi dalam jangka waktu yang lama setelah penutupan. Akses ke permukaan tailing untuk kepentingan-kepentingan rehabilitasi akan tertunda sampai tailing tersebut cukup memiliki kekuatan untuk mendukung pergerakan lalu lintas di atasnya, sementara proses stabilisasi (settlement) yang sedang berlangsung akan menunda penempatan sistem-sistem penutup. Pekerjaan-pekerjaan penggalian yang besar mungkin diperlukan untuk mengendalikan limpasan permukaan. Akibatnya, perusahaan pertambangan akan dicurigai oleh para pembuat kebijakan dan pemangku kepentingan lain dan reputasi perusahaan akan terpengaruh.

Pendekatan praktek unggulan

Pertimbangan atas bentuk lahan akhir akan menentukan penempatan (siting), tata-letak dan strategi penimbunan tailing. Pada saat penutupan, fasilitas penyimpanan tailing akan dibentuk untuk memfasilitasi drainase permukaan yang alami dan laju-laju erosi yang serupa dengan bentuk-bentuk lahan alami di daerah tersebut. Praktek-praktek unggulan dalam pengelolaan tailing menggunakan tailing yang dikentalkan atau tailing pasta, pengelolaan air yang baik dan drainase-bawah serta pelapis (liners) yang memadai, bilamana diperlukan, akan menghasilkan tailing yang terkonsolidasi secara penuh. Ini akan meminimumkan kemungkinan tertundanya akses ke permukaan tailing untuk tujuan-tujuan rehabilitasi. Pengendalian operasional yang memadai terhadap rembesan akan menghilangkan kebutuhan pengumpulan air tanah jangka panjang. Fasilitas penyimpanan tailing akan menjadi satu tampilan pengelolaan tailing yang bertanggung jawab, yang membangun kredibilitas pemilik-pemilik tambang di mata para pemangku kepentingan, satu reputasi bagi praktek-praktek penambangan yang berkelanjutan, dan mendukung rencana-rencana pengembangan tambang di masa depan.

2.1.1 Pelajaran yang didapatkan

Industri pertambangan internasional telah mempelajari banyak hal selama beberapa dekade terakhir ini yang telah membantu pengembangan praktek unggulan pengelolaan tailing di Australia. Buletin 121 (2001) dari International Commission on Large Dams (ICOLD) atau Komisi Internasional untuk Bendungan-Bendungan Besar) menyediakan satu laporan yang menyeluruh mengenai pelajaran-pelajaran tersebut, diambil dari serangkaian kegagalan dan kecelakaan fasilitas penyimpanan tailing. Penyebab-penyebab utama kegagalan dan kecelakaan yang berhasil diidentifikasi adalah:

- kurangnya pengendalian neraca air
- kurangnya pengendalian atas konstruksi
- kurangnya pemahaman umum mengenai hal-hal yang mengendalikan kegiatan-kegiatan operasi yang aman.

Kegagalan dinding bendungan tailing (dari yang paling sering terjadi):

- ketidakstabilan lereng
- tekanan gempa bumi
- pelimpahan (overtopping)
- pondasi yang tidak memadai
- rembesan.

Kecelakaan-kecelakaan tailing sepertinya lebih umum terjadi di mana konstruksi hulu diterapkan, dibandingkan bila menggunakan konstruksi hilir (lihat Bagian 5.3). Dinding-dinding bendungan tailing yang dibangun menggunakan metode hilir (downstream method) berkinerja serupa dengan tanggul penahan air.

Buletin ICOLD 121 (2001) juga menyimpulkan bahwa perencanaan dan pengelolaan fasilitas penyimpanan tailing yang berhasil sebagian besar berasal dari:

- keterlibatan pemangku kepentingan
- investigasi dan pengkajian risiko yang mendalam
- dokumentasi yang menyeluruh
- pengelolaan tailing yang terintegrasi ke dalam perencanaan, operasi-operasi dan penutupan tambang.

Pelajaran-pelajaran yang didapat tercermin dalam praktek unggulan pengelolaan tailing yang dijelaskan didalam buku pedoman ini.

2.2 Nilai-nilai masyarakat

Satu tantangan utama perusahaan pertambangan adalah mendapatkan kepercayaan masyarakat di mana mereka beroperasi dan memperoleh dukungan dan persetujuan para pemangku kepentingan untuk melaksanakan bisnis pertambangan. Suatu 'izin sosial untuk beroperasi' hanya dapat diperoleh dan dipertahankan jika proyek pertambangan direncanakan, diimplementasikan dan dioperasikan dengan memasukkan konsultasi yang berarti dengan para pemangku kepentingan, terutama dengan masyarakat tuan rumah. Proses pengambilan keputusan, termasuk proses perancangan teknik, hendaknya melibatkan kelompok-kelompok pemerhati terkait, sejak tahap awal penyusunan konsep proyek hingga ke kehidupan tambang.

Konsultasi, berbagi informasi dan dialog dengan pemangku kepentingan perlu dilaksanakan selama tahap-tahap perancangan fasilitas tailing dan pengoperasian, sehingga pandangan-pandangan, kekhawatiran-kekhawatiran dan harapan-harapan dapat dipertimbangkan untuk seluruh aspek perencanaan dan pelaksanaan. Keterlibatan berarti dan teratur antara perusahaan dengan masyarakat yang terpengaruhi adalah penting terutama untuk mengembangkan kepercayaan dan mencegah konflik.

'Prinsip pencegahan' harus digunakan saat mempertimbangkan dampak-dampak dari operasi penambangan, termasuk fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing. Prinsip tersebut menyatakan bahwa di mana teridentifikasi adanya ancaman kerusakan yang serius atau tidak dapat diperbaiki bagi manusia atau lingkungan, maka kurangnya kepastian secara ilmiah hendaknya tidak dijadikan alasan sebagai suatu alasan untuk menunda tindakan-tindakan yang mencegah kerusakan pada manusia atau degradasi lingkungan. Suatu pendekatan yang proaktif terhadap mitigasi risiko harus dilaksanakan bila terdapat ketidakpastian yang signifikan sehubungan dengan akibat atau kemungkinan terjadinya skenario risiko.

Prinsip-prinsip dan praktek unggulan bagi keterlibatan pemangku kepentingan tercakup dalam buku-buku pedoman Praktek Unggulan *Keterlibatan dan Pengembangan Masyarakat serta Bekerjasama dengan Masyarakat Pribumi* yang terdapat didalam seri buku ini.

2.3 Konteks peraturan

Tanggung jawab utama untuk regulasi tailing dan fasilitas penyimpanan tailing di Australia berada pada tangan Pemerintah-pemerintah negara bagian dan teritori. Persyaratan-persyaratan regulasi dapat bervariasi antar wilayah hukum, namun prinsip-prinsip umum tetap berlaku. Dalam semua wilayah hukum:

- tanggung jawab regulasi penimbunan dan pengelolaan tailing (termasuk rehabilitasi dan penutupan) berada pada departemen pertambangan atau badan perlindungan lingkungan
- tanggung jawab regulasi pengendalian polusi dan pelepasan air fasilitas pengelolaan tailing berada pada badan perlindungan lingkungan
- fokus regulasi adalah memastikan bahwa metode-metode pengelolaan tailing, termasuk fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing aman, stabil dan tidak menimbulkan polusi.

Di beberapa negara bagian regulasi rancangan, konstruksi dan pengelolaan berjalan fasilitas penyimpanan tailing dapat dicakup oleh peraturan khusus. Di New South Wales, misalnya, Komite Keselamatan Bendungan mengawasi regulasi bendungan tailing berdasarkan *Undang-Undang Keselamatan Bendungan tahun 1978*. Wilayah-wilayah hukum lain mungkin juga mengeluarkan panduan-panduan pengelolaan tailing masing-masing (lihat Referensi dan Situs dan Sambungan Web).

Ketika tindakan-tindakan pengelolaan tailing cenderung akan berdampak signifikan atas Hal-Hal yang Berdampak Nyata terhadap Lingkungan Nasional (*National Environmental Significance*), maka tindakan-tindakan tersebut dihadapkan kepada suatu proses pengkajian dan persetujuan yang ketat di bawah Undang-Undang Perlindungan Lingkungan dan Konservasi Keanekaragaman Hayati Persemakmuran tahun 1999. Hal-hal yang tercakup dalam Undang-Undang EPBC termasuk antara lain warisan nasional, spesies terancam dan lahan-lahan basah yang memiliki nilai penting secara internasional.

Kepatuhan terhadap regulasi-regulasi pemerintah merupakan satu landasan kinerja minimum bagi industri pertambangan dalam hal pengelolaan tailing.



3.0 PENDEKATAN BERBASIS RISIKO SELAMA MASA KEHIDUPAN TAMBANG

PESAN-PESAN UTAMA

- Fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing harus dirancang, dioperasikan ditutup dan direhabilitasi untuk memastikan bahwa risiko-risiko yang ditimbulkan atas kesehatan dan keselamatan masyarakat, serta dampak sosial dan lingkungannya rendah dan dapat diterima.
- Suatu pendekatan rancangan berbasis risiko menyediakan satu kerangka kerja untuk mengelola ketidakpastian dan perubahan yang terkait dengan fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing.
- Pendekatan berbasis risiko yang diterapkan terhadap pengelolaan tailing harus memiliki fleksibilitas memadai sehingga perubahan-perubahan keadaan yang terjadi dapat ditangani.
- Alternatif strategi-strategi pengelolaan, penyimpanan dan penutupan tailing biasanya dapat dibuat akurat secara biaya, untuk dimasukkan ke dalam analisis efektifitas biaya untuk mengurangi risiko-risiko yang teridentifikasi.

Prinsip-prinsip praktek unggulan pengelolaan tailing dilandasi oleh pendekatan berbasis risiko dalam hal perencanaan, rancangan, konstruksi, operasi, penutupan dan rehabilitasi fasilitas penyimpanan tailing. Rencana-rencana perlu disesuaikan saat menggunakan pendekatan ini untuk dapat mengelola fasilitas penyimpanan tailing secara efektif dalam seluruh masa kehidupannya, dengan rincian yang memadai didalam mengelola potensi risiko-risiko yang ada dalam batasan-batasan yang dapat diterima.

Satu dinding bendungan rendah (10 m) berisi tanah di iklim kering, semi kering (curah hujan tahunan rata-rata 250 mm), misalnya, tidak akan memerlukan tingkat perencanaan dan rancangan terperinci yang sama dengan satu dinding bendungan lembah dengan ketinggian 100 m pada lingkungan bercurah hujan tinggi (> 3 m/tahun). Fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing dengan tingkatan risiko yang lebih tinggi akan memerlukan tahap rancangan yang lebih ketat, pengendalian kualitas yang lebih tinggi selama konstruksi, dan perhatian yang lebih mendalam terhadap pengelolaan risiko, sistem-sistem perencanaan tindakan darurat, serta pendokumentasian selama tahapan operasi.

3.1 Konsep risiko rendah yang dapat diterima

Fasilitas penyimpanan tailing harus dapat memenuhi tujuan-tujuan keselamatan dan kesehatan operator dan masyarakat, serta perlindungan masyarakat dan lingkungan. Tujuan-tujuan tersebut hanya dapat dipenuhi jika fasilitas penyimpanan tailing dirancang, dioperasikan, ditutup dan direhabilitasi ke tingkat risiko yang dapat diterima oleh pemangku kepentingan selama masa kehidupan penuh pengoperasian fasilitas dan masa setelahnya.

Karena itulah suatu pendekatan sistematis atas pengelolaan tailing yang efektif disarankan untuk dilakukan. Strategi-strategi manajemen perlu berbasiskan risiko dan memperhitungkan pandangan-pandangan dan harapan-harapan masyarakat di mana perusahaan-perusahaan beroperasi. Risiko-risiko terkait tailing yang utama bagi manusia dan lingkungan dapat dikarakterisasikan untuk tahap-tahap operasi dan penutupan.

3.1.1 Risiko-risiko operasional

Tujuan utama suatu fasilitas penyimpanan tailing adalah agar tailing padatan dan air yang tersimpan tetap terbencong. Berikut ini adalah beberapa kegagalan dan risiko bagi kesehatan dan keselamatan masyarakat, komunitas, dan lingkungan selama pengoperasian fasilitas penyimpanan tailing:

- pecahnya jaringan pipa pengiriman lumpur (slurry) tailing atau jaringan pipa balik dari air kurasan (decant water)
- erosi akibat curah hujan atau terbentuknya pipa-pipa erosi (piping) pada muka tailing terluar (gambar 1)
- kegagalan geoteknik atau perubahan bentuk dinding bendungan yang berlebihan (gambar 2)
- pengisian berlebihan fasilitas penyimpanan tailing sehingga terjadi pelimpahan dinding bendungan oleh air
- rembesan melalui dinding bendungan, yang berpotensi menyebabkan kematian pepohonan (gambar 3)
- rembesan terkontaminasi ke dalam pondasi berdampak pada air tanah
- emisi partikulat (debu) atau gas (misalnya, radium, hidrogen sianida – lihat Environment Australia (1998) dan buku pedoman *Pengelolaan Sianida* yang diajukan pada seri DITR ini, sulfur dioksida dan hidrogen sulfida (gambar 4)
- terpaparnya burung dan kehidupan liar atau hewan ternak terhadap air kurasan yang mungkin telah terkontaminasi dan menggenang di permukaan fasilitas penyimpanan tailing
- terpaparnya kehidupan liar dan hewan ternak terhadap tailing lembut sehingga mereka dapat terperangkap.



3.1.2 Risiko-risiko penutupan

Kegagalan dan risiko setelah penutupan suatu fasilitas penyimpanan tailing dapat berupa sebagian besar dari jenis-jenis kegagalan dan risiko pengoperasian, selain dari kegagalan pengiriman tailing atau jaringan pipa air-balik (return water). Tambahkan jenis-jenis kegagalan dan risiko pasca-penambangan termasuk diantaranya:

- erosi akibat hujan di muka bagian luar dinding bendungan, yang dapat memaparkan dan memindahkan tailing (lihat gambar)
- kegagalan spillway atau saluran air limpahan (jika tersedia)
- pelimpahan akibat limpasan hujan, yang menyebabkan erosi dinding bendungan
- kegagalan sistem lapisan penutup yang ditempatkan di atas permukaan tailing.



3.2 Pendekatan-pendekatan rancangan

Pendekatan rancangan yang tradisional berdasarkan atas satu 'rancangan kehidupan' bagi fasilitas tersebut, bersama dengan satu rancangan 'faktor keselamatan'. Sementara rancangan kehidupan untuk fasilitas penyimpanan tailing dapat ditentukan dengan cukup baik, rancangan kehidupan pasca-penutupannya lebih meragukan, dengan implikasi bahwa ini adalah untuk selamanya. Penggunaan rancangan faktor keselamatan mengimplikasikan bahwa bila ini dicapai, ketidakpastian dapat diabaikan. Tingkat ketidakpastian yang tinggi yang sering kali dihubungkan dengan fasilitas penyimpanan tailing membutuhkan faktor keselamatan yang tinggi untuk menjamin suatu peluang kegagalan yang rendah yang dapat diterima. Pendekatan ini dapat mengarah kepada suatu rancangan yang tidak efisien.

Satu pendekatan rancangan berbasis risiko menyediakan satu kerangka kerja untuk mengelola ketidakpastian dan perubahan yang terkait dengan fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing dan memiliki sejumlah manfaat (Williams 1997), termasuk:

- memperbaiki kuantifikasi besaran dan biaya pemaparan terhadap bahaya
- penyediaan suatu argumen yang dapat dipertahankan untuk mengadopsi strategi-strategi optimal
- identifikasi dan penghapusan bahaya-bahaya berisiko rendah
- menyorot risiko-risiko signifikan yang perlu dikurangi dengan tindakan-tindakan perlakuan yang sesuai
- memfasilitasi solusi-solusi yang hemat biaya yang mencapai suatu risiko rendah yang dapat diterima.

3.3 Metode-metode analisis risiko

Terdapat berbagai definisi risiko. *Praktek Terbaik Pengelolaan Lingkungan di Pertambangan (1999)* mendefinisikan bahaya sebagai satu penyebab potensial kerusakan, mendeskripsikan risiko sebagai memiliki dua dimensi - kecenderungan dan konsekuensi, dan mendefinisikan risiko sebagai kecenderungan dari bahaya aktual.

Analisis risiko memungkinkan untuk melakukan kuantifikasi pilihan-pilihan, dan kecenderungan, konsekuensi-konsekuensi dan biaya-biaya dari kegagalan. Peringkat risiko didapatkan sebagai produk dari kecenderungan dan konsekuensi.

AS/NZS 4360:2004 merekomendasikan proses pengkajian risiko yang berikut ini:

- menetapkan konteks - secara geografis, sosial dan lingkungan, dan memutuskan kriteria rancangan
- mengidentifikasi bahaya - bahaya-apa yang dapat terjadi, di mana dan kapan serta bagaimana dan mengapa
- menganalisis risiko-risiko - mengidentifikasi pengendalian-pengendalian yang ada, menentukan kecenderungan dan konsekuensi-konsekuensi, serta, dengan demikian, tingkatan risikonya
- mengevaluasi risiko-risiko - membandingkannya dengan kriteria rancangan, melaksanakan analisis sensitivitas yang menyoroti risiko-risiko, baik yang utama maupun yang tidak penting, menetapkan prioritas-prioritas dan memutuskan apakah risiko-risiko tersebut perlu diatasi
- mengatasi risiko-risiko yang terpilih - mengidentifikasi dan mengkaji pilihan-pilihan, menyiapkan dan mengimplementasikan rencana-rencana perlakuan, dan menganalisis serta mengevaluasi risiko sampingan (residual risk).

Melingkupi proses ini adalah kebutuhan untuk berkomunikasi dan berkonsultasi dengan pemangku kepentingan, dan untuk memantau serta meninjau.

Berbagai macam metode analisis risiko digunakan oleh berbagai perusahaan pertambangan, tergantung kepada skala pengembangan penambangan dan pendekatan-pendekatan yang diadopsi oleh perusahaan. Jenis-jenis utama metode-metode analisis risiko adalah:

- bagan-bagan risiko kualitatif - termasuk identifikasi bahaya, kecenderungannya, konsekuensinya, peringkat risiko, dan tindakan pemulihannya
- metode-metode semi-kuantitatif dan kuantitatif - sesuai untuk bahaya-bahaya yang terdefiniskan dengan baik dan dapat dihitung
- analisis komputer - membutuhkan sejumlah besar data yang perlu dikumpulkan untuk merancang fasilitas-fasilitas industri yang besar.

Metode kuantitatif tergantung kepada nilai-nilai numerik yang ditetapkan terhadap kecenderungan-kecenderungan dan akibat-akibat. Metode kuantitatif yang paling umum digunakan adalah metode pohon (tree method) berdasarkan probabilitas kesalahan/kejadian, yang diatur sebagai serangkaian kotak-kotak terhubung, biasanya di spreadsheet. Didalam menerapkan metode ini, kejadian atau hasil utama harus terlebih dahulu diidentifikasi, seperti kegagalan fasilitas penyimpanan tailing. Hal ini membentuk puncak dari pohon kejadian. Penyebab-penyebab atau jenis-jenis kegagalan yang mungkin menyebabkan peristiwa utama kemudian diidentifikasi. Identifikasi ini membentuk bagian-bagian puncak dari cabang-cabang pohon kesalahan. Setiap penyebab memiliki berbagai sub-penyebab yang berkontribusi, dimana sebagian diantaranya berkontribusi terhadap lebih dari satu penyebab.

3.4 Mengelola perubahan

Pendekatan berbasis risiko yang diterapkan terhadap pengelolaan tailing harus memiliki fleksibilitas memadai sehingga perubahan keadaan dapat dikelola. Perubahan ini dapat melibatkan peninggian fasilitas penyimpanan tailing secara rutin maupun diantisipasi, ekspansi yang tak terduga, atau membawa on-line fasilitas yang benar-benar baru dan/atau metodologi-metodologi pembuangan yang baru. Mengelola perubahan seperti itu hendaknya menjadi satu pertimbangan utama didalam perencanaan, rancangan, konstruksi, penutupan dan rehabilitasi fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing.

Perubahan-perubahan keadaan dan kemungkinan-kemungkinan tanggapannya antara lain berupa:

- penambahan keluaran (throughput) pabrik pengolahan dan/atau usia tambang - membutuhkan peninggian dan/atau ekspansi fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing yang ada, dan/atau pembangunan fasilitas-fasilitas baru. Peningkatan laju produksi tailing akan membutuhkan pengajuan perizinan dan pembangunan fasilitas penyimpanan yang perlu dilakukan sebelumnya
- perubahan-perubahan dalam sifat bijih tambang dan/atau penurunan peringkat mutu - kemungkinan membutuhkan gilingan yang lebih halus, meningkatkan kebutuhan penyimpanan tailing dan menghasilkan timbunan tailing yang lebih basah dan lebih lembut. Kehilangan sirkuit pengolahan butiran-butiran halus memiliki efek yang sama
- pengurusan sumberdaya air - mungkin membutuhkan pengendalian tailing yang lebih besar menjelang pembuangan untuk dapat mengikat lebih banyak air untuk penggunaan ulang
- perubahan ketentuan-ketentuan peraturan dan harapan masyarakat - dapat berubah dari waktu ke waktu
- penutupan yang prematur menghasilkan satu fasilitas yang tidak sepenuhnya dimanfaatkan dengan tailing yang menyebar ke kedalaman yang relatif tipis pada areal jejak (footprint) yang luas - timbunlah tailing ke dalam areal jejak yang lebih sempit untuk mengurangi luasan areal yang harus dikelola dan direhabilitasi.

3.5 Efektifitas biaya

Alternatif strategi pengelolaan, penyimpanan dan penutupan tailing biasanya akurat perhitungan pembiayaannya, untuk dimasukkan ke dalam analisis efektifitas biaya. Analisis seperti ini memungkinkan berbagai strategi biaya untuk diperbandingkan dan diboboti terhadap kemampuan mereka mengurangi keseluruhan risiko (termasuk risiko geokimia) dari strategi-strategi pilihan pengelolaan, penyimpanan dan penutupan tailing.

Pendekatan teknis yang tinggi terhadap analisis dan rancangan risiko, dikombinasikan dengan ketidakpastian-ketidakpastian dan sifat subjektif dari beberapa faktor, seperti nilai-nilai estetika dan hilangnya keindahan, menghasilkan satu analisis yang sangat berbeda pemahamannya antar orang yang berbeda. Konsultasi dengan pemangku kepentingan digunakan untuk membantu para pengambil keputusan memahami berbagai sudut pandang, harapan dan keprihatinan. Pandangan-pandangan ini dapat dipertimbangkan dalam pembentukan pilihan-pilihan, analisis dan pengambilan keputusan.

Daya tarik penghematan biaya pengelolaan tailing dalam jangka pendek harus secara cermat diboboti terhadap kemungkinan peningkatan biaya-biaya sosial dan lingkungan saat penutupan dan setelahnya. Ini membutuhkan satu model pengkajian risiko yang ketat dan fleksibel dan analisis efektifitas biaya untuk membantu proses pengambilan keputusan selama siklus kehidupan tambang. Risiko-risiko kesehatan dan keselamatan masyarakat dan dampak luas secara sosial dan lingkungan perlu dipertimbangkan, termasuk situasi-situasi di mana kontaminan-kontaminan dapat dilepaskan ke lingkungan dalam jangka waktu yang panjang.



4.0 SISTEM-SISTEM PENGELOLAAN TAILING

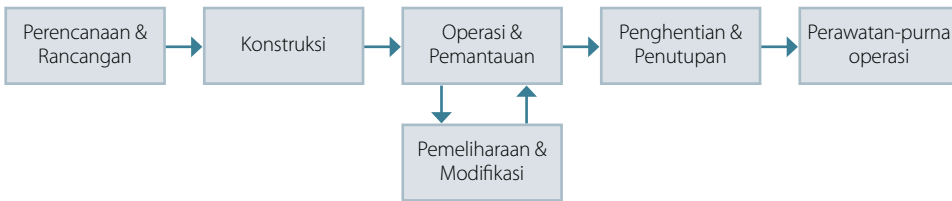
PESAN-PESAN UTAMA

- Fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing hendaknya dirancang, dioperasikan, ditutup dan direhabilitasi untuk memastikan kinerja dapat memenuhi atau melampaui kriteria yang disetujui melalui konsultasi dengan pemangku kepentingan utama.
- Setiap tahap dalam kehidupan suatu fasilitas penyimpanan tailing, mulai dari rancangan konsep hingga rehabilitasi dan perawatan-purna operasi (after care), perlu dipertimbangkan secara penuh dan dicatat dalam serangkaian laporan didalam satu rencana pengelolaan tailing, yang merupakan dokumen 'hidup'.
- Skala rencana pengelolaan tailing harus sesuai dengan skala proyek.
- Konsultasi awal dan berjalan (on-going), berbagi informasi dan berdialog dengan pemangku kepentingan merupakan satu bagian tak terpisahkan dalam pembangunan berkelanjutan dari rencana pengelolaan tailing.

Praktek unggulan dalam pengelolaan tailing mewajibkan suatu fasilitas penyimpanan tailing dirancang, dioperasikan, ditutup dan direhabilitasi untuk memastikan kinerja yang memenuhi atau melampaui kriteria yang disetujui melalui konsultasi dengan para pemangku kepentingan utama. Tersedia sejumlah panduan yang sangat baik yang mendeskripsikan unsur-unsur dalam sistem pengelolaan tailing (lihat Referensi serta Situs dan Sambungan Web). Panduan-panduan ini menyediakan satu pondasi yang baik untuk pengembangan sistem-sistem pengelolaan tailing yang sesuai kebutuhan. Panduan-panduan ini memasukkan satu kerangka kerja prinsip-prinsip dan kebijakan-kebijakan pengelolaan, dan daftar-periksa untuk mengimplementasikan kerangka kerja tersebut dalam siklus hidup fasilitas penyimpanan tailing. Unsur-unsur dan pendekatan-pendekatan utama dari suatu praktek unggulan sistem pengelolaan tailing sejak perencanaan hingga penutupan dijelaskan pada bagian ini, dengan rasa terima kasih atas Pedoman Pengelolaan Tailing BHP Billiton (BHP Billiton 2006), pada mana sebagian besar isi bagian ini berasal. Panduan ini mencerminkan praktek unggulan dalam sistem pengelolaan tailing yang digunakan di seluruh industri pertambangan.

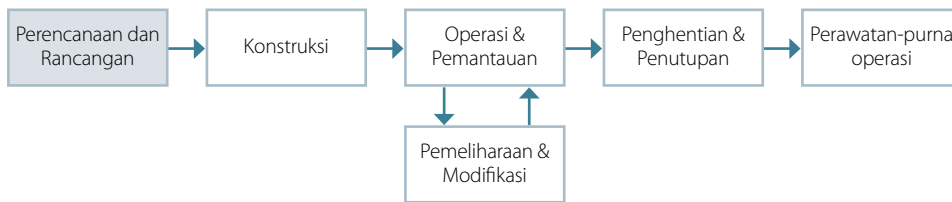
Bagian ini menjelaskan unsur-unsur utama sistem pengelolaan tailing, sementara Bagian 5 menjelaskan praktek unggulan dalam pengelolaan tailing berdasarkan sistem-sistem ini.

4.1 Kehidupan suatu fasilitas penyimpanan tailing



Prinsip mendasar yang melatarbelakangi pengelolaan tailing yang bertanggung jawab dan efektif adalah perancangan dan pengoperasian yang menghasilkan penutupan yang efektif (mengacu ke Buku Pedoman *Penutupan dan Penyelesaian Tambang* pada seri ini). Ini merupakan satu tujuan yang penting karena mencakup aspek kewajiban jangka panjang dari fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing. Jika aspek-aspek tersebut tidak dipertimbangkan secara memadai sejak dini, maka mereka akan dapat menambah secara signifikan biaya-biaya berjalan untuk pembersihan dan pemeliharaan terhadap sebuah proyek setelah pendapatan dari produksi mineral terhenti.

4.2 Perencanaan dan perancangan



Praktek unggulan membutuhkan penyelarasan antara perencanaan fasilitas penyimpanan tailing dan rencana tambang. Perencanaan fasilitas penyimpanan tailing juga harus ditinjau ulang sebagai tanggapan terhadap setiap perubahan terhadap rencana tambang dan direvisi, jika diperlukan. Ini akan memastikan bahwa setiap kebutuhan akan penahapan atau peninggian bertahap didanai dan dijadualkan secara memadai, dan bahwa aktivitas-aktivitas operasi dan pengelolaan berupaya keras untuk mencapai tujuan-tujuan penutupan selama masa kehidupan tambang.

Pertimbangan perlu diberikan terhadap:

- integrasi dengan rencana dan jadwal tambang didalam pengembangan metodologi pembuangan tailing. Misalnya, memanfaatkan atau penyimpanan tanah lapisan atas dan batuan sisa untuk pembangunan peninggian dinding bendungan dan/atau cungkup-cungkup dan penutup-penutup
- lokasi fasilitas penyimpanan tailing untuk mencegah sterilisasi sumberdaya mineral atau kontaminasi sumberdaya air
- ketersediaan bahan-bahan konstruksi penanggulangan dan bahan-bahan pencungkupan permukaan yang sesuai
- karakterisasi geokimia tailing untuk menilai potensinya bagi drainase asam dan logam selama pengoperasian dan setelah penutupan (mengacu kepada buku pedoman *Mengelola Drainase Asam dan Logam* pada seri ini). Pemilihan metode penempatan tailing dan jenis konstruksi

tanggul keduanya dapat dipengaruhi oleh tingkat risiko geokimia. Sampel-sampel untuk karakterisasi dapat diperoleh dari pekerjaan uji metalurgi yang umumnya dilaksanakan sebagai bagian dari tahap pra-kelayakan ekonomi dari suatu proyek pertambangan yang baru

- pengelolaan perubahan - peningkatan dalam kebutuhan penyimpanan dampak keluaran pabrik pengolahan untuk tailing dan air. Laju penambahan tinggi permukaan tailing juga dapat memberikan implikasi terhadap kekuatan dan stabilitas tailing
- pengolahan kembali tailing - beberapa tailing mungkin berisi mineral-mineral berharga dan karenanya suatu tujuan pengelolaan mungkin adalah untuk menyediakan penyimpanan sementara hingga ekstraksi yang ekonomis dimungkinkan. Namun demikian, hal ini tidak boleh digunakan sebagai justifikasi atau pembenaran untuk membiarkan tailing dalam keadaan tidak stabil atau reaktif secara geokimia untuk periode waktu yang berkepanjangan.

Komponen-komponen dari satu rencana pengelolaan tailing:

- rencana fasilitas penyimpanan tailing selama masa kehidupan tambang - bagaimana dan di mana akan disimpan selama masa operasi, perkiraan anggaran (dan jadwal), dan bagaimana pentahapan konstruksi dilakukan (jadwal pentahapan, lihat Bagian 4.2.1)
- kriteria rancangan - tujuan-tujuan kinerja produksi, geoteknik, geokimia, operasional dan penutupan, kesehatan dan keselamatan masyarakat, komunitas dan lingkungan yang diharapkan dapat dicapai oleh fasilitas penyimpanan tailing (pada setiap tahapan), selama masa kehidupan tambang (lihat Bagian 4.2.2)
- laporan-laporan rancangan - rancangan-rancangan terperinci untuk setiap struktur atau tahapan dari fasilitas penyimpanan tailing, termasuk gambar-gambar, untuk mencapai kriteria rancangan yang telah ditentukan. Ini termasuk investigasi-investigasi geoteknik dan lainnya yang dilaksanakan untuk mendukung rancangan (lihat Bagian 4.2.3)
- laporan-laporan konstruksi - laporan terperinci mengenai pembangunan fasilitas penyimpanan tailing sebagaimana gambar-gambar lapangan dan rencana-rencana kualitas bangunan. Ini harus berisi gambar dan foto sebagaimana yang akan dibangun yang membantu didalam mengidentifikasi risiko yang akan muncul, dan didalam analisis-kebelakang dari isu-isu yang timbul (lihat Bagian 4.3)
- buku panduan operasi - prinsip-prinsip operasi, metodologi dan sumberdaya-sumberdaya terkait serta pelatihan (lihat Bagian 4.4)
 - rencana pengelolaan keselamatan (atau risiko) - rencana-rencana pengawasan dan pemantauan termasuk inspeksi-inspeksi, pemantauan, pengkajian neraca air dan kinerja (lihat Bagian 4.4.1)
 - rencana aksi dan tanggap darurat - langkah-langkah yang akan diambil saat darurat guna meminimalkan risiko-risiko yang terkait dengan kesehatan dan keselamatan umum, masyarakat dan lingkungan, serta dampak-dampak jika suatu insiden terjadi (lihat Bagian 4.4.2)
- rencana penutupan - strategi penutupan yang membentuk tujuan akhir rencana pengelolaan tailing (lihat Bagian 4.5).

Rencana operasi, rencana pengelolaan keselamatan dan rencana aksi dan tanggap darurat bersifat mendasar dan rinci untuk suatu fasilitas penyimpanan tailing yang berisiko tinggi, namun akan bersifat singkat (satu dokumen tunggal yang menggabungkan seluruh aspek) untuk suatu fasilitas yang sederhana dan berisiko rendah.

4.2.1 Rencana selama masa kehidupan tambang

Suatu rencana fasilitas penyimpanan tailing selama masa kehidupan tambang diperlukan untuk memastikan terpenuhinya tujuan-tujuan operasional dan kesehatan serta keselamatan umum, komunitas dan lingkungan selama masa operasi tambang. Umumnya hal ini melibatkan pembaruan-pembaruan besar dalam basis lima tahunan, dan peninjauan-ulang secara tahunan. Kriteria bagi rencana ini didapat dari rencana selama masa kehidupan tambang.

Saat dimana fasilitas penyimpanan tailing dikembangkan secara bertahap untuk memuaskan permintaan produksi, maka satu jadwal terperinci perlu dipersiapkan yang mencakup:

- saat dimulainya tahap-tahap atau modifikasi-modifikasi baru
- jadwal yang dibutuhkan untuk perancangan-perancangan, investigasi-investigasi dan persetujuan-persetujuan
- estimasi biaya untuk setiap tahun dan untuk setiap tahap.

Perencanaan seperti ini akan memastikan adanya anggaran yang memadai untuk pekerjaan, bahwa investigasi dan rancangan dilaksanakan tepat waktu, dan ada cukup waktu untuk menyelesaikan konstruksi (dengan memasukkan faktor ketidakpastian cuaca dan faktor lainnya) dan menyelenggarakan tahap atau modifikasi baru.

Kondisi-kondisi latar belakang dan baseline

Dimulai pada saat tahap pra-kelayakan atau pengkajian dampak lingkungan, adalah penting untuk secara terus-menerus mengukur sifat, kualitas, tingkat atau kuantitas fitur lingkungan yang mungkin terkena dampak akibat kehadiran suatu fasilitas penyimpanan tailing sebelum fasilitas tersebut dibangun. Kondisi-kondisi latar belakang yang perlu didefinisikan umumnya termasuk:

- paras atau ketinggian muka air tanah dan kualitasnya
- kandungan air dan geokimia tanah dan batuan pondasi
- kualitas udara
- populasi dan kepadatan flora dan fauna
- tingkat radiasi alami dan latar belakang di mana bahan-bahan radioaktif akan ditempatkan.

Penting untuk mengidentifikasi data latar belakang yang dibutuhkan melalui satu pengkajian risiko kesehatan dan keselamatan umum, komunitas, dan lingkungan sebelum dimulainya operasi.

Sebagai tambahan, parameter-parameter tailing baseline perlu didefinisikan, termasuk:

- geokimia tailing atau bijih tambang
- cairan tailing, air yang tersimpan, atau kualitas air peluluhan (pelindian).

Kondisi latar belakang dan baseline ini penting - ini adalah perbedaan antara parameter-parameter latar belakang dengan tailing dan air yang membantu didalam pendefinisian indikator-indikator penunjuk untuk digunakan mendeteksi kontaminan-kontaminan yang dapat memberikan dampak pada sumberdaya tanah atau air tanah. Proses ini juga diperlukan bagi lembaga berwenang untuk merancang persyaratan-persyaratan lisensi operasi yang dapat diterapkan untuk fasilitas tersebut.

Bila parameter-parameter tailing berubah selama masa beroperasinya fasilitas penyimpanan tailing, perubahan-perubahan tersebut hendaknya dicatat di samping data awal, mencatat tanggal perubahan tersebut muncul. Perubahan-perubahan tersebut dapat menghasilkan modifikasi-modifikasi terhadap rencana rancangan dan pengelolaan.

Nilai-nilai masyarakat

Nilai-nilai masyarakat seperti kesehatan, estetika dan lingkungan harus dimasukkan selama proses pengambilan keputusan dari perencanaan hingga penutupan fasilitas penyimpanan tailing. Ini akan melibatkan konsultasi yang berarti, terus-menerus dan teratur dengan kelompok pemerhati terkait, termasuk berbagi informasi dan dialog dengan para pemangku kepentingan (lihat Bagian 2.2).

Pengkajian risiko

Fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing membutuhkan satu pengkajian risiko yang resmi untuk mengidentifikasi dan mengkuantifikasikan risiko-risiko yang perlu dikelola. Fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing umumnya diperingkatkan sebagai fasilitas-fasilitas berisiko tinggi, nyata atau rendah, sesuai dengan rangkaian satu kumpulan kriteria peringkat. Peringkat risiko digunakan untuk menentukan persyaratan-persyaratan rancangan, konstruksi, pengelolaan risiko, inspeksi dan pelaporan.

Semakin tinggi peringkat risiko, semakin ketat persyaratan-persyaratan rancangan, pengawasan konstruksi, pengelolaan risiko, dan perencanaan tanggap daruratnya. Fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing berisiko tinggi umumnya perlu diaudit oleh lembaga-lembaga pemerintah yang berwenang.

Metode-metode yang sesuai untuk mengurutkan risiko fasilitas penyimpanan tailing terdapat pada *Panduan untuk Rancangan, Konstruksi dan Operasi Bendungan Tailing* yang diterbitkan oleh Komite Nasional Australia untuk Bendungan-Bendungan Besar, dan panduan-panduan negara bagian dan teritori untuk rancangan fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing (lihat Referensi serta Situs dan Sambungan Web).

Identifikasi dan Evaluasi Pilihan-Pilihan - Tahapan Konsepsi

Pilihan-pilihan pengelolaan tailing kesemuanya sering kali ditentukan terlebih dulu karena:

- para insinyur bersandar pada pengalaman-pengalaman mereka sebelumnya - tanpa mengindahkan teknologi-teknologi baru dan kekhususan-kekhususan proyek
- saran didapatkan dari sejumlah terbatas pakar internal dan eksternal.

Langkah paling penting didalam mengembangkan suatu sistem pengelolaan tailing yang konseptual untuk sebuah proyek adalah mengumpulkan satu tim multi-disiplin yang dapat menilai implikasi-implikasi selama masa kehidupan tambang dari pengelolaan tailing yang ada di lokasi proyek. Tim proyek perlu mengikuti langkah-langkah berikut:

1. Definiskan parameter-parameter operasi

Studi konseptual harus berdasarkan data. Data tersebut harus memasukkan rencana kehidupan tambang; topografi lokasi; areal-areal tangkapan hidrologi; riwayat hujan dan data penguapan (evaporasi); volume dan laju produksi tailing yang diproyeksikan, serta karakteristik fisik, kimia dan reologi; ketersediaan, kualitas, dan harga air; parameter-parameter geoteknik dari bahan-bahan konstruksi dan pondasi yang tersedia; serta data seismik (gempa).

Tim proyek juga perlu untuk:

- mengumpulkan seluruh studi tailing sebelumnya
- mengidentifikasi dan mengukur pendorong-pendorong utama kinerja. Misalnya, permintaan air tawar, meminimalkan drainase asam dan logam atau pembentukan salinitas, atau pengurangan kebisingan dan dampak visual yang dialami komunitas sekitar
- mengidentifikasi persyaratan-persyaratan peraturan dan hukum yang mengatur perancangan, pengoperasian dan penutupan suatu fasilitas penyimpanan tailing dalam wilayah hukum proyek
- mengidentifikasi kekhawatiran-kekhawatiran masyarakat.

2. Identifikasikan seluruh lokasi-lokasi penyimpanan tailing yang mungkin

Lokasi-lokasi penyimpanan tailing yang mungkin dapat berupa lapangan rumput, fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing yang sudah ada, lubang-lubang tambang yang ada atau akan ada, dan daerah-daerah penyimpanan batuan sisa. Saat meninjau pilihan-pilihan penyimpanan tailing, tim proyek perlu mempertimbangkan:

- pilihan-pilihan untuk memaksimalkan pemulihan (pengumpulan kembali) air dan konsolidasi tailing
- rotasi pengeluaran tailing (tailings discharge) antar sel-sel penyimpanan berganda untuk mengurangi laju peninggian dan memaksimalkan kepadatan bahan yang dikonsolidasikan
- sterilisasi badan bijih tambang
- potensi drainase asam dan logam atau salinitas, dan isu-isu visual, kebisingan dan debu
- dampak kegagalan bendungan tailing atau jaringan pipa
- rehabilitasi lokasi.

Langkah ini akan membentuk satu pengkajian risiko, satu grafik kapasitas penyimpanan versus waktu untuk mengkaji apakah volume penyimpanan yang memungkinkan cukup memadai, satu spesifikasi kepadatan tailing minimal, dan satu daftar singkat lokasi-lokasi penyimpanan tailing yang dianjurkan.

3. Menghitung neraca air lokasi

Sementara tambang-tambang di pesisir timur Australia sedang menghadapi masalah kekurangan air, lokasi-lokasi lain di Australia dihadapkan pada isu-isu kelebihan air. Satu neraca air lokasi dibutuhkan untuk mengevaluasi dampak berbagai pilihan pembuangan dan penyimpanan tailing sebagai satu fungsi dari berbagai skenario pasokan air dan curah hujan.

Langkah ini akan merekomendasikan satu rancangan fasilitas penyimpanan tailing konseptual dan menyediakan satu pengkajian risiko dari berbagai pilihan pengurusan dan penyimpanan tailing.

4. Pilihan-pilihan pengurusan

Ada serangkaian pilihan pengurusan tailing secara mekanis dan in-situ yang dapat diterapkan pada suatu operasi tailing tertentu. Ini termasuk bahan pengental pasta konvensional, berelaju (berkecepatan) tinggi, filter-filter hampa udara dan bertekanan, mesin pemisah sentripugal serta siklon-siklon. Tidak ada satu pedoman praktis didalam memilih metode pengurusan tailing yang sesuai. Pada tahap konseptual direkomendasikan agar tim meninjau:

- persyaratan tailing saat ini dan di masa depan. Setelah beberapa tahun penambangan, misalnya, lubang-lubang tambang akan tersedia bagi penyimpanan tailing yang memerlukan metode pengurusan yang berbeda dari yang digunakan pada satu fasilitas tailing yang dibangun. Karena itu mungkin dibutuhkan lebih dari satu metode pengurusan tailing selama masa kehidupan tambang dan penetapan lokasinya mungkin perlu dikompromikan.
- teknologi-teknologi yang diterapkan pada pilihan-pilihan penambangan yang serupa
- teknologi-teknologi baru
- teknologi-teknologi terbaru.

Berbagai pilihan pengurusan pada awalnya dapat dipilih dengan menggunakan neraca air dan target-target kepadatan tailing yang ditetapkan pada langkah-langkah sebelumnya. Data kinerja peralatan pengurusan yang umum dapat dikumpulkan dari lokasi-lokasi operasi lain, saran ahli penyedia peralatan, dan/atau uji-uji di atas meja laboratorium.

Langkah ini akan menghasilkan satu pengkajian risiko atas berbagai pilihan pengurusan dan satu rekomendasi daftar singkat yang memenuhi spesifikasi-spesifikasi rancangan kepadatan air dan tailing.

5. Pengkajian biaya dan nilai bersih saat ini

Berbagai pilihan pengurusan dan penyimpanan tailing sekarang dapat dibuat urutannya dari sudut pandang keuangan dengan menghitung biaya dan nilai bersih saat ini. Dalam tahapan ini, biaya-biaya yang terkait dengan lokasi dari peralatan pengurusan dan penyimpanan, pilihan-pilihan transportasi tailing (yaitu pemompaan, pengangkutan dan pengantaran) dan sensitivitas harga dari bahan-bahan yang habis dikonsumsi (pereaksi-pereaksi dan air) dapat dikaji.

6. Pengkajian akhir

Dengan mengkombinasikan seluruh langkah di atas, tim proyek penyusun konsep dapat mengurutkan pilihan-pilihan dan merekomendasikan pilihan-pilihan pengurusan, transportasi dan penyimpanan tailing yang optimal. Rekomendasi tim proyek konseptual juga akan menyediakan panduan dalam pemilihan penyedia dan konsultan eksternal yang sesuai untuk studi terperinci lebih lanjut.

Harus diingat bahwa pengkajian ini dapat sangat terpengaruh oleh parameter-parameter non numerik seperti keprihatinan-keprihatinan masyarakat. Oleh karena itu, tim proyek konseptual perlu melibatkan masyarakat dan mencatat serta mengkomunikasikan temuan-temuan mereka kepada perusahaan pertambangan dan kepada masyarakat secara hati-hati.

4.2.2 Kriteria rancangan

Kriteria utama rancangan fasilitas penyimpanan tailing penting untuk didefinisikan oleh tim proyek tambang, dan disediakan untuk perancang fasilitas.

Kriteria utama rancangan meliputi:

- laju-laju produksi minimal, maksimal dan rata-rata tailing pada mana sistem pengiriman akan beroperasi (m^3/jam)
- karakteristik geokimia yang dapat mempengaruhi pemilihan rancangan yang paling sesuai untuk operasi dan penutupan
- kisaran konsentrasi-konsentrasi padatan dan konsentrasi padatan rata-rata (sebagai persentase terhadap massa) atas mana laju-laju produksi dapat diterapkan
- tonase tailing tahunan dan selama masa operasi berdasarkan apa fasilitas penyimpanan tailing harus dirancang
- kapasitas maksimal dari sistem air-balik (m^3/jam)
- kisaran karakteristik reologi dari lumpur (slurry) tailing
- sasaran kepatuhan terhadap kesehatan dan keselamatan umum, komunitas dan lingkungan, seperti yang didefinisikan pada saat berkonsultasi dengan para pemangku kepentingan, termasuk persyaratan-persyaratan rembesan, kualitas air tanah, penghentian operasi, rehabilitasi dan penutupan, tingkat-tingkat kepatuhan dalam hal radio aktif dan kualitas air
- persyaratan-persyaratan pengoperasian dan pemeliharaan, misalnya, pemeliharaan tak berawak, tingkat rendah.

4.2.3 Laporan rancangan

Fasilitas penyimpanan tailing dan komponen-komponen terkait harus dirancang oleh orang yang berkompeten dan berpengalaman.

Laporan rancangan menjelaskan dasar rancangan, termasuk seluruh parameter rancangan, dan kriteria kinerja utama. Sangat penting untuk menentukan pengendalian keselamatan, prosedur operasi dan program-program pemeliharaan yang dibutuhkan untuk memastikan operasi fasilitas penyimpanan tailing yang aman. Laporan rancangan menyediakan referensi yang mudah dan cepat saat mengevaluasi suatu proposal untuk memodifikasi operasi atau rancangan. Laporan juga menyediakan rincian saat peristiwa darurat. Laporan rancangan yang komprehensif berisi:

- standar-standar rancangan minimum
- kondisi-kondisi baseline dan latar belakang (lihat Bagian 4.2.1)
- nilai-nilai masyarakat (lihat Bagian 2.2 dan 4.2.1)
- pengkajian risiko fasilitas penyimpanan tailing dan persyaratan-persyaratan yang terkait dengan rancangan (lihat Bagian 4.2.1)
- investigasi-investigasi geoteknik dan geokimia, analisis-analisis rembesan, rancangan dinding bendungan, dan rancangan liner (pelapis) serta sistem drainase-bawah, jika dibutuhkan
- neraca air fasilitas penyimpanan tailing, rancangan pompa tailing dan sistem pipa saluran, dan rancangan sistem air-kurasan (decant water) dan air-balik.

Laporan rancangan harus menjelaskan dengan lengkap standar, proses dan metodologi rancangan yang diadopsi. Untuk fasilitas penyimpanan tailing yang dirancang untuk lokasi tambang Australia, standar rancangan minimum ditentukan oleh pembuat kebijakan negara bagian dan teritori dan para pengguna harus membiasakan diri dengan persyaratan tersebut sejak awal. *Panduan Rancangan, Konstruksi dan Operasi untuk Bendungan Tailing dari ANCOLD (ANCOLD 1999)*, yang didukung oleh standar dan panduan ICOLD yang dapat diterapkan (lihat Referensi serta Situs dan Sambungan Web), juga menyediakan saran tegas dan harus digunakan sebagai mana mestinya.

Penyelidikan-penyelidikan geoteknik dan geokimia

Investigasi-investigasi geoteknik dan yang terkait, yang dibuat sesuai kompleksitas suatu proyek dan urutan risiko fasilitas penyimpanan tailing, dibutuhkan untuk menyediakan informasi bagi perancangan terperinci dan pengambilan keputusan proyek. Laporan rancangan harus berisi seluruh investigasi yang dilaksanakan selama perancangan fasilitas penyimpan tailing, termasuk (namun tidak terbatas pada):

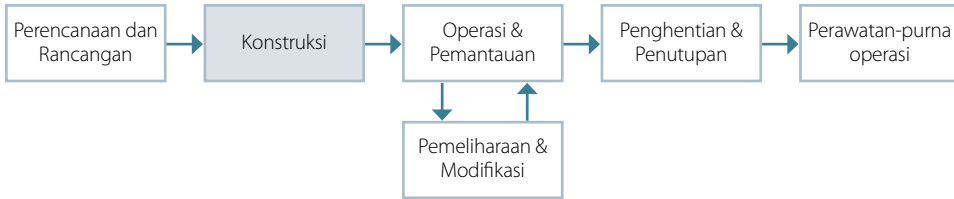
- investigasi geoteknik - untuk setiap struktur yang diajukan dan komponen-komponen pentingnya
- pengkajian seismik lokasi
- karakteristik fisika dan kimia dan parameter-parameter rekayasa dari tailing - khususnya, potensi drainase asam dan logam, salinitas dan kontaminan-kontaminan lain yang akan dihasilkan oleh tailing (mengacu kepada *buku pedoman Mengelola Drainase Asam dan Logam* pada seri ini)
- investigasi hidrogeologi - model air tanah konseptual termasuk kualitas air latar belakang dalam proyeksi zona yang dipengaruhi oleh fasilitas penyimpanan tailing.

Perencanaan pengelolaan air

Pengelolaan air adalah satu pertimbangan utama rancangan dan akan memiliki pengaruh besar pada rancangan, operasi dan penutupan fasilitas penyimpanan tailing. Laporan rancangan harus menyertakan:

- data hidrologi - termasuk areal tangkapan lokasi, identifikasi seluruh sumber-sumber air dan derivasi dari rancangan peristiwa hujan dan banjir
- pembuatan model neraca air tailing - melibatkan pemilihan kedalaman bibir tanggul penampung air (freeboard), estimasi kehilangan-kehilangan dan pengelolaan kekurangan atau kelebihan air
- rancangan sistem pengiriman tailing - termasuk pemilihan dan ukuran pompa dan jaringan pipa
- rancangan sistem air-balik, termasuk pemilihan dan ukuran air-pisahan, pompa dan jaringan pipa
- pertimbangan mengenai masalah kualitas air, menuju kepada satu rencana pengendalian pelepasan kontaminan.

4.3 Pembangunan



Adalah penting bahwa laporan pembangunan menjaga pencatatan yang akurat mengenai pekerjaan-pekerjaan konstruksi agar:

- memastikan bahwa fasilitas penyimpanan tailing dibangun oleh seorang kontraktor yang berkompeteren, dengan tingkat pengawasan dan kualitas kontrol bahan bangunan, serta teknik yang memadai untuk menunjukkan bahwa mereka telah sesuai dengan gambar-gambar dan spesifikasi-spesifikasi rancangan
- menyediakan satu catatan dan deskripsi terperinci mengenai aspek-aspek utama geoteknik seperti persiapan pondasi-pondasi, perlakuan terhadap retakan-retakan pada parit-parit utama dan parit-parit pemotong (cut-off), atau pemadatan urukan di sekitar pekerjaan-pekerjaan saluran pengeluaran. Catatan ini membantu didalam merancang dan membangun pekerjaan-pekerjaan pemulihan jika timbul masalah-masalah pasca-konstruksi
- menyediakan gambaran sesuai dengan yang akan dibangun yang:
 - menyediakan satu representasi akurat mengenai pekerjaan-pekerjaan konstruksi yang terperinci
 - terutama bila perubahan-perubahan rancangan mungkin timbul selama konstruksi
 - membantu memperbaiki rancangan untuk tahap-tahap selanjutnya
 - menyediakan rincian dan dimensi pekerjaan-pekerjaan pemulihan sehingga tidak berdampak terhadap integritas struktur yang ada
 - menyediakan rincian untuk analisis-ke belakang (back analysis) jika hal ini diperlukan.

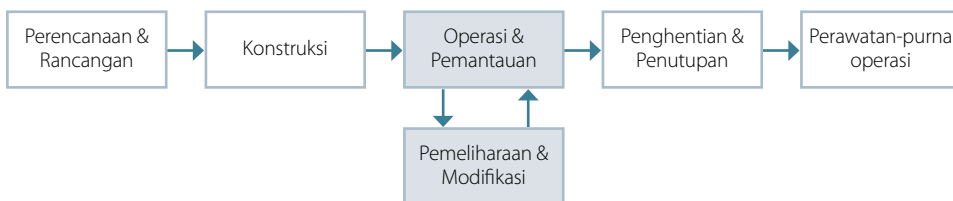


Dinding bendungan hilir fasilitas penyimpanan tailing pada keadaan iklim yang kering



Dinding bendungan hilir fasilitas penyimpanan tailing pada keadaan iklim yang basah

4.4 Pengoperasian



Praktek unggulan dalam pengelolaan tailing akan menunjukkan pertanggungjawaban operasi yang jelas pada tingkat manajemen tambang senior, dengan pemahaman mendalam mengenai tujuan rancangan, operasi dan penutupan. Implikasi dari tidak dilakukannya operasi sesuai tujuan rancangan dan kriteria rancangan harus dipahami dengan jelas.

Panduan operasi tailing diwajibkan untuk setiap fasilitas penyimpanan tailing. Panduan ini harus sesuai dengan tujuan rancangan fasilitas tersebut. Maksud panduan ini adalah untuk memandu dan membantu operator fasilitas penyimpanan tailing dalam operasi sehari-hari, dan juga dalam perencanaan operasi dan perawatan fasilitas selanjutnya. Menggunakan referensi gambar dan sketsa yang sesuai untuk menggambarkan pentingnya fitur, prinsip dan batasan operasi, yang harus dijelaskan dalam panduan operasi, dan operator harus menerima pelatihan mengenai:

- prinsip-prinsip penimbunan tailing dan pengembangan pantai yang baik - lapisan-lapisan tipis dengan pengeringan yang maksimum untuk memaksimalkan kekuatan dan meminimalkan rembesan
- pengelolaan yang benar kolam air kurasan dan pemulihan (pengumpulan) air yang efisien untuk memaksimalkan stabilitas



- contoh-contoh dari praktek-praktek pengelolaan tailing yang buruk beserta dampak negatifnya
- operasi fasilitas sehari-hari dan frekuensi serta metode pergantian yang benar
- prosedur-prosedur operasi yang membutuhkan langkah-langkah pencegahan khusus, seperti urutan pembukaan/penutupan katup yang benar untuk mencegah penghambatan pipa saluran tailing
- prosedur-prosedur untuk mengubah dan membilas pipa saluran tailing
- indikator-indikator awal utama yang digunakan untuk memantau keberhasilan operasi fasilitas, dan setiap peran dan tanggung jawab operator didalam mendukung rencana pengelolaan tailing
- perawatan pencegahan dan terjadual untuk menjaga agar peralatan penting tetap operasional
- pentingnya pencatatan dan pemantauan penyimpanan serta data kinerja
- kebutuhan untuk melaporkan hasil pengamatan yang luar biasa, tak baik atau tidak diharapkan kepada pengawas dan menindaklanjuti dengan tindakan-tindakan darurat dan pengelolaan risiko.

4.4.1 Pengelolaan keselamatan

Banyak lembaga berwenang mewajibkan rencana pengelolaan keselamatan untuk fasilitas penyimpanan tailing berisiko tinggi atau besar (mengacu ke, misalnya, *Panduan Pengelolaan Keselamatan Bendungan Queensland 2002*).

Rencana pengelolaan keselamatan fasilitas penyimpanan tailing terkait:

- pengidentifikasian risiko-risiko atas fasilitas
- risiko-risiko kesehatan dan keselamatan masyarakat, komunitas dan lingkungan dan pentingnya pengendalian untuk memastikan integritas operasi
- program pengawasan dan perawatan untuk memastikan integritas berbagai komponen struktur yang berjalan.

Pemantauan

Pemantauan fasilitas penyimpanan tailing harus menyertakan:

- pemasangan piezometer untuk memantau penggundukan air tanah di bawah dan di sekitar fasilitas
- pengambilan sampel kualitas air permukaan dan air tanah di hulu dan di hilir fasilitas
- percobaan dan pemantauan strategi-strategi penutupan, termasuk perlakuan lereng dan lapisan penutup.

Laporan-laporan pemantauan harus disiapkan secara tahunan dan pelaporan harus dapat diakses, mudah dipahami dan transparan bagi para pemangku kepentingan.

Inspeksi-inspeksi teratur

Seluruh fasilitas penyimpanan tailing dan sistem pemompaan serta pipa saluran terkait harus diperiksa minimal setiap hari. Pengamatan harus dicatat. Pengamatan atau kebutuhan perawatan luar biasa harus dicatat dan tindakan yang sesuai harus dilakukan, termasuk melaporkan ke lembaga berwenang dan masyarakat. Inspeksi atau pemeriksaan harus memasukkan:

- posisi kolam genangan dan pengamatan-pengamatan yang terkait dengan persyaratan freeboard (tinggi muka air dalam kaitannya dengan tinggi puncak bendungan)

- pemeriksaan-pemeriksaan visual dan pengoperasian dari indikator-indikator awal, seperti kebasahan, rembesan dan erosi
- status sistem-sistem pendeteksi kebocoran
- status sistem-sistem bendungan sekunder
- status alarm gangguan dan pengukuran arus otomatis
- kondisi sistem-sistem pemompaan dan jaringan pipa saluran
- pengkajian dampak terhadap burung, kehidupan liar atau hewan ternak, terutama burung yang dapat terpengaruh oleh pengonsumsi air tailing.

Tinjauan-tinjauan kinerja

Kinerja fasilitas penyimpanan tailing harus dikaji secara tahunan oleh ahli geoteknik yang berpengalaman dalam pengelolaan tailing. Pengkajian harus secara kritis menilai kinerja aktual dibandingkan terhadap rancangan dan membuat rekomendasi untuk tindakan perbaikan dan mitigasi risiko. Pengkajian seperti ini diperintahkan oleh beberapa lembaga berwenang. Pengkajian harus mempertimbangkan:

- kinerja pengembangan tahapan dibanding rancangan—ketinggian puncak dan pantai, tonase tailing tersimpan dan volume terisi
- konfirmasi asumsi yang digunakan pada rancangan—pengkajian stabilitas di bawah keadaan pemuatan normal dan seismik dan kejadian-kejadian meteorologi terancang, parameter tailing in situ (kepadatan, kekuatan dan permeabilitas) dan posisi permukaan air tanah
- kinerja perangkat pengendali rembesan seperti saluran-saluran bawah (untuk pengendalian rembesan), atau filter-filter internal (yang mengendalikan erosi atau pembentukan erosi pipa internal)
- kondisi liner, di mana ia digunakan
- kinerja sistem pengawasan dan pemantauan - status dan kondisi sistem pemantauan, kinerjanya didalam mendeteksi perubahan pada indikator awal (lingkungan dan/atau struktural), dan analisis serta evaluasi data pemantauan dibandingkan dengan tren yang diprediksikan
- hasil-hasil pemantauan air tanah - perbandingan tingkat air tanah dan kualitas terhadap data dasar dan terhadap rancangan dan kriteria penutupan, dengan mempertimbangkan:
 - rembesan lateral dekat permukaan yang dapat menekan vegetasi atau membuat dinding bendungan tidak stabil
 - rembesan vertikal yang dapat menyebabkan penyumbatan di bagian tertentu di bawah tempat penyimpanan
- kinerja operasional - praktek-praktek penimbunan tailing (lapisan tipis) dan pengendalian air permukaan (air tersimpan minimum dan perawatan freeboard yang diminta)
- pengkajian insiden-insiden operasi, dan rekomendasi-rekomendasi untuk perbaikan atau modifikasi guna memperbaiki dan membawa pelajaran yang didapat bagi rancangan dan operasi di masa depan.

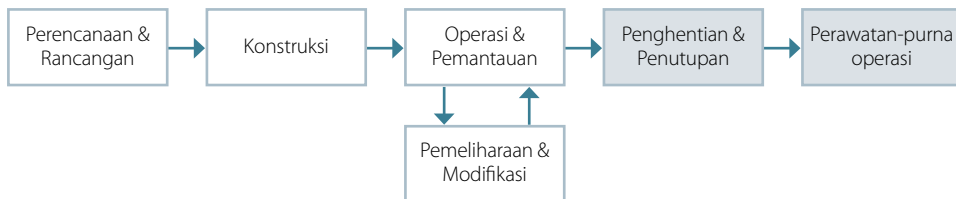
4.4.2 Tanggap darurat

Seluruh fasilitas penyimpanan tailing harus memiliki rencana tindakan darurat. Ini akan memastikan bahwa jika terjadi kemungkinan kegagalan, tindakan yang sesuai dapat dilaksanakan untuk meminimalkan risiko keselamatan orang di dalam dan luar lokasi, dan untuk meminimalkan dampak dengan merespons insiden secara terorganisir dan sistematis (UNEP2001).

Rencana tindakan darurat:

- mengidentifikasi kondisi yang dapat menghasilkan situasi darurat, seperti badai yang hebat
- menjelaskan prosedur untuk mengisolasi orang dari bahaya, termasuk memperingatkan dan mengevakuasi masyarakat di bagian hilir
- mengidentifikasi rencana-rencana tanggap darurat untuk memitigasikan dampak, seperti rencana-rencana pembersihan
- mengidentifikasi sumberdaya yang diperlukan untuk mengimplementasikan rencana dan tanggap tindakan darurat
- mengidentifikasi kebutuhan pelatihan tanggap darurat bagi orang-orang utama
- mencatat lokasi alarm peringatan darurat dan kebutuhan perawatannya untuk memastikan kemampuan pelayanannya sepanjang waktu.

4.5 Perencanaan penutupan



Penutupan fasilitas penyimpanan tailing harus dipertimbangkan secara hati-hati sebagai bagian dari rencana penutupan tambang, untuk memastikan kriteria kesehatan dan keselamatan masyarakat, komunitas dan lingkungan yang sesuai dapat dibentuk sesuai rancangan (mengacu ke buku-buku pedoman *Penutupan dan Penyelesaian Tambang, Rehabilitasi Tambang dan Keterlibatan dan Pengembangan Masyarakat* pada seri ini).

Kriteria penutupan fasilitas penyimpanan tailing harus dikaji secara berkonsultasi dengan masyarakat selama tahap operasi, dan rencana pengelolaan tailingnya direvisi (termasuk modifikasi rancangan) dengan sesuai.

Pendekatan praktek unggulan untuk perencanaan penutupan secara jelas mendefinisikan, bahwa dalam tahap seawal mungkin di rancangan, telah ditentukan bagaimana penggunaan tanah pasca-penutupan dan bentuk lahan penutupan akhir, kemudian menunjukkan komitmen untuk mencapai tujuan tersebut melalui pelaporan transparan yang teratur diperbandingkan dengan kriteria indikator awal dan konsultasi masyarakat. Praktek unggulan juga menunjukkan komitmen untuk mencapai bentuk lahan yang stabil

dan mampu bertahan sendiri dengan menguji konsep rancang bangun penutupan sebelum penutupan dilakukan, sehingga rancangan penutupan dapat direalisasikan secara meyakinkan dan hemat biaya.

Pertimbangan-pertimbangan rancangan yang terkait dengan penutupan yang utama berhubungan dengan stabilitas geoteknik dan permukaan bentuk lahan serta pengendalian polusi melalui rancangan dan konstruksi perawatan dan lapisan penutup permukaan yang efektif.



Tameng batuan dan vegetasi di muka bagian luar fasilitas penyimpanan tailing

Pertimbangan yang cermat harus diberikan kepada:

- penggunaan lahan pasca-penutupan dan bentuk lahan akhir - pertimbangan harus dimulai dalam tahap rancangan, dan terus berlanjut selama siklus hidup melalui konsultasi dengan para pemangku kepentingan selama perencanaan penutupan
- penyediaan dana - pengalaman telah menunjukkan bahwa kecuali model pendanaan probabilitas yang sesuai dikembangkan dengan sepenuhnya mempertimbangkan rangkaian biaya, dimensi (misalnya, ketebalan lapisan penutup), peristiwa (seperti badai dan gempa bumi), jadwal (rancangan, konstruksi, dan pemantauan pasca-penutupan serta perawatan), dan risiko proyek (misalnya, kriteria yang lebih ketat dari yang diasumsikan), pendanaan cenderung terlalu rendah diperkirakannya
- pemantauan pasca-penutupan dan rencana perawatan - mendaftar seluruh kriteria pasca-penutupan, dan menjadwalkan segala tugas dan aktivitas yang dibutuhkan untuk mengukur indikator-indikator dampak awal utama dan jeda pasca-penutupan. Ini mungkin termasuk kuantitas dan laju pelepasan zat kimia dan pertumbuhan kembali vegetasi (spesies, kepadatan dan pengelolaan gulma). Periode pemantauan pasca-penutupan akan tergantung lokasi, namun akan ditentukan oleh periode yang dibutuhkan untuk mengkonfirmasi bahwa tidak ada dampak merusak yang dapat diukur yang timbul, dan/atau kemungkinannya kecil untuk timbul setelah penyelesaian. Rencana juga harus merinci akuntabilitas, tanggung jawab, jadwal-jadwal dan penyediaan dana pasca-penutupan untuk kegiatan-kegiatan pemantauan, pelaporan, konsultasi dan perawatan, jika diperlukan.



5.0 PRAKTEK UNGGULAN PENGELOLAAN TAILING

PESAN-PESAN UTAMA

- Fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing merupakan salah satu di antara peninggalan yang paling terlihat dari suatu operasi pertambangan. Setelah penutupan dan rehabilitasi fasilitas ini diharapkan menjadi stabil dan tidak menghasilkan efek-efek merusak pada lingkungan untuk selamanya.
- Fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing yang dirancang dan dikelola dengan buruk akan mengakibatkan peningkatan biaya-biaya penutupan, dampak-dampak lingkungan yang berjalan, serta risiko terus-menerus terhadap kesehatan dan keselamatan masyarakat.
- Pertimbangan-pertimbangan utama praktek unggulan dalam pengelolaan tailing adalah penempatan fasilitas penyimpanan tailing, karakterisasi geokimia tailing, pemilihan metode pembuangan tailing yang optimal, pembendungan tailing serta rancangan dan konstruksi dinding bendungan, pengendalian rembesan, pengiriman tailing, pengelolaan air, pengendalian debu, dan penutupan, penghentian operasi dan rehabilitasi.
- Praktek unggulan pengelolaan tailing membutuhkan keterlibatan ahli-ahli profesional, bertindak sesuai dengan prinsip-prinsip rekayasa geoteknik dan hidrologi yang baik.
- Tujuan utama penutupan, penghentian dan rehabilitasi fasilitas penyimpanan tailing adalah untuk meninggalkan fasilitas yang aman, stabil dan tidak mengkontaminasi, dengan sedikit kebutuhan atas perawatan yang sedang berjalan.

Fasilitas penyimpanan tailing merupakan salah satu di antara warisan atau peninggalan yang paling jelas terlihat dari suatu operasi penambangan dan setelah penutupan dan rehabilitasi diharapkan untuk stabil dan tidak memproduksi efek merusak pada lingkungan untuk selama-lamanya. Fasilitas penyimpanan tailing yang dirancang dan dikelola dengan buruk akan mengakibatkan peningkatan biaya penutupan, dampak lingkungan yang berlanjut, serta risiko terus-menerus terhadap kesehatan dan keselamatan masyarakat.

Fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing perlu dirancang, dibangun dan dioperasikan dengan standar-standar tertinggi, dengan mempertimbangkan kebutuhan penutupan dan rehabilitasi nantinya. Rencana-rencana penutupan dan rehabilitasi semakin mempengaruhi lokasi dari fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing dan pemilihan metode pembuangan tailing, sehingga dapat meminimalkan biaya penutupan, risiko masa depan terhadap lingkungan dan warisan bagi generasi yang akan datang. Sebagaimana dijelaskan di Bagian 4, rancangan fasilitas penyimpanan tailing harus terintegrasi dengan rencana kehidupan tambang sehingga solusi yang paling efektif bagi penutupan dapat dikembangkan.

Strategi-strategi optimal pengelolaan tailing sangat spesifik lokasi. Karenanya, serangkaian pendekatan pengelolaan tailing diberikan di bagian ini. Terutama, menyortir dan mendiskusikan aspek-aspek teknik utama dari penentuan tapak, rancangan pembuangan, konstruksi dan penutupan.

Lokasi fasilitas penyimpanan tailing, metode pembuangan, pendekatan terhadap pengelolaan air dan tujuan-tujuan penutupan jangka panjang dari fasilitas penyimpanan tailing perlu didefinisikan. Analisis keuangan dan teknis dari pilihan-pilihan harus mengakomodasikan kekhawatiran masyarakat terhadap masalah lingkungan, estetika dan budaya. Sebagaimana keputusan awal penempatan dan rancangan pembuangan, strategi pengelolaan, penyimpanan dan penutupan tailing yang diajukan juga harus dikomunikasikan kepada lembaga berwenang dan masyarakat.

5.1 Pertimbangan-pertimbangan didalam penentuan tapak

Studi penentuan tapak (siting) bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi lokasi-lokasi dan metode-metode pembuangan untuk penyimpanan tailing yang aman dan hemat biaya. Studi tersebut harus mempertimbangkan suatu rangkaian luas pilihan-pilihan, termasuk menggunakan tailing untuk pengurukan bawah tanah atau pit, dan metode pembangunan fasilitas pembuangan tailing dan batuan sisa yang terintegrasi, serta fasilitas penyimpanan permukaan yang lebih konvensional. Studi penempatan harus mempertimbangkan:

- penataan lokasi - iklim, tata letak lokasi tambang, topografi, potensi sterilisasi badan bijih tambang, kebutuhan volume penyimpanan, risiko kesehatan dan keselamatan masyarakat, dan potensi dampak sosial dan lingkungan
- evaluasi cacat fatal - misalnya, tidak menempatkan fasilitas penyimpanan tailing langsung di bagian atas daerah yang berpenduduk, dan menghindari daerah-daerah yang penting seperti lahan basah, daerah-daerah yang mengandung dataran batu kapur, lokasi-lokasi warisan budaya dan jalur-jalur banjir
- jenis tailing - penyebaran ukuran partikel, reologi dan potensi untuk mengkontaminasi
- kedekatan dan ketinggian lokasi yang diajukan dalam kaitannya dengan pabrik pengolahan, mempengaruhi metode pengiriman tailing
- metode pembuangan dan jenis penyimpanan yang sesuai untuk lokasi dan tailing yang diajukan
- volume penyimpanan yang tersedia dan potensi bagi perluasan
- footprint yang diharapkan (luasan daerah yang terganggu)
- potensi dampak drainase permukaan dan air tanah
- isu-isu penutupan - bendungan tailing jangka panjang, stabilitas batter luar dan permukaan, rembesan dan kualitas air, risiko-risiko atas kesehatan dan keselamatan masyarakat, dan potensi dampak sosial dan lingkungan.

5.2 Metode-metode pembuangan tailing

Tailing biasanya dipompa sebagai lumpur dalam pipa saluran dan dibuang secara setengah terbuka ke dalam suatu fasilitas penyimpanan tailing permukaan. Konsistensi lumpur (persentase padatan berdasarkan beratnya) tergantung kepada jenis tailing, sebaran ukuran partikel dan gaya berat spesifik, serta tingkat pengentalan di pabrik pengolahan. Lumpur-lumpur tailing biasanya dipompa pada tingkat 25 persen padatan (untuk tailing batu bara dengan gaya berat spesifik yang rendah) hingga 50 persen (untuk tailing logam batuan keras).

Tailing sering kali mengental di pabrik pengolahan menjelang dipompa ke fasilitas penyimpanan. Ini memungkinkan air yang diolah langsung didaur-ulang kembali ke pabrik pengolahan mineral, mengurangi hilangnya air dan mengurangi kebutuhan air pabrik pengolahan. Serangkaian teknologi pengentalan tersedia dan yang paling sering diterapkan dijabarkan pada Tabel 1 (Williams & Williams 2004):

Tabel 1: Teknologi-teknologi pengentalan yang umumnya diterapkan

KONSISTENSI TAILING	KEBUTUHAN PERALATAN PENGENTALAN
Lumpur (Slurry)	Pengental konvensional atau berkecepatan (laju) tinggi
Kental	Pengental bertekanan tinggi
Pasta dengan kekenyalan rendah (high slump)	Pengental sistem 'deep bed'
Pasta dengan kekenyalan tinggi (low slump) atau kue saringan (filter cake)	Filter (Penyaring)

Pengentalan tailing mengurangi kuantitas air yang dikirim ke fasilitas penyimpanan tailing. Hal ini pada gilirannya akan mengurangi risiko overtopping (pelimpahan), dan mengurangi kehilangan rembesan dan penguapan. Pembuangan tailing yang lebih kental juga memungkinkan pengendalian kolam genangan dan sistem air kembali yang lebih baik. Di mana tailing dibuang ke dalam fasilitas penyimpanan permukaan, sudut pantai endapan akan lebih curam karena tailing dibuang pada konsistensi lebih tebal, dan pengurangan isi air, akan, pada gilirannya, mengurangi kebutuhan bendungan. Hubungan-hubungan umum antara konsistensi penempatan dan sudut pantai untuk tailing yang dipompa ditampilkan di Tabel 2 (Williams & Williams 2004).

Tabel 2: Hubungan-hubungan yang umum antara konsistensi penempatan dan sudut pantai

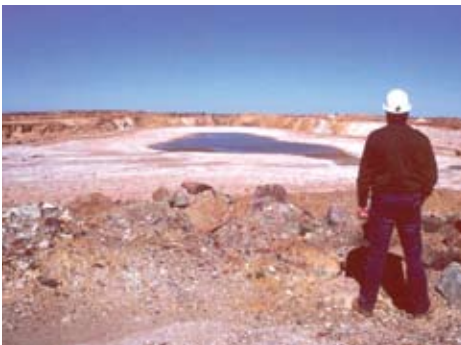
KONSISTENSI PENEMPATAN	SUDUT PANTAI (persen)
Lumpur (Slurry)	1 hingga 2
Kental	2 hingga 3
Pasta dengan kekenyalan rendah	3 hingga 6
Pasta dengan kekenyalan tinggi	6 hingga 10



Pembuangan konvensional tailing lumpur

Metode-metode pembuangan tailing dan fasilitas-fasilitas penyimpanan konvensional antara lain:

- pembuangan lumpur ke suatu penyimpanan lembah - tailing dibuang di hilir menuju dinding bendungan penahan air di mana penuang/penguras (decant) untuk mengumpulkan air supernatan berada,, atau menuju hulu menjauh dari dinding bendungan dengan fasilitas penuang terletak di akhir hulu
- pembuangan lumpur ke suatu dinding bendungan lingkaran pada tanah yang relatif datar, biasanya dengan fasilitas penuang terletak di tengah
- pembuangan lumpur ke serangkaian sel dengan penimbunan tailing diputar antar sel untuk memfasilitasi konsolidasi dan pengeringan
- pembuangan kental sentral (CDT) pada tanah yang relatif datar, dengan air supernatan yang dikumpulkan di belakang dinding bendungan keliling penahan air atau di saluran keliling kedap air (Williams, 2000)
- pembuangan lembah bawah (DVD) dari tailing kental menuju satu dinding bendungan, yang berada pada bagian kepala (atas) dari suatu daerah tangkapan
- pembuangan tailing kental ke sel-sel, kemungkinan berkombinasi dengan pengeringan secara evaporasi (penguapan) yang dibantu secara mekanis, seperti yang digunakan untuk lumpur merah pada industri alumina
- penempatan tailing di dalam pit sebagai lumpur, sebagai tailing kental atau dikombinasikan dengan limbah batuan
- pengurukan bawah tanah dari lubang-lubang galian yang telah habis ditambang, dalam bentuk urukan hidrolik, urukan batuan atau urukan tailing pasta yang bersemen.



Pembuangan tailing di dalam pit



Rehabilitasi tailing di dalam pit

Beberapa keuntungan dan kerugian dari penyimpanan dan pembuangan tailing konvensional terangkum dalam Tabel 3, yang seharusnya tidak menggantikan kebutuhan akan keterlibatan ahli teknik yang tepat.

Tabel 3: Keuntungan-keuntungan dan kerugian-kerugian dari penyimpanan dan pembuangan tailing konvensional

PEMBUANGAN	PENYIMPANAN	KEUNTUNGAN	KERUGIAN
Lumpur - dibuang menuju dinding	Lembah	Memaksimalkan volume penyimpanan untuk ketinggian dinding tertentu Sistem air-balik dapat dipermanenkan	Aliran-aliran lembah alami akan terganggu Dinding bendungan penahan air diperlukan untuk membatasi rembesan Timbunan butiran halus tailing ke dinding dapat mempengaruhi kestabilannya Potensi pelimpahan oleh air dan/atau tailing (termasuk aksi seismik bawah tanah) Akan membutuhkan saluran akhir untuk pembuangan air berlebih (final spillway)
Lumpur - dibuang menjauhi dinding	Lembah	Dinding bendungan penahan air mungkin tidak dibutuhkan Dengan pengelolaan yang baik, pelimpahan seharusnya tidak terjadi, dan saluran akhir untuk air luberan mungkin tidak dibutuhkan	Arus lembah alami akan terganggu Sistem air--balik nantinya perlu dipindahkan ke atas hulu dari pantai tailing
Lumpur	gelang (ring)	Dengan satu penuang sentral (central decant), dinding bendungan penahan air tidak dibutuhkan Footprint diminimalkan dengan peninggian terus-menerus dinding bendungan gelang	Saluran-saluran drainase alami akan terganggu Penutupan penuang sentral dengan baik dibutuhkan untuk menghentikan rembesan yang terjadi
Lumpur	Sel-sel	Dengan satu penuang sentral, dinding bendungan penahan air tidak dibutuhkan Pergiliran antar sel memungkinkan konsolidasi dan pengeringan tailing dan dapat mengurangi rembesan Total footprint dapat diminimalkan dengan meninggikan dinding-dinding bendungan sel	Saluran-saluran drainase alami akan terganggu Penutupan penuang sentral dengan baik dibutuhkan untuk menghentikan rembesan yang terjadi

PEMBUANGAN	PENYIMPANAN	KEUNTUNGAN	KERUGIAN
Kental	CTD, DVD atau sel-sel	<p>Pengentalan akan mengurangi kehilangan air dan bahan kimia hasil pengolahan, mengurangi volume air supernatan, dan mengurangi rembesan</p> <p>Pengentalan memungkinkan percepatan akses untuk kegiatan rehabilitasi</p> <p>CTD membuat satu bentuk lahan berprofil rendah, meluruhkan sendiri (self shedding), sering kali sejalan dengan bentuk lahan alami disekitarnya</p>	<p>Pengentalan dan pemompaan menimbulkan biaya-biaya tambahan dalam pembuangan lumpur</p> <p>Karena rendahnya sudut pemantaian (beaching angle) dari tailing kental, maka areal footprint CTD akan lebih luas, dan berdampak terhadap rehabilitasi</p> <p>CTD mungkin membutuhkan satu tanggul atau saluran batas keliling penahan air</p> <p>Pekerjaan dengan menggunakan mesin di permukaan sel-sel membutuhkan pengurusan-pengurusan untuk dapat menahan pergerakan lalulintas dan ini mahal</p>
Lumpur	Bawah tanah	<p>Meniadakan kebutuhan akan fasilitas penyimpanan tailing permukaan</p> <p>Dapat dikirimkan dengan memanfaatkan gravitasi</p> <p>Dapat memperbaiki stabilitas bangunan-bangunan bawah tanah</p>	<p>Air yang mengambang (supernatan) sulit untuk dipulihkan (dikumpulkan)</p> <p>Hanya pengurukan sebagian dan pemanfaatan sebagian dari penyimpanan yang tersedia dapat dicapai</p> <p>Operasi-operasi bawah tanah yang aktif di sekitarnya mungkin terbanjiri</p>
Lumpur	Di dalam pit	<p>Meniadakan kebutuhan akan tambahan penyimpanan tailing permukaan</p> <p>Dapat dikirimkan dengan memanfaatkan gravitasi</p> <p>Pemulihan air supernatan mungkin dilakukan dengan pemompaan</p>	<p>Laju konsolidasi tailing dikurangi, dan pengeringan permukaan dikurangi atau dihilangkan (jika berada di bawah air)</p> <p>Kegagalan untuk memulihkan air supernatan dan bahan kimia hasil pengolahan dapat mengakibatkan kehilangan-kehilangan yang tinggi</p> <p>Pemulihan air supernatan menuntut agar pompa di dalam pit dipertahankan dan pumping head harus diatasi</p>

PEMBUANGAN	PENYIMPANAN	KEUNTUNGAN	KERUGIAN
Kental	Di dalam pit	Meniadakan kebutuhan akan tambahan penyimpanan tailing permukaan Dapat dikirimkan dengan memanfaatkan gravitasi Air supernatan yang dikurangi mungkin tidak perlu dipulihkan	Pengentalan menuntut biaya tambahan Laju konsolidasi tailing dikurangi, dan pengeringan permukaan dikurangi atau dihilangkan (jika berada di bawah air)
Pasta yang diberi semen	Bawah tanah	Dapat dikirimkan dengan memanfaatkan gravitasi Sedikit air supernatan yang diproduksi, memungkinkan pengurukan yang cepat Menyediakan stabilitas bagi penambangan dari lubang-lubang galian (stopes) sekitar	Produksi pasta dan tambahan semen yang diperlukan menimbulkan biaya yang tinggi

5.3 Bendungan tailing

Untuk penyimpanan lumpur tailing pada fasilitas-fasilitas permukaan, dinding-dinding bendungan biasanya dibangun dalam satu rangkaian tumpukan atau peninggian dinding menggunakan metode-metode hilir, garis tengah atau hulu. Mereka dinamakan seperti itu karena melibatkan perluasan puncak ke arah hilir, secara vertikal ke atas atau ke hulu dan secara progresif mengurangi pekerjaan penggalian (earthworks) yang berhubungan dengan pembangunan dinding bendungan. Gambar 1 dan 2 menunjukkan diagram skematis peninggian hilir dan hulu, yang menyoroti volume yang lebih besar dari bahan urukan yang dibutuhkan untuk peninggian hilir dibandingkan peninggian hulu. Diagram tidak memasukkan rincian mengenai inti drainase internal atau inti-inti liat (clay cores) di dalam dinding-dinding bendungan, yang mungkin diperlukan untuk memastikan stabilitas geoteknik dan/atau untuk mengendalikan rembesan.

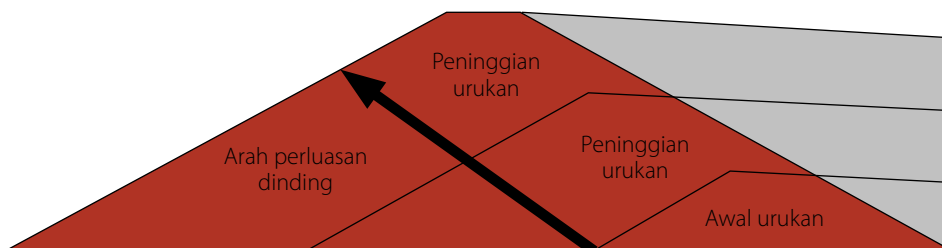


Figure 1: Konstruksi hilir menggunakan urukan

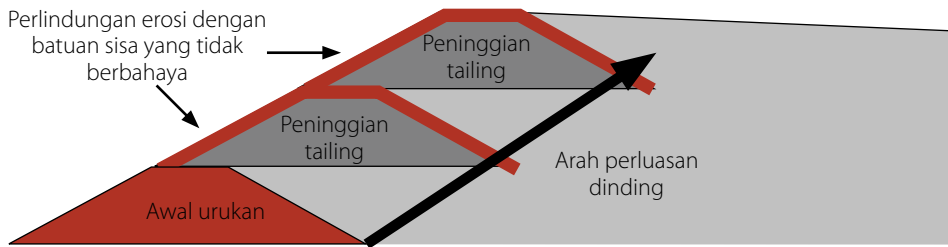


Figure 2: Konstruksi hulu menggunakan tailing kering

Peninggian sistem garis tengah (pusat) adalah di tengah jalan antara dua peninggian ekstrem hilir dan hulu, dan tidak umum digunakan di Australia. Dalam semua kasus, dinding bendungan awal umumnya dibangun menggunakan bahan urukan, sering kali menggunakan batuan sisa (tidak membentuk asam) yang tidak berbahaya. Peninggian-peninggian dinding hilir umumnya juga dibangun menggunakan bahan urukan, sementara peninggian-peninggian dinding garis tengah (centreline) dan hulu sering kali dibangun menggunakan kombinasi fraksi butiran kasar tailing dan batuan sisa atau bahan urukan.

Untuk peninggian hulu menggunakan tailing, bahan digali dari pantai tailing dan digunakan untuk membangun suatu angkatan/tumpukan hulu di atas timbunan tailing. Mungkin perlu untuk menempatkan batuan sisa yang tidak berbahaya pada muka dan puncak hilir (dan terkadang pada muka hulu yang tidak ditutupi) untuk mencegah erosi tailing karena air atau angin. Tumpukan-tumpukan hulu juga dapat dibangun dengan menempatkan batuan sisa atau bahan urukan di atas timbunan tailing, jika pondasi tailing memiliki kekuatan yang memadai. Untuk peninggian di tengah, tailing dapat dipisahkan ke dalam bagian butiran kasar dan halus menggunakan siklon-siklon, dengan fraksi kasar diarahkan ke hilir untuk membentuk dinding dan fraksi halus diarahkan ke hulu. Dalam kasus ini, tidak ada perlindungan erosi yang diterapkan pada muka hilir selama operasi. Muka hilir dapat diratakan untuk mengurangi sudut lereng, meningkatkan kepadatan dan memperbaiki stabilitas geoteknik dari dinding.



Konstruksi hilir



Konstruksi hulu menggunakan tailing

Beberapa keuntungan dan kerugian menggunakan metode hilir dan hulu didalam peninggian dinding bendungan tailing secara progresif disorot pada Tabel 4 dan 5. Hal ini, bagaimanapun juga, seharusnya tidak menggantikan keterlibatan ahli teknik yang tepat.

Tabel 4: Keuntungan dan kerugian konstruksi hilir

MASALAH	KEUNTUNGAN	KERUGIAN
Bahan urukan	Satu bahan enkapsulasi yang tidak berbahaya dan luas disediakan	Volume bahan urukan yang besar dibutuhkan
Biaya konstruksi	Bagian tanggul awal (starter embankment) tidak lebih besar dari yang dibutuhkan untuk konstruksi hulu	Peninggian dinding selanjutnya semakin meningkatkan biaya
Footprint	Footprint tanggul awal tidak lebih besar dari yang dibutuhkan untuk tanggul awal hulu	Peninggian dinding selanjutnya meningkatkan jejak Peninggian jejak dinding bendungan mengurangi volume yang tersedia untuk penyimpanan tailing
Stabilitas geoteknik	Akan cenderung ditingkatkan oleh bahan urukan	Penggunaan bahan urukan berbutiran halus mungkin menghasilkan permukaan basah yang tinggi (high phreatic surface) pada tumpukan tailing selanjutnya, yang akan mengurangi stabilitas geoteknik
Rembesan	Tindakan-tindakan pengendalian rembesan dapat disertakan ke dalam rangkaian peninggian dinding	Urukan batuan sisa berbutiran kasar akan meningkatkan rembesan dinding
Kontaminan	Enkapsulasi membatasi pemaparan tailing terhadap oksidasi	Enkapsulasi mempertahankan kandungan air tailing dan potensi terbawanya kontaminan
Stabilitas erosi	Enkapsulasi yang luas akan cenderung mencegah pemaparan dan erosi tailing	Bahan urukan berbutiran halus atau batuan lapuk rentan terhadap erosi
Rehabilitasi	Enkapsulasi yang luas seharusnya memungkinkan pembentukan ulang batter luar	Setiap tambahan kegiatan pembentukan ulang untuk tujuan-tujuan rehabilitasi dapat meningkatkan footprint

Tabel 5: Keuntungan dan kerugian konstruksi hulu

MASALAH	KEUNTUNGAN	KERUGIAN
Bahan urukan	Setelah konstruksi tanggul awal, hanya sedikit volume bahan urukan yang diperlukan untuk peninggian	Di atas tanggul awal, hanya terbatas lapisan penutup yang tersedia di atas peninggian dinding tailing
Biaya konstruksi	Peninggian berikutnya dari dinding tailing melibatkan sedikit bahan urukan, kegiatan yang tidak berarti didalam pengangkutan tailing, dan pengangkutan hanya atas bahan yang dihadapi (facing material)	Peninggian dinding selanjutnya membutuhkan tailing yang cukup kering agar dapat dilalui lalulintas dan sesuai untuk pembangunan dinding
Footprint	Peninggian dinding selanjutnya tidak memperluas footprint Tanggul awal membutuhkan footprint yang sama dengan yang dibutuhkan untuk konstruksi hilir, namun memungkinkan footprint penyimpanan yang lebih besar	Tailing yang digali mengalami pemaparan yang lebih besar terhadap oksidasi
Stabilitas geoteknik	Akan cenderung berkurang karena penggunaan tailing untuk peninggian dinding	Penggunaan tailing untuk peninggian dinding mungkin menghasilkan permukaan dengan kandungan air yang tinggi pada penumpukan tailing lebih lanjut, yang akan mengurangi stabilitas geoteknik
Rembesan	Tailing yang digunakan untuk peninggian dinding akan memiliki permeabilitas rendah, yang menghalangi perembesan	Tindakan-tindakan pengendalian rembesan tidak dapat disertakan ke dalam rangkaian kegiatan peninggian dinding
Kontaminan	Pengeringan tailing dan penambahan ketinggian tailing akibat peninggian dinding mengurangi ketersediaan air bagi transportasi kontaminan	Penggalian tailing dan penggunaannya untuk pembangunan dinding memaparkan tailing yang berpotensi membentuk asam terhadap oksidasi
Stabilitas erosi	Lapisan penutup di atas peninggian-peninggian dinding tailing secara khusus ditujukan untuk memberikan perlindungan terhadap erosi	Terbatasnya lapisan penutup di atas peninggian-peninggian dinding mungkin rentan terhadap kehilangan erosi dalam jangka panjang
Rehabilitasi	Relatif datarnya lereng-lereng terluar dari dinding tailing akan memudahkan rehabilitasi dengan penempatan bahan urukan tambahan pada sudut lereng yang sama	Keterbatasan lapisan penutup di atas peninggian-peninggian tailing membatasi pilihan-pilihan pembentukan ulang lahan di masa depan Tambahan bahan cenderung dibutuhkan untuk mencapai kedalaman lapisan penutup, profil akhir dan perlakuan permukaan yang optimal Pembentukan ulang lahan untuk tujuan rehabilitasi akan cenderung meningkatkan footprint

5.4 Rancangan dan pembangunan dinding bendungan

Struktur-struktur bendungan tailing dirancang dan dibangun sesuai dengan prinsip geoteknik yang baik, seperti yang disediakan oleh ANCOLD (1998, 1999, 2000a, 2000b, 2003), menggunakan sistem-sistem yang dijelaskan di Bagian 4. Pertimbangan-pertimbangan utama untuk merancang struktur bendungan tailing adalah:

- kondisi pondasi
- zonasi dinding bendungan dan parameter-parameter geoteknik dari bahan-bahan bangunan
- stabilitas lereng geoteknik
- rembesan dan kebutuhan akan drainase internal atau clay cores dan clay cut-offs ke dalam pondasi di bawah dinding bendungan
- konstruksi bertahap, apakah dengan peninggian dinding secara progresif, penambahan sel-sel bendungan atau pembangunan fasilitas-fasilitas baru seiring berjalannya waktu
- pilihan bahan-bahan konstruksi, termasuk tailing yang digali atau batuan sisa hasil penambangan yang sesuai
- pilihan teknik-teknik konstruksi dan kebutuhan-kebutuhan akan peralatan
- jaminan kualitas proses konstruksi, termasuk pengendalian kandungan air, pemadatan dan survei.

5.5 Pengendalian rembesan

Untuk penimbunan lumpur tailing terdapat satu risiko yang tinggi bahwa rembesan akan terjadi melalui dinding bendungan dan ke dalam pondasi. Selama operasi suatu fasilitas penyimpanan tailing konvensional, satu lapisan air tertahan (perched water table) biasanya akan terbentuk dalam tumpukan tailing - tertahan oleh konduktivitas hidraulik yang rendah dari pondasi tak jenuh di bawah tailing dan dipertahankan oleh endapan tailing basah yang ada dan setiap kejadian hujan. Air akan merembes secara perlahan dari tailing ke dalam pondasi. Sebagian rembesan akan masuk ke penyimpanan di dalam pondasi, meningkatkan konduktivitas hidrauliknya, dan sebagian lain akan berinfiltrasi masuk ke lapisan air tanah yang menyebabkannya untuk menumpuk. Sebagian air tailing juga akan merembes dari bagian kaki dinding bendungan tailing. Air rembesan cenderung membawa kontaminan-kontaminan.

Jika terdapat satu risiko bahwa rembesan tailing akan menyebabkan air tanah terkontaminasi sehingga mengakibatkan risiko atas kesehatan masyarakat dan kerusakan atau dampak terhadap lingkungan, aspek-aspek berikut ini perlu dipertimbangkan didalam perancangan untuk mengendalikan rembesan secara memadai:

- karakteristik hidraulik pondasi di bawah fasilitas penyimpanan tailing, termasuk keberadaan dan nilai dari air tanah, dan kebutuhan akan suatu pelapis (liner)
- karakteristik hidraulik dinding bendungan, termasuk kebutuhan akan clay core and clay cut-off ke dalam pondasi di bawah dinding bendungan
- dampak rembesan dari tailing pada permukaan dan air tanah

- pencegahan permeabilitas yang rendah dari pembentukan lapisan atau lensa pada pantai tailing yang dapat menyebabkan rembesan atau menyebabkan kekhawatiran-kekhawatiran tentang stabilitas di masa depan
- drainase-bawah untuk menghapus drainase gaya berat dari tailing yang ditimbun
- sistem-sistem penumpahan dirancang dan dioperasikan untuk membatasi penyimpanan air supernatan dan air hujan pada permukaan tailing, dan dengan demikian membatasi rembesan.

Liner biasanya tidak ditempatkan di bawah fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing. Namun demikian, terdapat permintaan yang meningkat akan penyediaan liner untuk meminimalkan risiko terkontaminasinya air tanah. Proyek-proyek pertambangan baru diminta untuk melakukan justifikasi mengapa suatu liner tidak dibutuhkan. Ini mungkin karena pondasi memiliki konduktivitas hidraulik rendah yang dapat diterima (satu nilai jenuh katakanlah $< 10^{-9}$ m/detik) atau air tanah tidak memiliki penggunaan yang bermanfaat (misalnya, karena kandungan garamnya yang sangat tinggi).

Dengan tidak adanya suatu pondasi dengan konduktivitas hidraulik yang sangat rendah, suatu liner tanah liat yang dipadatkan atau liner geomembran dapat dipertimbangkan. Liner tanah liat yang dipadatkan biasanya diharapkan untuk dapat mencapai konduktivitas hidraulik jenuh $< 10^{-8}$ m/detik, yang membutuhkan tanah liat yang sesuai, peralatan pemadatan yang sesuai dan pengendalian kepadatan yang baik. Geomembran, ditempatkan dengan menggunakan pengendalian kualitas yang baik, dapat diharapkan untuk mencapai konduktivitas hidraulik setara dengan sekitar 10^{-10} m/detik, namun demikian, masa hidupnya mungkin terbatas antara 50 hingga 100 tahun. Karenanya geomembran umumnya digunakan berkombinasi dengan lapisan tanah liat yang dipadatkan.

Jika tanah yang tercemar telah berkembang di bawah fasilitas penyimpanan tailing yang ada, tindakan pemulihan termasuk parit-parit intersepsi dan/atau lubang-lubang bor pemulihan rembesan dipasang di sekeliling batas fasilitas penyimpanan tailing, atau di hilir jika fasilitasnya adalah yang berjenis urukan lembah.

Pasca-penimbunan, air yang tertahan didalam tailing dapat menyebabkan rembesan berjalan - biasanya pada laju yang menurun seiring menghilangnya muka air tertahan (perched water table) di dalam tailing. Air hujan pada permukaan tailing dapat mengisi ulang tailing, mengakibatkan rembesan lebih lanjut seiring berjalannya waktu. Di mana rembesan menjadi risiko terhadap kesehatan masyarakat dan dampak lingkungan, pertimbangan penutupan yang utama adalah untuk membatasi resapan ke dalam permukaan tailing dan untuk mengendalikan arus rembesan dari fasilitas penyimpanan tailing.

Pada iklim yang sangat kering, seperti di wilayah ladang emas Western Australia, fasilitas penyimpanan tailing yang tertutup cepat mengering, sehingga mengurangi timbulnya rembesan setelah penutupan, bahkan setelah hujan lebat yang lama sekalipun. Selain itu, sebagian besar air tanah wilayah ini berkadar garam tinggi dan memiliki nilai ekonomi yang sedikit selain digunakan sebagai air pengolahan mineral.

Penggunaan air tanah berkadar garam tinggi untuk pengolahan mineral, dan pengolahan bijih tambang yang salin, menyebabkan tailing yang berkadar garam tinggi. Ini membentuk kerak permukaan yang keras yang dapat membatasi resapan dan debu, namun juga membatasi pengeringan penguapan. Parit intersepsi atau bor pemulihan mungkin dibutuhkan di sekitar batas fasilitas ini selama operasi dan untuk periode pasca-penutupan, untuk mengendalikan terkurasnya air yang berkadar garam tinggi. Setelah tumpukan lapisan air telah menurun, risiko rembesan terhadap, dan dampak pada lingkungan sekitar biasanya rendah.

5.6 Pengiriman tailing

Tailing biasanya dipompa sebagai lumpur di sepanjang pipa saluran, walaupun dalam beberapa situasi mungkin untuk mengantar tailing, dengan memanfaatkan gaya gravitasi, ke fasilitas penyimpanan. Kemampuan lumpur tailing untuk dipompa merupakan fungsi dari reologinya dan kemampuan sistem pemompaan yang dipertimbangkan. Semakin tinggi konsentrasi zat padat dari lumpur tailing, semakin tinggi tekanan yang dihasilkan dan semakin sulit untuk dipompa, untuk satu jenis pompa yang sama.

Persyaratan-persyaratan peralatan pemompaan tailing umum untuk berbagai konsistensi tailing diberikan di Tabel 6 (Williams & Williams 2004). Kebutuhan peningkatan tenaga dan tekanan saluran dengan peningkatan konsentrasi padatan tailing berhubungan dengan peningkatan yang nyata dari biaya-biaya pemompaan.

Tabel 6: Kebutuhan-kebutuhan umum peralatan pemompaan tailing untuk berbagai konsistensi tailing

KONSISTENSI TAILING	KEBUTUHAN PERALATAN PEMOMPA
Lumpur	Pompa sentrifugal (low line pressure)
Kental	Pompa sentrifugal atau piston/diafragma (high line pressure)
Pasta dengan tingkat kekenyalan tinggi	Pompa piston/diafragma (higher line pressure)
Pasta dengan tingkat kekenyalan rendah	Pompa dengan emindahan positif dua piston (high line pressure)

Sepanjang koridor pipa saluran tailing terdapat kebutuhan untuk melindungi lingkungan dari tumpahan tailing karena kemungkinan adanya kebocoran dan keretakan pipa saluran, dan pembersihan hambatan-hambatan pada pipa saluran. Metode-metode untuk mengendalikan pembuangan tailing jika terjadi insiden seperti itu termasuk:

- konstruksi bendungan pengeringan tempat air di sepanjang koridor pipa saluran
- menyambung pipa saluran dengan pipa berdiameter lebih besar untuk situasi di mana pipa saluran tailing melintasi lingkungan yang sensitif (misalnya, melewati sungai) atau melewati rute transportasi
- inspeksi rute pipa saluran secara teratur untuk mencari kebocoran
- penggunaan sensor tekanan diferensial atau instrumentasi pengukuran arus dan sistem alarm untuk memperingatkan operator jika terjadi kegagalan pipa saluran.

5.7 Pengelolaan Air

Pengelolaan kuantitas dan kualitas air yang efektif merupakan pendorong utama bagi pengelolaan tailing yang bertanggung jawab. Pertimbangan utama mengenai air dalam rancangan, operasi dan penutupan fasilitas penyimpanan tailing adalah:

- ketersediaan air dengan kualitas yang dapat diterima
- pengguna air lainnya dan nilai yang diberikan oleh masyarakat terhadap air
- kebutuhan akan air dan pemulihan/pengumpulan kembali pereaksi

- laju arus dan jarak pemompaan
- mengurangi kehilangan-kehilangan akibat penguapan (bilamana terjadi defisit neraca air) atau mendorong penguapan (jika air berlebihan)
- meminimalkan pembentukan drainase asam dan logam dan salinitas
- mengendalikan pembuangan pengolahan bahan kimia dengan tailing
- mengelola perlakuan dan pembuangan air (jika dibutuhkan) ke lingkungan (air yang berlebih)
- mengurangi rembesan ke air tanah
- mengurangi risiko terkait dengan penyimpanan air pada fasilitas penyimpanan tailing, yang dapat melibatkan pemagaran batas keliling, meminimalkan area genangan air, menjaring atau mengeluarkan bunyi-bunyian untuk mengusir burung.

Kuantitas air

Tambang sering kali bersaing dengan pengguna lain seperti pertanian, pasokan air domestik atau industri, dan lingkungan dalam penggunaan sumberdaya air. Penting bagi industri pertambangan untuk terlihat sebagai pengurus air yang baik guna memastikan kelanjutan akses ke sumberdaya yang terbatas.

Di banyak lokasi pertambangan di seluruh Australia, air bersifat langka atau berkualitas buruk. Pemulihan (pengumpulan kembali) air tambahan dari tailing dapat memperbanyak sumberdaya air proyek penambangan, mengurangi pengambilan air dari sumberdaya alam, dan memulihkan pereaksi yang bernilai (misalnya, sianida dalam kasus pengolahan emas).

Kualitas air

Saat permukaan mengering, tailing yang mengandung sulfida berpotensi untuk teroksidasi, dan juga berpotensi memproduksi limpasan dan rembesan asam dan logam. Infiltrasi air hujan dapat meluluhkan produk-produk oksidasi, melepaskan kontaminan-kontaminan ke air tanah. Tailing dan/atau air tailing mungkin berisi salinitas yang tinggi, karena sifat garam tailing dan/atau air pengolahan yang digunakan. Air tailing akan berisi residual pengolahan bahan kimia, seperti sianida, dan mungkin tetap bersifat alkalin atau masam bagi tujuan pengolahan. Kontaminan-kontaminan potensial akan dikirimkan dalam endapan dan rembesan berasal dari fasilitas penyimpanan tailing. Risiko-risiko bagi lingkungan ini dikendalikan dengan strategi-strategi operasi, penutupan dan rehabilitasi yang efektif (mengacu kepada *buku pedoman Mengelola Drainase Asam dan Logam dan Penutupan tambang* pada seri ini).

Biaya air

Penting untuk menggunakan biaya air yang sebenarnya didalam melakukan evaluasi ekonomi pilihan-pilihan pemulihan. Alasannya antara lain:

- biaya-biaya operasi dan modal dari pembangunan, pengoperasian dan perawatan sistem-sistem pasokan air
- biaya-biaya lingkungan, dengan mempertimbangkan nilai lahan basah alami, sungai, danau dan ekosistem terkait yang menerima

- biaya bagi para pengguna yang dipindahkan
- implikasi biaya terganggunya produksi karena kekurangan pasokan.

Neraca air

Neraca air dari suatu fasilitas penyimpanan tailing merupakan perangkat utama yang digunakan untuk mengkuantifikasikan volume air yang masuk, keluar dan tersimpan. Suatu pemahaman yang jelas mengenai neraca air memungkinkan fasilitas beroperasi untuk tujuan rancangan dan memperendah insiden terkait air. Skema neraca air fasilitas penyimpanan tailing ditunjukkan pada Gambar 3.

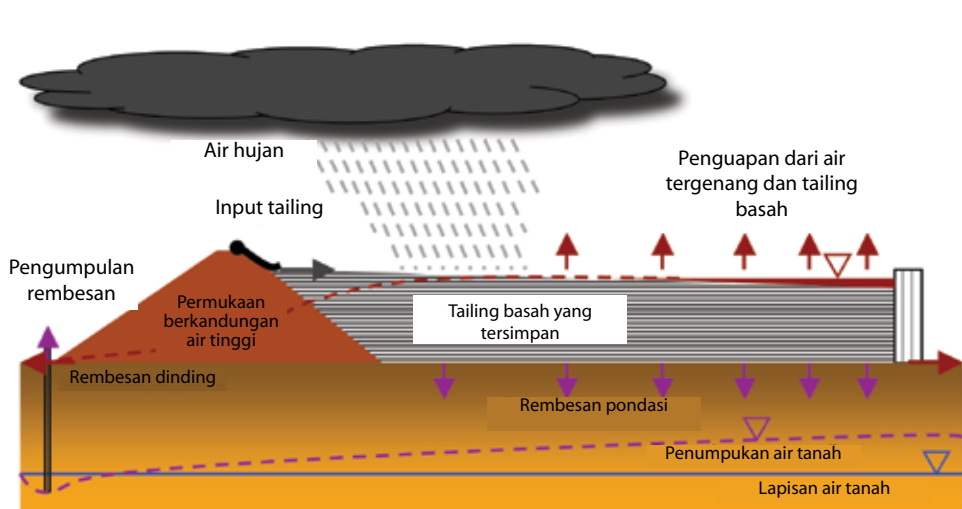
Selama operasi, input-input ke neraca air tailing adalah:

- pembuangan air tailing
- hujan yang jatuh dan limpasan tangkapan.

Output-outputnya adalah:

- air yang dipulihkan untuk digunakan kembali dalam pabrik pengolahan, termasuk air yang tersimpan di dam air hasil pengolahan
- air yang diekstraksi untuk perlakuan dan pembuangan ke lingkungan
- air yang tertahan di tailing yang telah menetap
- penguapan dari air tergenang, tailing basah yang baru ditumpuk, dan tailing yang mengering
- rembesan melalui dinding bendungan dan ke dalam pondasi.

Volume total air tailing dan volume air pemulihan merupakan kuantitas yang diketahui pasti, sementara air hujan dan penguapan dari air tergenang dapat diestimasi dari data iklim pada lokasi. Limpasan, air tertahan di dalam tailing, air penyimpanan permukaan, dan penguapan dari tailing yang basah, yang mengering dan yang kering dapat diukur. Rembesan yang hilang melalui dinding ke dalam pondasi sulit untuk ditentukan, dan biasanya diestimasi secara numerik.



Gambar 3: Skema neraca air fasilitas penyimpanan tailing

Tingkat pemulihan air dari fasilitas penyimpanan tailing akan tergantung pada konsistensi penempatan tailing dan luasnya kehilangan-kehilangan dari fasilitas penyimpanan tailing. Tabel 7 memberikan satu indikasi pemulihan air total yang mungkin, tergantung pada tingkat kekentalan tailing sebelum pembuangan (Williams & Williams 2004).

Tabel 7: Kemungkinan total air yang dapat dikumpulkan kembali atau dipulihkan dalam kaitannya dengan tingkat pengentalan tailing

KONSISTENSI TAILING	POTENSI TOTAL PEMULIHAN AIR (persen)
Lumpur	50 hingga 60
Kental	60 hingga 70
Pasta dengan tingkat kekenyalan rendah	~ 80
Pasta dengan tingkat kekenyalan tinggi	85 hingga 90

Akan tetapi, setelah penutupan, tidak ada lagi input air, sehingga air hujan dan penangkapan endapan yang terbawa air mungkin perlu dikendalikan dengan mengalihkannya ke saluran untuk luberan air (spillway).

5.8 Pengendalian debu

Debu (dust) yang dihasilkan dari permukaan fasilitas penyimpanan tailing mungkin merupakan suatu risiko kesehatan bagi masyarakat dan menyebabkan dampak lingkungan dari partikulat dan kontaminan yang berterbangan di udara. Hal ini mungkin menjadi kekhawatiran utama masyarakat sekitar, termasuk para pekerja tambang dan keluarganya. Tailing berdebu (silty) atau tailing berpasir (sandy) tak terikat cenderung menyebabkan masalah debu selama periode angin kencang. Debu dapat dikendalikan dengan:

- menyemprotkan bahan kimia penekan debu
- menutup tailing dengan lapisan tipis kerikil
- menggunakan pagar-pagar perangkap debu (silt)
- membuang tailing ke permukaan yang basah maksimal (meskipun ini meningkatkan kehilangan air melalui penguapan).

Tailing yang membentuk lapisan permukaan yang mengeras (hardpan) karena kandungan garamnya yang tinggi mungkin tidak menciptakan masalah debu, kecuali terganggu oleh lalu lintas. Namun demikian, penghancuran jangka panjang dari kerak-kerak garam harus dibiarkan dan mungkin membutuhkan lapisan penutup dari bahan yang tidak berbahaya.

5.9 Penutupan, penghentian dan rehabilitasi

Risiko-risiko dominan terhadap kesehatan masyarakat atau lingkungan yang terkait tambang berasal dari fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing (Envec 2005). Ini tercermin pada tingginya tingkat kekhawatiran masyarakat mengenai penutupan, penghentian, rehabilitasi dan perawatan-purna operasi.. Kontaminan-kontaminan dapat disebarkan dari fasilitas-fasilitas ini melalui sejumlah mekanisme, termasuk melalui udara (debu tailing dapat berisi logam berat dan campuran beracun), pergerakan massa tailing dalam bentuk cair atau semi cair, dan pemindahan melalui air sebagai padatan tersuspensi dan bahan-bahan terlarut (Lacy & Barnes 2005).

5.9.1 Tujuan-tujuan

Tujuan utama penutupan, penghentian dan rehabilitasi fasilitas penyimpanan tailing adalah untuk meninggalkan fasilitas yang aman, stabil dan tidak menimbulkan kontaminasi, dengan sedikit kebutuhan akan perawatan berjalan. Dalam beberapa kasus mungkin untuk meningkatkan nilai tanah yang ditambang, untuk membuat bentang alam yang dimodifikasi yang dapat memberi nilai rekreasi, komersial atau alami untuk dapat dinikmati di masa depan. Untuk mencapai hasil demikian, adalah penting bahwa tujuan penggunaan lahan pascapenambangan dikembangkan dan disetujui oleh pembuat kebijakan, masyarakat lokal dan pemangku kepentingan dan yang disiapkan untuk menerima tanggung jawab berjalan atas lahan.

Kerangka Kerja Strategis untuk Pengelolaan Tailing (MCMPR & MC 2003), mempertimbangkan tujuan-tujuan berikut ini saat merencanakan bentuk lahan fasilitas penyimpanan tailing akhir:

- mengisi/mengenkapsulasi tailing untuk mencegahnya keluar ke lingkungan
- meminimalkan rembesan air yang terkontaminasi dari fasilitas penyimpanan tailing ke permukaan dan air tanah
- menyediakan lapisan permukaan yang distabilkan untuk mencegah erosi dari fasilitas penyimpanan tailing
- merancang bentuk lahan akhir untuk meminimalkan perawatan pascapenutupan.

5.9.2 Faktor-faktor untuk dipertimbangkan

Faktor untuk dipertimbangkan saat merencanakan penutupan, penghentian dan rehabilitasi fasilitas penyimpanan tailing adalah:

- jenis dan geokimia bijih tambang, yang akan menentukan potensi tailing untuk menimbulkan kontaminasi, dengan mempertimbangkan variabel alami dari bijih tambang
- penghancuran, penggilingan dan pengolahan serta bahan-bahan pengolahan yang digunakan untuk ekstraksi bijih tambang
- kualitas air hasil pengolahan
- teknik pembuangan tailing
- mengoperasikan fasilitas penyimpanan tailing sebagai persiapan untuk penutupan, misalnya penumpukan tailing tidak berbahaya atau pembuangan sentral untuk membuat permukaan penetasan/peluruhan air (water shedding)
- lingkungan dan iklim di mana lokasi fasilitas penyimpanan tailing berada
- tataguna lahan pasca-penutupan
- estimasi biaya penutupan
- stabilitas bentuk lahan jangka panjang, termasuk stabilitas geoteknik dan erosi
- mengelola limpasan dan genangan permukaan, dan kebutuhan akan penutupan saluran untuk air berlebih
- rembesan jangka panjang ke lingkungan dari air tailing yang berpotensi terkontaminasi
- potensi pembentukan debu sebelum dan setelah rehabilitasi
- kebutuhan akan, fungsi yang dikehendaki dan pilihan dari sistem lapisan penutup
- perlakuan permukaan dan vegetasi dari puncak fasilitas penyimpanan tailing
- pembuatan profil, perlakuan permukaan dan vegetasi lereng batter luar.

Setiap lokasi akan memiliki komitmen khusus terkait penutupan suatu fasilitas penyimpanan tailing, berdasarkan pada hasil studi teknik, dan persetujuan dengan pemilik lahan dan lembaga penentu kebijakan. Komitmen ini harus ditinjau sebelum menyelesaikan rancangan penutupan. Keterlibatan pemangku kepentingan yang aktif merupakan bagian penting dari proses, memungkinkan perusahaan pertambangan untuk menyajikan rencana penutupan, mendengarkan tanggapan dari pemangku kepentingan utama, dan menyempurnakan rencana sehingga penerimaan masyarakat dan dukungan pemerintah tercapai.

Masalah teknik penutupan umumnya terkait aspek geoteknik, geokimia, hidrologi dan lingkungan, dan membutuhkan pendekatan tim multi-disiplin. Contoh masalah umum yang dihadapi dan pilihan penutupan yang memungkinkan disediakan di Lampiran A dari Buku Pedoman *Penutupan dan Penyelesaian Tambang* pada seri ini. Penutupan, penghentian dan rehabilitasi fasilitas penyimpanan tailing membutuhkan pendekatan bertahap, yang melibatkan:

- keterlibatan pemangku kepentingan (diskusi, kunjungan lokasi dan peninjauan dokumen)
- pengambilan sampel, investigasi dan penelitian dibutuhkan untuk menentukan bahan tailing dan rehabilitasi - pengetahuan ini kemudian digunakan untuk memecahkan masalah penutupan
- persiapan draf rencana penghentian kegiatan tambang untuk diserahkan ke lembaga penentu kebijakan
- penghentian dan rehabilitasi fasilitas penyimpanan tailing dan persiapan laporan penghentian akhir
- pemantauan dan pengakhiran (Lacy & Campbell 2000).

STUDI KASUS: Perencanaan Penutupan Fasilitas Penyimpanan Tailing di Mt McClure, WA

Mt McClure Mine berlokasi di iklim kering northern goldfields, 80 km disebelah tenggara Leinster di Western Australia. Operasi penambangan emas Mt McClure dimulai pada tahun 1991. Lokasi tersebut dimiliki dan dioperasikan oleh empat perusahaan pertambangan yang berbeda sebelum berada di bawah kendali Newmont Australia Ltd pada tahun 2002. Tambang tersebut kemudian dibeli oleh View Resources pada tahun 2005, setelah pekerjaan-pekerjaan penghentian penambangan diselesaikan oleh Newmont.

Satu pabrik 'carbon in leach' (CIL) mengolah bijih tambang dengan laju 1,2 juta ton per tahun. Bijih tambang oksida dan batuan segar (dengan beberapa pyritic shales) yang berasal dari berbagai pit dan tailing ditempatkan didalam dua fasilitas penyimpanan (TSF 1 dan TSF 4). (Hanya TSF 4 yang didiskusikan). TSF 4 berbentuk lingkaran dengan radius kira-kira 325 m dengan luas permukaan 33 ha. Ia dikelilingi oleh limbah hasil penambangan dengan ketebalan 70 hingga 300m. Pembuangan tailing berhenti pada Maret 1999.

Program penghentian untuk TSF 4 melibatkan satu program bertahap yang mengidentifikasi isu-isu penutupan di masa depan pada awal kehidupan tambang, dan pilihan-pilihan pengelolaan untuk mengatasi masalah tersebut. Perhatian yang cermat diberikan untuk menyelidiki dan memahami fasilitas pra-penghentian dan ini menuju ke rancangan penutupan akhir yang sesuai yang memasukkan lapisan penutup yang direkayasa dan lereng tanggul berprofil cekung.



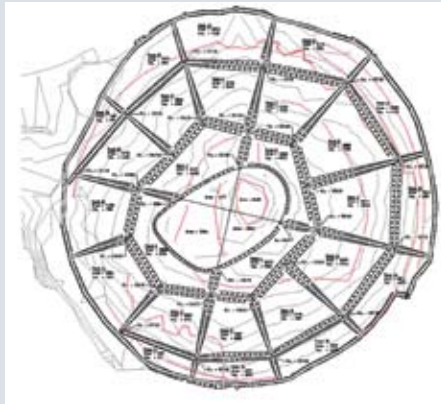
Pendekatan penghentian Lima langkah yang dijelaskan di awal telah diimplementasikan. Satu komponen utama penghentian yang efektif adalah untuk mengidentifikasi keberadaan dan potensi isu-isu risiko jangka panjang. Informasi ini menyediakan bahan pondasi dan dapat memandu proses penghentian TSF menuju satu strategi penutupan yang sesuai. Ini membutuhkan pendekatan multi-disiplin untuk memastikan bahwa semua daerah risiko yang signifikan diselidiki. Empat disiplin teknik utama diidentifikasi: geoteknik, hidrologi, geokimia dan lingkungan.

Pemandangan dari udara Fasilitas Nomor 4 Penyimpanan Tailing Mt McClure yang terintegrasi

Parameter-parameter geokimia dari tailing diketahui merupakan satu faktor utama bagi penutupan TSF 4. Tailing diketahui memproduksi asam, yang dapat menimbulkan dampak jangka panjang terhadap lingkungan sekitar dan sistem air tanah.

Strategi-strategi mitigasi risiko berikut ini dikembangkan sesuai dengan:

- satu lapisan penutup tailing oksida/saproilit setebal 2 m yang dicungkup dengan 0,5 m laterit/batuan pucuk/tanah lapisan atas. Uji lapangan dan uji kolom memprediksikan bahwa kapasitas penahan air dari lapisan penutup ini cukup memadai untuk membatasi infiltrasi dalam dari sebagian besar air hujan
- permukaan bagian atas dirancang dengan banyak sel-sel individual yang lebih kecil untuk diisi air hujan dalam setiap sel-nya. Sebagian besar air yang berinfiltrasi ke dalam lapisan penutup nantinya akan dikeluarkan melalui evaporasi dan evapo-transpirasi
- lereng-lereng dengan sudut kritis (angle of repose) dibuat menjadi lereng cekung $20^{\circ}/14^{\circ}/8^{\circ}$ yang direkayasa untuk mengurangi limpasan dan meminimalkan erosi tanggul. Suatu lapisan penutup batuan atas/laterit setebal 0,5 m ditempatkan sebagai penguat (tameng), diikuti oleh satu lapisan tanah bagian atas yang tipis, dibajak secara menyilang pada kontur dan ditaburi benih-benih.



Denah yang menunjukkan sel-sel permukaan untuk menangkap curah hujan dan meminimalkan erosi pada lereng



Lereng cekung setelah dilakukan penempatan tanah lapisan atas pada tahun 2006

Pengerjaan tanah diselesaikan pada tahun 2004, dan fasilitas tersebut kini berada pada tahap pemantauan dan pengakhiran. Selama tahun 2006, View Resources mengajukan kepada Department of Industry and Resources pengurangan jaminan prestasi (performance bond) dan telah mendapatkannya. Permohonan tersebut diajukan atas dasar stabilitas terbukti dan keberhasilan yang terus berlangsung didalam pembentukan dan pertumbuhan vegetasi.

5.9.3 Pilihan-pilihan lapisan penutup tailing

Tailing yang tidak memiliki lapisan penutup dapat menimbulkan risiko terhadap kesehatan manusia serta dampak sosial dan lingkungan, khususnya bila tailing peka terhadap pembentukan debu, limpasan hujan dibiarkan tergenang di atas tailing atau bila permukaan tailing tetap lunak. Berikut ini adalah sistem-sistem lapisan penutup tailing dari yang paling sederhana dan murah hingga yang paling rumit secara teknis dan mahal (Williams 2005 dan Buku Pedoman *Rehabilitasi Tambang* dalam seri buku ini):

- penanaman vegetasi langsung terhadap tailing
- penempatan lapisan kerikil tipis di atas permukaan tailing untuk menekan debu
- suatu penutup lapisan tunggal yang bervegetasi yang ditujukan untuk menepiskan curah hujan pada iklim yang lembab
- suatu lapisan penutup tanah simpan/lepas yang tidak menepis dan bervegetasi, yang ditujukan untuk meminimalkan perkolasi yang melaluinya dengan melepaskan curah hujan musiman yang tersimpan melalui evapo-transpirasi selama musim kering
- lapisan pemutus kapiler yang diatapi oleh medium pertumbuhan bervegetasi yang tidak menepis, yang ditujukan untuk mengendalikan penyerapan garam ke dalam medium pertumbuhan untuk menjaga vegetasi, untuk diterapkan pada iklim kering
- gabungan dari isistem-sistem tersebut di atas.

Keuntungan dan kerugian berbagai sistem lapisan penutup tersebut terangkum dalam Tabel 8.

Tabel 8: Keuntungan dan kerugian sistem-sistem lapisan penutup

SISTEM LAPISAN PENUTUP	KEUNTUNGAN	KERUGIAN
Vegetasi langsung	Biaya rendah, bila berfungsi baik	Mungkin tidak langgeng karena kurangnya unsur-unsur hara dan/atau air tawar
Kerikil tipis	Biaya rendah, bila penekanan tingkat debu merupakan tujuan utama	Tidak akan bervegetasi Tidak akan membatasi infiltrasi air hujan dan rembesan yang dihasilkannya
Lapisan tunggal menepis (shedding monolayer)	Menyediakan lapisan penutup bervegetasi pada iklim lembab	Dapat rusak karena konsolidasi tailing di bawahnya, atau mengering pada iklim kering, sehingga menyebabkan rembesan atau infiltrasi air hujan
Simpan/lepas	Dapat membatasi perkolasi ke tailing di bawahnya	Membutuhkan satu lapisan penutup yang cukup tebal termasuk Lapisan penyekat (sealing layer) pada bagian dasar Dapat gagal bila tidak sesuai dan vegetasi yang tidak lestari
Penghenti efek kapiler	Dapat membatasi penyerapan salinitas ke medium pertumbuhan di atasnya sehingga memungkinkan pertumbuhan vegetasi	Suatu materi pemutus kapiler yang tidak cocok atau terlalu tipis akan memungkinkan penyerapan garam ke dalam medium pertumbuhan pada kondisi iklim yang evaporatif Medium pertumbuhan yang terlalu tipis atau berbutiran terlalu kasar tidak akan mendukung pertumbuhan vegetasi

STUDI KASUS: Revegetasi Langsung Fasilitas Penyimpanan Tailing di Tambang Emas Kidston, QLD

Tambang Emas Kidston terletak 260 km di barat daya Cairns, di utara Queensland. Iklimnya dicirikan oleh perbedaan yang tegas antara musim hujan dan musim kering. Rata-rata lebih dari 80 persen curah hujan tahunan (rata-rata 719 mm) jatuh antara bulan November dan April, meliputi badai dan kejadian-kejadian hujan musiman berintensitas tinggi. Suhu harian rata-rata pada musim dingin adalah 18°C sedangkan pada musim panas adalah 33°C.

Satu tujuan penutupan Tambang Emas Kidston adalah vegetasi hutan terbuka savana mandiri yang terdiri dari pohon-pohon asli, serta spesies-spesies asli maupun pendatang untuk penutup permukaan tanah. Fasilitas penyimpanan tailing (FPT) seluas 310 ha ini mengandung sekitar 68 juta ton tailing yang dihasilkan antara tahun 1985 hingga 1996. Percobaan revegetasi awal yang dilaksanakan pada awal hingga pertengahan 1990-an menunjukkan adanya kemampuan tailing untuk mendukung pertumbuhan vegetasi secara langsung, tanpa membutuhkan suatu lapisan tanah penutup atau materi penutup lain.

TSF (Tailing Storage Facility) tersebut ditutup pada akhir tahun 1997 dan karena wilayah yang dapat diakses pada permukaan fasilitas tersebut secara bertahap tersedia (dari Maret 1998 hingga Desember 2001), penanaman dan penyemaian lebih dari 50 spesies pohon dan perdu asli serta delapan spesies rumput pendatang dan asli mulai dilaksanakan. Dengan dukungan irigasi tetes selama beberapa bulan pertama dan pemupukan awal, tailing yang bersifat alkalin (basa) terbukti menjadi substrat yang kondusif terhadap upaya penanaman vegetasi.

Studi-studi awal menunjukkan bahwa penggunaan bibit-bibit tanaman cenderung menjadi cara yang berhasil didalam pelaksanaan awal pembentukan komponen-komponen lapisan tengah dan atas dari komunitas vegetasi pada tailing. Pada bulan Maret 1998, percobaan-percobaan penyebaran benih dari spesies-spesies asli pada tailing didorong dan terbukti berhasil, mengindikasikan bahwa adalah mungkin untuk membentuk spesies pohon-pohon kayu, khususnya spesies ironbark lokal, dari benih. Berbagai percobaan riset dan kampanye pemantauan lain dilaksanakan untuk membangun kepercayaan akan kemandirian strategi untuk merevegetasi tailing secara langsung, dan untuk mendukung keberadaan ternak.



Fasilitas penyimpanan tailing Kidston sebelum (kiri), dan beberapa tahun sesudah (kanan) diimplementasikannya program revegetasi langsung

Komunitas-komunitas vegetasi akan terus berkembang ke arah yang positif, berkontribusi terhadap pengurangan drainase dalam dan dengan demikian strategi pengelolaan air rembesan keseluruhan untuk TSF dan akhirnya juga terhadap lokasi. Mereka akan menyediakan satu lingkungan yang aman dan stabil untuk tataguna lahan selanjutnya. Faktor-faktor ini merupakan pendorong bagi investasi perusahaan dalam penelitian yang menentukan strategi penutupan fasilitas.



Bagian yang lebih tua dari fasilitas penyimpanan tailing yang telah direvegetasi di Kidston, tujuh tahun setelah penanaman dan penebaran benih



6.0 ARAHAN MASA DEPAN

PESAN-PESAN UTAMA

- Praktek unggulan pengelolaan tailing dan kasus bisnis yang menarik yang terkait dengan itu mengarahkan rancangan, operasi, penutupan dan rehabilitasi fasilitas penyimpanan tailing ke arah teknologi-teknologi pengentalan, pasta dan pengeringan yang dipercepat.
- Pembuangan gabungan dan pembuangan tailing terintegrasi dengan limbah-limbah berbutiran kasar, dan potensi penggunaan batuan pasta sebagai satu sekat penutup, juga semakin berkembang penerapannya.
- Pengukuran bawah tanah dan pit perlu dipertimbangkan sebagai alternatif bagi penyimpanan tailing di permukaan, bila memungkinkan. Alternatif-alternatif ini dilakukan untuk mengurangi footprint atau daerah yang terganggu oleh aktivitas penambangan.
- Secara ideal, bentuk lahan bagi tailing permukaan perlu meniru analogi-analogi bentuk lahan alami disekitarnya, dalam hal geometri, lapisan penutup dan tekstur permukaan, serta stabilitasnya.

Pengelolaan tailing, berdasarkan pada prinsip pembangunan yang berkelanjutan dan kasus bisnis yang membutuhkan perhatian (lihat Bagian 2), mengarahkan rancangan, operasi, penutupan dan rehabilitasi fasilitas penyimpanan tailing menuju:

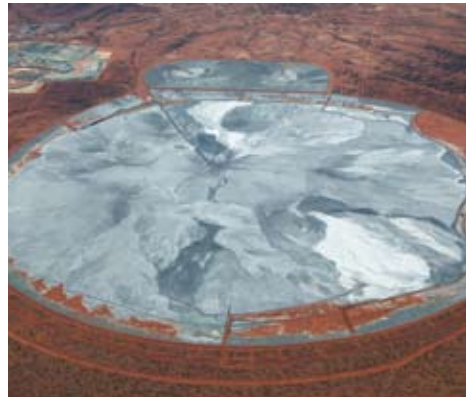
- pembuangan tailing kental dan pasta, untuk mengurangi penggunaan air dan rembesan, dan untuk menghasilkan timbunan tailing yang stabil
- pengurusan air tailing hingga membentuk filter cake untuk penumpukan basah atau kering, dengan manfaat-manfaatnya yang nampak jelas
- pembuangan gabungan dan terintegrasi dengan limbah-limbah berbutiran kasar, untuk menggunakan volume penyimpanan yang tersedia secara lebih baik dan memproduksi timbunan yang stabil
- Batuan pasta untuk digunakan sebagai satu sekat penutup (lihat Bagian 6.1.4 untuk penjelasan)
- penyimpanan tailing yang aman sebagai urukan bawah tanah dan pit
- bentuk-bentuk lahan tailing yang sejalan dengan analog-analog alami dan harapan masyarakat
- minimalisasi, pendauran-ulang dan penggunaan-kembali tailing.

6.1 Perbaikan pembuangan tailing

Fasilitas penyimpanan tailing yang mutakhir merupakan bentuk lahan yang aman dan stabil yang tidak membutuhkan pengelolaan pascapenutupan berkelanjutan dan dapat bercampur dengan bentang alam sekitarnya. Ini menyediakan kesempatan untuk menampilkan komitmen pengelolaan sosial dan lingkungan - menempatkan perusahaan pertambangan sebagai perusahaan yang berkomitmen terhadap pembangunan yang berkelanjutan saat mengajukan pengembangan di masa depan.

Ada banyak tantangan yang harus dihadapi untuk mencapai hasil yang mutakhir. Metode pembuangan tailing tradisional menciptakan masalah lingkungan karena metode ini dapat:

- mengambil areal-areal permukaan yang luas
- menjadi sangat jelas terlihat
- menahan dan kemungkinan menyimpan volume air yang besar
- meresapkan air terkontaminasi ke dalam tanah
- melepaskan drainase terkontaminasi ke dalam permukaan sungai
- menimbulkan permasalahan debu.



Fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing yang besar dan jelas terlihat

Menghindari masalah-masalah ini dan risiko-risiko yang terkait, membutuhkan satu komitmen terhadap perencanaan dan penerapan praktek unggulan yang ketat selama siklus hidup tambang. Hasil-hasil yang demikian juga membutuhkan pandangan ke depan dan pengakuan bahwa fasilitas tailing dapat menimbulkan biaya-biaya lingkungan dan sosial dalam jangka panjang jika prinsip praktek unggulan tidak diperhatikan.

Teknik-teknik penyiapan dan pembuangan tailing yang lebih efisien dan ekonomis diperkenalkan di lokasi-lokasi tambang Australia. Beberapa sistem ini mencapai efisiensi dan keekonomisan yang lebih besar dengan mengeluarkan air dari tailing di pabrik pengolahan sebelum dikirim. Ini memaksimalkan pemulihan air dan bahan kimia olahan untuk digunakan kembali dan meminimalkan pembuangan air dan kontaminan ke fasilitas penyimpanan tailing, dengan demikian mengurangi risiko rembesan atau pelepasan ke air permukaan.

6.1.1 Tailing kental dan pasta

Saat ini banyak operasi penambangan yang menggunakan tailing pasta dan kental, dan ini akan menjadi lebih meluas nantinya. Keterbatasan-keterbatasan dimasa lalu untuk berhasil mengentalkan pembuangan tailing adalah mengenai biaya atau kurangnya teknologi pengental yang sesuai. Sekarang, teknologi pengental telah berkembang jauh melampaui pengental konvensional untuk memproduksi kepadatan-kepadatan aliran bawah yang tinggi, mendekati batas penyaringan, dan mengurangi biaya-biaya. Pengental-pengental ini berkisar dari pengental sistem deep bed (umumnya digunakan untuk lumpur merah) hingga pasta atau pengental sistem deep tank yang dikembangkan untuk memproduksi urukan tailing pasta bersemen bagi penerapan bawah tanah (Potvin et al. 2005).



Pengukuran bawah tanah tailing pasta yang diberi semen



Pembuangan tailing pasta di permukaan

Konsentrasi-konsentrasi padatan yang dicapai bervariasi untuk berbagai tailing, karena sebaran ukuran partikel, kandungan liat, bentuk partikel, mineralogi, gaya-gaya elektrostatis dan takaran flokulan (zat penggumpal/penjot) sangat berbeda. Tabel 9 memberikan beberapa konsentrasi umum padatan, lumpur dan pasta untuk serangkaian jenis tailing (Williams & Williams 2004).

Tabel 9: Konsentrasi-konsentrasi padatan pada lumpur dan pasta tailing

JENIS TAILING	PERSENTASE PADATAN PADA LUMPUR	PERSENTASE PADATAN PADA PASTA
Lumpur merah bauksit	25	45
Tailing logam dasar	40	75
Tailing batu bara	25–30	–
Tailing emas	45	72
Slimes pasir mineral	15	24
Tailing nikel	35	45

Karena konsentrasi padatan lumpur tailing yang bervariasi tinggi, tailing yang kental dan pasta tailing dari berbagai sumber, konsistensi tailing lebih baik diukur dalam bentuk perilaku fisik mereka. Pada awalnya, ini dijelaskan dengan uji kerucut kekenyalan (slump cone test) yang digunakan untuk menilai kekenyalan beton. Karakteristik fisik dari tailing dapat dijelaskan secara kuantitatif oleh tekanan yang dihasilkan, sebagaimana dijelaskan pada Jewell & Fourie (2006).



Lumpur berkepadatan tinggi

Pasta kenyal 10" (250 mm)

Pasta kenyal 7" (175 mm)

Lumpur tailing memisah, mengendap dan menghasilkam air supernatan pada penempatan, diikuti dengan lekukan yang signifikan pada profil pantai (menjadi lebih datar di bagian bawah pantai). Tailing pasta dengan tingkat kekenyalan tinggi memiliki konsistensi non-segregasi, tidak mengendapkan yang melepaskan hanya sejumlah kecil air setelah penempatan. Tailing yang kental menunjukkan beberapa pemisahan (segregation), pengendapan (settlement) dan pembocoran ketika ditempatkan, diikuti beberapa lekukan pada profil pantai.

Keuntungan dalam menggunakan tailing kental dan pasta termasuk:

- memperbaiki pemulihan air dan bahan kimia pengolahan di pabrik pengolahan
- meminimalkan volume penyimpanan
- mengurangi rembesan
- memproduksi bentuk lahan yang lebih stabil.

Ini merupakan pertimbangan-pertimbangan utama bagi pembangunan yang berkelanjutan dan mencerminkan harapan-harapan masyarakat. Jewell & Fourie (2006) menyediakan referensi yang komprehensif dan definitif mengenai teknologi-teknologi ini.

STUDI KASUS: Pengeluaran Kental Sentral (Central Thickened Discharge) di Tambang Emas Sunrise Dam, WA

Tambang Emas Sunrise Dam, berlokasi 55 km di selatan Laverton di Western Australia, memulai operasinya di tahun 1997. Satu fasilitas penyimpanan tailing (TSF) 'paddock style' untuk lumpur tailing konvensional berkepadatan sedang dibangun untuk kapasitas terancang 1,5 juta ton per tahun (Mtpa). Satu peninggian hilir dilaksanakan di tahun 1998 menjelang penghentian di tahun 1999. Kapasitas terancang dijadualkan untuk meningkat dari 2 Mtpa di tahun 2000 menjadi 3 Mtpa di tahun 2003, dan satu keputusan dibuat untuk mengentalkan tailing ke tingkat kepadatan yang lebih tinggi dan berubah ke metode pengeluaran kental sentral (CDT) di lokasi baru.

Lokasi tersebut terletak pada garis drainase regional dengan satu areal tangkapan seluas 60 km². Air tanah tidak terkungkung (unconfined) dan umumnya berada dalam jarak 5 m dari permukaan. Saluran-saluran pengalihan limpasan dibutuhkan untuk mengelola aliran-aliran yang cukup besar dari hasil kejadian-kejadian hujan. Lokasi ini melandai dengan kemiringan sekitar 0,2 persen. Luasan areal rancangan TSF CTD di tahun 1999 adalah 300 hektar dan pada tahun 2005 telah meningkat menjadi 330 hektar.

CTD TSF terdiri dari satu areal penyimpanan tailing dan satu danau penyimpan air hujan (SSP). Fitur-fitur lain termasuk jalan akses dari tanah sejak dari pinggiran batas ke tengah TSF, di mana titik-titik ganda pembuangan (pengeluaran) tailing berlokasi, dan satu danau kecil yang beralas berlokasi di dalam SSP untuk mengumpulkan air rembesan tailing. Air dipompa dari danau yang beralas kembali menuju pabrik.

Bentuk TSF CTD adalah satu kerucut berprofil rendah, dan tinggi puncaknya pada tahun 2005 adalah sekitar 15 m. Produksi tailing tahunan saat ini adalah 3,6 Mtpa. Rancangan saat ini akan diteruskan hingga tahun 2009, namun demikian, ekspansi CTD di masa depan akan menyediakan kapasitas pembuangan hingga akhir kehidupan tambang.

Pabrik pengolahan menggunakan teknologi pemisahan secara gravitasi dan carbon in leach untuk mengekstraksi emas dari bijih tambang. Tailing dikentalkan hingga kepadatan sekitar 64 persen padatan dengan menggunakan dua pengental berkecepatan tinggi (berdiameter 24 m), dan dua pasang pompa sentrifugal untuk memindahkan tailing sejauh 3 km. Saluran pengumpul rembesan dibangun di sekeliling setengah bagian selatan dari TSF untuk tujuan memotong dan menurunkan paras muka air yang ada disekitar fasilitas tersebut.



Tampilan datar TSF CDT

Tampilan dari sepanjang jalan di tepi TSF CDT

Parameter-parameter tailing adalah sebagai berikut:

Gaya berat spesifik:	2.85	Batas cairan:	23 persen
Kepadatan padabatas penyusutan:	1,47 t/m ³	Ambang batas pemisahan:	Zat padat 39 persen
Kepadatan pada pengendapan awal:	1,2 t/m ³	D ₈₀ :	0,075 mm
Klasifikasi tanah:	Debu berpasir (ML)	Salinitas air rembesan:	> 200.000 μS/cm

Tailing ditimbun sebagai lapisan-lapisan sangat tipis dan pengeringan secara evaporatif berlangsung signifikan, meskipun terhalang akibat sifat air tailing yang berkadar garam sangat tinggi. Sebagai hasilnya lapisan permukaan basah (phreatic surface) tetap berada di atau sedikit di atas permukaan tanah asli. Rembesan lazim terjadi di sekitar pinggiran kerucut CDT di mana air rembesan tailing dan limpasan hujan dapat berakumulasi, yang mengharuskan adanya tambahan bangunan-bangunan drainase internal.

Kemiringan lereng pantai tailing hampir sama dengan nilai rancangan asli 1,5 persen. Namun demikian, variasi-variasi operasi awal telah membawa ke arah pembentukan pantai yang cekung; sepertiga bagian atas menjadi 2 persen, sepertiga yang di tengah menjadi 1,5 persen, dan sepertiga yang dibawah menjadi 1 persen.

Satu strategi diadopsi pada tahun 2005 di mana titik-titik ganda pembuangan (pengeluaran) ditempatkan di sekeliling puncak kerucut CTD. Tujuannya adalah untuk mengurangi laju aliran pembuangan dan dengan demikian meningkatkan kemiringan lereng pantai dan memperbaiki efisiensi penyimpanan.

Tailing kental biasanya dapat dipompa menggunakan pompa-pompa sentrifugal, namun demikian, tailing pasta membutuhkan peningkatan tenaga dari pompa pemindahan positif dan pemanisasi bertekanan tinggi. Aliran gravitasi digunakan untuk mengantarkan tailing pasta bersemen untuk pengurukan bawah tanah, dan dapat digunakan untuk mengirim tailing pasta ke penyimpanan permukaan, dengan menempatkan pengental di lokasi-lokasi yang ditinggikan. Meskipun biaya modal pompa-pompa pemindahan positif lebih tinggi dari sistem sentrifugal dengan kapasitas setara, namun sistem pasta dapat menyediakan manfaat biaya sepanjang masa kehidupan sistem yang mendukung pengadopsiannya.

6.1.2 Pengurasan tailing

Sentrifugasi dan filter-filter secara luas digunakan untuk menguras produk tambang (konsentrat atau batu bara halus) sebelum transportasi. Dalam sedikit contoh di Australia mereka digunakan untuk mengeringkan tailing sebelum dibuang, umumnya di tambang di mana lahan untuk fasilitas penyimpanan tailing tidak tersedia atau di mana keterbatasan transportasi menghalangi pemompaan. Pengeringan tailing hingga mencapai konsistensi filter cake basah atau kering memungkinkan transportasi dan pembuangan kering, menawarkan manfaat ekonomi, sosial dan lingkungan jangka panjang.

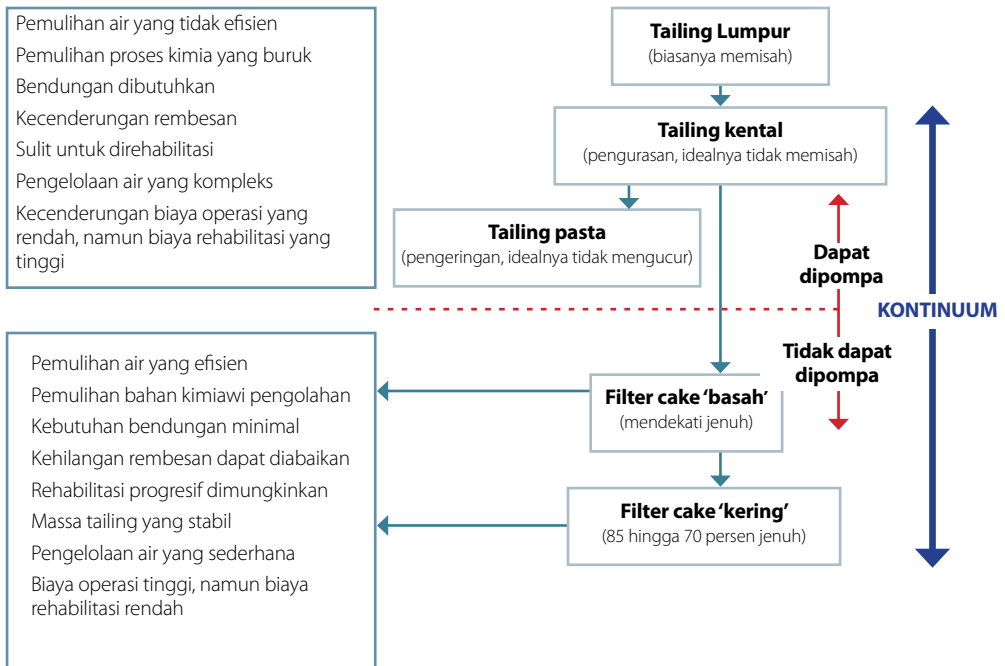
Secara historis, pengurasan tailing dengan sentrifugasi dan filter-filter telah menjadi metode yang paling mahal yang tersedia untuk menghilangkan air dari tailing sebelum dibuang. Tekanan-tekanan seperti biaya penghentian tambang karena kekurangan air, keterbatasan di masa depan untuk mengolah air untuk produksi, atau warisan lingkungan aliran rembesan asam,, membuat pengurasan menjadi suatu metode yang hemat biaya.

Perbaikan-perbaikan pada rancangan dan operasi sentrifugasi dan filter, dan terutama pada flokulan yang dibutuhkan untuk menyiapkan tailing, telah meningkatkan efisiensi peralatan dan mengurangi biaya pengurasan.

Tailing yang dikeringkan dapat diangkut, diantarkan atau dipompa ke lokasi penyimpanan atau dapat digunakan untuk pengurukan tambang sebagai pengendali kandungan air dari bahan urukan.

Secara historis, abu terbang (fly ash) pembangkit listrik, yang diproduksi kering, telah dikeluarkan dari bawah ketel uap dan dipompa sebagai lumpur berkonsentrasi kepadatan sangat rendah untuk dibuang. Praktek ini menghabiskan sejumlah besar air dan dapat menyebabkan kerusakan lingkungan yang pantas dipertimbangkan. Banyak pembangkit listrik yang saat ini mengumpulkan dan memindahkan abu terbang, menggunakan sistem truk atau pembawa. Ini telah mengurangi kebutuhan volume penyimpanan sebanyak 50 persen, meminimalkan potensi rembesan, dan memungkinkan rancangan tempat penimbunan yang lebih fleksibel. Satu kekurangan pembuangan kering adalah risiko yang lebih tinggi terhadap masalah debu.

Gambar 4 menunjukkan rangkaian penuh pilihan-pilihan pengentalan tailing yang dapat dipompa dan penyaringan tailing yang tidak dapat dipompa. Di mana mengeringkan tailing menjadi filter cake basah atau kering adalah hemat biaya, tailing dapat dipindahkan oleh ban berjalan (conveyor) atau truk ke fasilitas penyimpanan tailing, di mana tailing dapat di 'tumpuk', atau dikombinasikan dengan buangan limbah berbutiran kasar.



Gambar 4: Kontinum tailing (Conrad Tailings Seminar, AMEC Earth and Environment 2004)

6.1.3 Pembuangan gabungan

Pembuangan gabungan limbah kasar dan halus dari tambang menyediakan cara untuk mengurangi volume atau footprint yang dibutuhkan untuk menyimpan aliran-aliran limbah terpisah, dan memproduksi tumpukan yang lebih stabil, dengan manfaat ekonomi, sosial dan lingkungan yang jelas. Tantangan utama dari pembuangan gabungan adalah untuk menemukan metode yang aman didalam pencampuran dua aliran limbah secara ekonomis. Secara logistik, sulit untuk mencampur dua operasi dari truk-truk angkut besar yang membuang batuan sisa dan buangan pipa saluran lumpur, terutama bila permukaan tempat pembuangan terus bergerak. Satu keberhasilan operasi pembuangan gabungan melibatkan pengisian pit yang sepenuhnya terbuka dengan pembuangan ke belakang batuan sisa tidak berbahaya dari puncak pada satu ujung dan penimbunan tailing tidak berbahaya yang kental dari ujung lainnya (Williams 2002).



Pembuangan gabungan batuan sisa dan tailing kental pada pit terbuka yang sudah selesai penambangannya

Pada penambangan batu bara, adalah mungkin untuk menggabungkan butiran kasar dan halus yang dibuang dari pencucian batu bara, dan memompa serta membuang aliran ini secara gabungan. Campuran pembuangan gabungan menyediakan satu bagian atas pantai berbutiran kasar, yang dapat dilalui lalulintas dan membentuk satu batas luar dinding bendungan yang stabil untuk keseimbangan pemisahan butiran halus. Meskipun pemompaan pembuangan gabungan membutuhkan volume besar air yang dipindahkan, sistem tersebut tidak kehilangan lebih banyak air dibandingkan dengan pembuangan tailing lumpur semata.



Pembuangan gabungan limbah pencucian batu bara

6.1.4 Batuan pasta

Batuan pasta didefinisikan sebagai campuran terintegrasi tailing pasta dan batuan sisa, yang dapat berpotensi digunakan sebagai bahan penyekat pada lapisan penutup di atas limbah tambang yang berpotensi mengkontaminasi. Untuk aplikasi ini, tailing dan batuan sisa yang dipilih harus tidak

berbahaya. Batuan sisa umumnya terbatas hingga ukuran 100 mm dengan penghancuran dan penyaringan. Batasan ukuran ini memfasilitasi pencampuran dan memastikan konsistensi campuran yang baik. Batuan sisa dapat digabungkan dengan lumpur tailing, dengan tailing kering dan dicampur dengan mesin, atau dicampur dengan tailing pasta untuk membentuk batuan pasta.

Batuan pasta mencapai satu kepadatan tinggi dan konduktivitas hidraulik rendah, membuatnya sesuai untuk digunakan sebagai bahan penyekat. Ini memiliki aplikasi khusus di lokasi tambang di mana pasokan tanah liat alami untuk tujuan penyekatan terbatas atau tidak ada, dan mencapai konduktivitas hidraulik yang paling tidak dapat dibandingkan dan bahkan sering kali lebih rendah dari yang dicapai oleh tanah liat alami yang dipadatkan.



Batuan pasta

6.1.5 Pengukuran lubang tambang

Penambangan menciptakan lubang-lubang dan sepertinya tempat penyimpanan tailing yang paling bertanggung jawab untuk lingkungan adalah lubang-lubang ini. Peninjauan praktek unggulan dalam penggunaan tailing pasta sebagai penguruk bawah tanah dan pengurukan pit yang terbuka disediakan dalam Povtin et al. (2005). Sementara tambang bawah tanah membuat lubang yang dapat digunakan untuk menyimpan tailing selama kehidupan tambang, namun jarang terjadi tambang pit terbuka akan menyelesaikan lubang tambangnya sebelum akhir masa kehidupan tambang, dan pembuangan tailing ke dalam pit dapat mensterilkan cadangan-cadangan pit di masa depan.

Di Western Australia dan Northern Territory telah ditunjukkan bahwa memindahkan fasilitas penyimpanan tailing dan menempatkan tailingnya pada pit yang terbuka sepenuhnya dapat menjadi ekonomis bagi tambang, terutama di mana tailing tersebut menunjukkan risiko masa depan terhadap lingkungan (misalnya, dari drainase asam dan logam). Lihatlah studi kasus Tambang Woodcutters di buku pedoman *Mengelola Drainase Asam dan Logam* pada seri ini. Umumnya, pada kasus-kasus ini tailing akan ditambang kembali, dikondisikan untuk menjadi pasta secara konsisten dan kemudian dipompa atau dengan memanfaatkan gravitasi dimasukkan ke dalam pit. Penanganan kembali dengan sekop dan truk dapat digunakan bagi tailing-tailing tersebut yang mengalami pengurusan dan konsolidasi yang memadai.

STUDI KASUS: Penyimpanan Tailing didalam Pit pada Tambang Emas Granites, NT

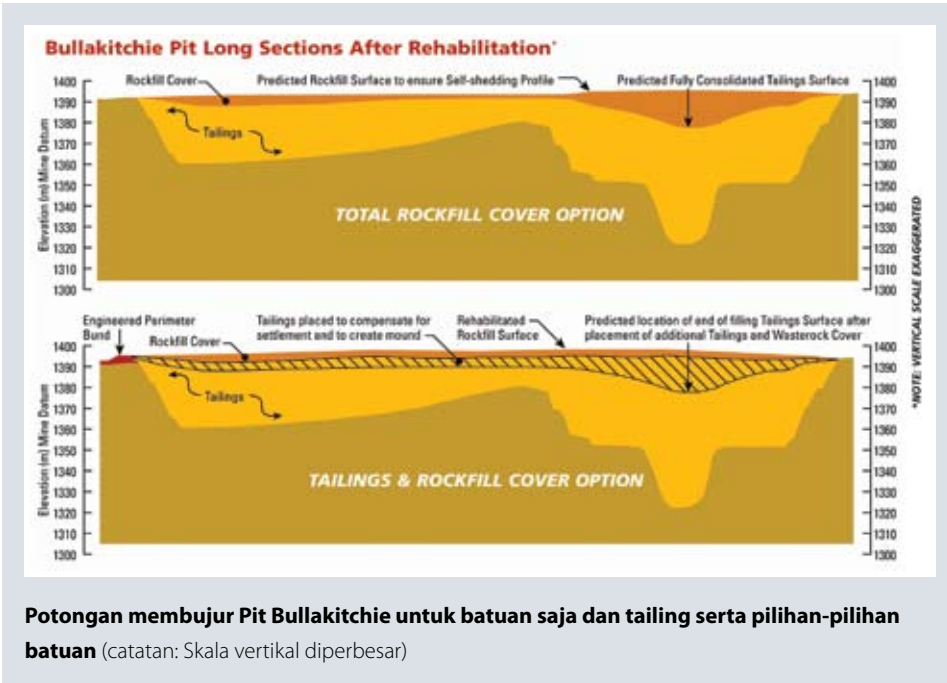
Tambang Emas Granites, yang dioperasikan oleh Newmont Australia Ltd, memiliki sejumlah pit yang telah dikerjakan yang secara progresif diisi dengan tailing. Pit Bullakitchie adalah Pit pertama yang diisi.

Para pemilik lahan tradisional dan Central Lands Council mewajibkan pit untuk diuruk bilamana memungkinkan. Strategi yang diadopsi adalah untuk merehabilitasi pit menjadi satu bentuk lahan yang meluruh sendiri. Sejumlah konsultasi dengan pemangku kepentingan utama dilaksanakan di lokasi untuk mendapatkan persetujuan mengenai strategi penutupan sebelum diimplementasikan. Kuantitas batuan sisa yang dibutuhkan untuk membentuk satu lapisan penutup yang sesuai, memungkinkan penyelesaian di masa depan, diperkirakan sebanyak 350 000 m³. Untuk mengurangi biaya dan kebutuhan batuan sisa, pit secara teratur diisi dengan tailing yang dimuntahkan dari tengah, yang mengkompensasikan pemukiman berjalan (ongoing settlement) dan menciptakan bentuk lahan yang meluruh sendiri. Tailing dibuang secara terputus-putus sejak tahun 2000 hingga 2002, dan permukaan akhir tailing dikeringkan untuk membentuk kerak yang dapat dilalui lalulintas. Rembesan dari tailing yang disimpan telah dipantau secara cermat melalui lubang-lubang bor pemantauan di sekeliling pit. Dampak-dampak dari penempatan tailing dalam pit, meskipun dapat diukur, telah dibatasi hingga hanya lingkungan langsung di sekitar pit.



Membuat profil yang meluruh sendiri dengan pembuangan sentral dari tailing kental ke dalam Pit Bullakitchie

Tailing dibuang dengan laju yang lambat dari sederetan pipa-pipa tegakan yang berada di tengah pit. Satu gundukan bendungan keliling yang rendah dibuat pada titik-titik rendah untuk meminimalkan risiko semburan air ke luar dari lokasi selama kejadian hujan. Penggunaan tailing mengurangi jumlah penggunaan batuan sisa hingga sekitar 150 000 m³. Penghematan biaya dari penggunaan tailing dibandingkan batuan sisa mencapai \$ 350 000. Pit-pit di masa depan akan direhabilitasi menggunakan prinsip-prinsip yang sama. Bentuk lahan akhir menyatu dengan bentang alam sekitarnya dengan areal bekas pit yang sedikit meninggi.



Secara historis telah ada pembuangan lumpur tailing ke bangunan-bangunan tambang bawah tanah, dan pemasukan tailing berbutiran kasar dalam urukan hidraulik bersemen untuk galian-galian bawah tanah yang memungkinkan ekstraksi lengkap badan bijih tambang. Baru-baru ini, tailing pasta bersemen telah meningkat penggunaannya bagi pengurukan galian-galian tambang bawah tanah.

6.2 Perbaikan bentuk-lahan akhir bagi tailing

Sebagian besar fasilitas penyimpanan tailing dibangun pada permukaan dan karenanya menciptakan bentuk lahan yang tinggi, membuatnya menjadi sangat terlihat dan juga berpotensi untuk mengalami erosi. Fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing karenanya harus direncanakan, dirancang, dibangun dan direhabilitasikan dengan pemikiran jelas akan nilai estetis dan potensi erosi. Kemungkinan fasilitas penyimpanan tailing akan berkembang selama operasi tambang dan pabrik pengolahan juga harus dipertimbangkan dengan cermat. Bentuk lahan akhir harus secara estetis dapat diterima, tidak menimbulkan risiko kesehatan dan keselamatan masyarakat, dan menghadirkan risiko terhadap kerusakan lingkungan yang rendah dan dapat diterima.

Bentuk lahan akhir dari fasilitas penyimpanan tailing semakin dituntut untuk tidak terlihat dan bila dimungkinkan, agar terjadi rehabilitasi dan pembuangan di dalam pit secara progresif. Dalam hal di mana penambangan dijalankan sebagai rangkaian dari pit-pit, pengisian pit yang telah habis ditambang secara progresif dengan limbah tambang harus diutamakan.

6.2.1 Rancangan bentuk-lahan akhir yang terpadu

Lokasi penambangan tentunya cenderung memisahkan berbagai elemen terkait - pit-pit terbuka, bangunan-bangunan tambang bawah tanah, timbunan batuan sisa, fasilitas-fasilitas pembuangan tailing, pabrik pengolahan dan kompleks perkantoran.

Pabrik pengolahan memang harus dipisahkan dari bangunan kantor, namun hal ini umumnya tidak membutuhkan pengerjaan tanah yang ekstensif dan telah langsung direhabilitasi pada saat penutupan. Biasanya operasi-operasi pit terbuka dan pekerjaan-pekerjaan bawah tanah juga perlu dilaksanakan tanpa dihalangi oleh elemen lain. Penambangan dan pengolahan tubuh bijih tambang tentunya meliputi pemisahan bahan menurut mineralogi dan ukuran partikelnya, dan aliran-aliran limbah dari bermacam-macam mineralogi dan ukuran partikel cenderung dibuang secara terpisah. Namun mungkin tidak perlu dan tidak baik juga untuk benar-benar memisahkan timbunan batuan sisa dari fasilitas penyimpanan tailing, kemudian pit terbuka yang telah selesai dan bangunan-bangunan bawah tanah dapat digunakan untuk menyimpan limbah penambangan dan limbah pengolahan.

Timbunan batuan sisa dan fasilitas penyimpanan tailing dapat menggunakan dinding yang sama, dan bentuk lahan akhir keduanya dapat dipadukan. Batuan sisa dapat didorong ke tailing basah atau yang telah dikeringkan dalam operasi pembuangan secara hemat biaya, sehingga menghasilkan platform yang stabil di atas tailing di mana lapisan penutup akhir dapat dibuat. Dengan cara ini, kepentingan dan kekhawatiran masyarakat serta lingkungan dapat lebih terpenuhi.



Batuan sisa didorong ke tailing kering

6.2.2 Meniru analogi-analogi alami

Secara ideal, bentuk alam tailing permukaan harus meniru analogi-analogi bentuk lahan alami sekitarnya, dalam hal geometri, lapisan penutup dan tekstur permukaan, serta stabilitas. Fasilitas-fasilitas penyimpanan tailing pada dataran rata, misalnya di pedalaman setengah tandus Australia yang telah berusia tua secara geologis, relatif dangkal dan meliputi daerah yang relatif luas. Namun pada topografi yang datar secara alami pun tetap terdapat relief vertikal, biasanya berupa gundukan relatif rendah yang meliputi daerah yang luas, dihasilkan oleh pengaruh iklim dan erosi dalam waktu yang lama yang

mengukir bentuk lahan datar. Oleh karena itu, bentuk lahan tailing dapat dirancang dan dibangun dengan meniru bentuk lahan alami pada dataran rata.



Tailing dangkal dan luas serta bentuk lahan alami yang telah ditinggikan

Pada iklim kering, di mana lapisan penutup vegetasi tentunya terbatas, kelanggengan dan ketahanan erosi lereng bergantung pada tekstur permukaan batuan yang, maksimal, bervegetasi semak yang jarang-jarang. Bagi kondisi setengah tandus, bagian atas tailing yang bundar dapat dibevegetasi ulang baik secara langsung maupun setelah penempatan lapisan penutup yang tepat. Di kondisi yang kering, bagian atas bentuk lahan tailing yang bundar akan menyerupai ladang garam meninggi, mirip dengan ladang garam alami yang ditutupi dengan tanah bertekstur halus dan hanya memiliki vegetasi spesies yang tahan garam. Namun perlu dipertimbangkan pula kemungkinan adanya logam penahan debu yang berasal dari permukaan tailing yang tidak tertutup atau bervegetasi buruk.



Revegetasi langsung pada tailing di iklim setengah tandus

Pada iklim kering, fasilitas penyimpanan tailing tertutup akan kehilangan kejenuhan dan cenderung akan menjaga aliran bersih air ke atas yang didorong oleh evaporasi. Aliran air ke bawah yang terjadi setelah curah hujan yang tinggi cenderung akan terbatas (kecuali bila terjadi pembentukan genangan secara signifikan), sedangkan evaporasi akan mendorong kembalinya ke aliran air ke atas sebelum terjadinya perkolasi signifikan ke tailing. Hal ini mirip dengan aliran-aliran air ladang garam alami, yang menghasilkan pengisian ulang yang terbatas dan lambat ke permukaan tanah.



Vegetasi toleran garam pada satu dataran-garam kering (arid saltpan)

Pada iklim yang lebih basah, untuk menghindari rembesan air tailing yang berpotensi terkontaminasi ke bagian kaki fasilitas penyimpanan tailing atau ke tanah, mungkin perlu dibuatkan saluran-saluran air berlebih yang permanen untuk menghilangkan limpasan dari curah hujan yang tinggi. Saluran air berlebih tersebut bila dimungkinkan harus digali melalui batuan alami atau saluran air berlebih dengan jalur beton yang disediakan. Limpasan perlu menetap cukup lama dalam kolam sedimen agar padatan tersuspensi dapat terkumpul, serta mungkin memerlukan perlakuan (treatment) untuk memastikan kualitas air yang cukup baik sebelum pelepasan.

Semua bentuk lahan akan terkikis seiring waktu. Begitu pula halnya fasilitas penyimpanan tailing. Oleh karena itu, penyimpanan tailing harus dikelilingi oleh bahan tak berbahaya yang tebal, ditutup oleh batuan dan/atau vegetasi yang membatasi kehilangan akibat erosi. Kemudian, limpasan dari puncak bentuk lahan tailing jangan diarahkan ke bagian lereng luar, melainkan dievaporasikan dan/atau diuapkan melalui vegetasi atau diarahkan ke saluran air berlebih yang dibuat untuk keperluan ini.

6.3 Minimisasi, pendauran-ulang dan penggunaan- kembali tailing

Hierarki yang paling efisien adalah pertama kali memproduksi tailing, kemudian mendaur ulang lalu menggunakan kembali tailing bila memungkinkan. Tujuannya adalah untuk pengolahan mineral yang lebih terarah dan lebih bersih yang meminimalkan produksi tailing. Setiap kesempatan untuk mendaur ulang dan menggunakan kembali tailing harus dieksplorasi. Dalam banyak contoh, tailing memiliki nilai bawaan, melalui pengolahan kembali atau melalui kegunaan industrial lain. Karena alasan inilah, pembuangan tailing dengan cara yang akan membuat pemulihan atau perawatan kembali tailing tidak ekonomis, atau mencegah aktivitas penambangan di masa depan sering kali secara aktif dihalangi. Contoh ekstremnya adalah pengurukan bawah tanah dan pit.

Sejarah tailing emas merupakan contoh utama perubahan teknologi yang menyediakan cara untuk membuat pengolahan kembali yang sehat. Ini juga yang terjadi pada serangkaian jenis lain tambang tailing.

Ada satu kesempatan untuk menggunakan sebagian tailing untuk tujuan industrial atau lingkungan, karena itu mengurangi kebutuhan penyimpanan. Alasannya antara lain:

- porsir yang lebih halus dari abu terbang (fly ash) digunakan sebagai pozzolanic pada manufaktur semen
- abu bawah pembangkit listrik digunakan sebagai pengisi timbunan bangunan yang inert (lebam)
- lumpur merah dari industri alumina digunakan sebagai pelembut tanah dan untuk membersihkan air sungai yang terpolusi
- abu pembangkit listrik digunakan untuk mengisi lubang penambangan batu bara
- tailing batu bara digunakan sebagai bahan bakar berperingkat rendah.

Di mana pengolahan, perbaikan atau operasi peleburan mineral berlokasi di dalam wilayah industri, kesempatan sinergis mungkin ada di mana aliran-aliran limbah dari satu proses industri dapat menjadi satu masukan bernilai bagi proses industri lainnya. Pendekatan ekologi industrial ini (juga diistilahkan sebagai sinergi-sinergi regional) sedang dilakukan di areal-areal industri Gladstone (Queensland) dan Kwinana (Western Australia) (mengacu ke www.csrp.com.au).

STUDI KASUS: Pembuangan Sisa Lumpur Merah Kental di Kwinana, WA

Alcoa World Alumina Australia (Alcoa) memiliki tiga penyulingan alumina di WA, di Kwinana, Pinjarra dan Wagerup, dengan kapasitas gabungan sekitar 7,8 juta ton per tahun (Mtpa) alumina.

Selama proses penyulingan, suatu cairan kaustik soda ditambahkan ke bauksit untuk melarutkan alumina, sehingga terjadi pemisahan alumina (dalam cairan) dari padatan-padatan yang tidak reaktif. Meskipun padatan-padatan dicuci untuk memulihkan dan mendaur ulang kaustiknya, sisa akhir masih berisi residu kaustik atau alkalinitas, dan cairan yang tertahan di dalamnya memiliki pH sekitar 13,5.

Sejak pertengahan tahun 1970-an, Alcoa telah bergerak ke praktek penyimpanan bahan sisa yang lebih berkelanjutan. Komitmen ini telah melihat transisi dari pembuangan basah tradisional ke pembuangan tailing kental, dikembangkan dan diimplementasikan di tiga penyulingan Alcoa di Western Australia hingga akhir 1980an.



Fasilitas penyimpanan buangan lumpur merah di area Kwinana

Operasi Alcoa di seluruh dunia sekarang menggunakan pembuangan tailing kental, dan teknik ini selanjutnya diterima sebagai praktek terbaik industri karena ia dapat meningkatkan volume sisa yang dapat disimpan dalam satu footprint yang tetap dan secara signifikan mengurangi potensi dampak terhadap lingkungan sekitar.

Alcoa juga terus mencari cara-cara untuk menetralkan bahan sisa (limbah), mengurangi pH timbunan untuk mengurangi lebih lanjut potensi dampak terhadap lingkungan. Pengkarbonan bahan sisa (memperlakukan bahan sisa dengan limbah CO₂) telah dikembangkan, diuji dan selanjutnya diujicobakan di penyulingan Kwinana, dan telah menunjukkan bahwa ia dapat menurunkan secara signifikan alkalinitas bahan sisa. Hal ini pada gilirannya akan mengurangi potensi dampak-dampak terhadap lingkungan dan membuka kemungkinan-kemungkinan bagi penggunaan kembali lebih banyak bahan-bahan sisa yang tidak berbahaya pada proses-proses lain.

Prosesnya telah diadopsi di penyulingan Kwinana, dan potensi untuk mengimplementasikan teknologi tersebut secara progresif di penyulingan Alcoa lain di WA dan di seluruh dunia sedang dievaluasi. Diantisipasikan bahwa pengkarbonan bahan sisa akan menjadi tolok ukur praktek terbaik yang baru untuk perlakuan dan penyimpanan sisa pada industri alumina di seluruh dunia.

Namun demikian, tujuan akhir dalam hal kelestarian pengelolaan bahan sisa, dan pada gilirannya kelestarian penyulingan bauksit, adalah tidak adanya bahan sisa untuk disimpan. Perpindahan ke pembuangan tailing kental adalah satu langkah yang kritis di sepanjang jalur menuju penggunaan kembali, karena menghasilkan bahan sisa yang siap diakses (melalui penggalian dari lapisan-lapisan yang mengering) dengan biaya yang relatif rendah. Penetralan bahan sisa dilihat sebagai suatu langkah serupa di jalur yang sama, seiring dengan bahaya yang lebih signifikan yang terkait dengan bahan sisa (pH-nya yang tinggi) dihilangkan.

Alcoa terus mendukung sejumlah besar riset mengenai potensi penggunaan-penggunaan bermanfaat dari bahan-bahan sisa penambangan.



7.0 RANGKUMAN

Satu kerangka kerja pembangunan berkelanjutan yang luas harus diterapkan terhadap rancangan awal fasilitas penyimpanan tailing, pengelolaan tailing dan penutupan fasilitas penyimpanan tailing. Sistem-sistem pengelolaan yang memasukkan pendekatan berbasis risiko selama masa kehidupan tambang diperlukan untuk memastikan bahwa tujuan-tujuan operasi dan penutupan dapat dipenuhi. Ada banyak contoh praktek unggulan yang tersedia untuk membantu perusahaan pertambangan mencapai satu hasil yang bertanggung jawab, dan sebagian contoh tersebut telah terdokumentasikan didalam buku pedoman ini.

Fasilitas penyimpanan tailing hendaknya menyediakan penyimpanan tailing yang aman, stabil dan ekonomis sedemikian rupa sehingga tidak menimbulkan risiko berarti atas kesehatan dan keselamatan masyarakat, serta dampak-dampak sosial dan lingkungan rendah yang dapat diterima selama pengoperasian dan pasca-penutupan. Suatu pendekatan sistematis terhadap pengelolaan tailing yang efektif disarankan, yang memasukkan implementasi strategi-strategi pengelolaan berbasis risiko yang memperhitungkan pandangan-pandangan dan harapan-harapan masyarakat di mana perusahaan-perusahaan melaksanakan operasi mereka. Penghematan-penghematan biaya jangka pendek yang bertujuan untuk meminimalkan biaya-biaya pengelolaan, penyimpanan dan penutupan tailing harus diboboti dengan potensi risiko-risiko sosial dan lingkungan yang tinggi dan biaya-biaya pemulihan yang terkait jika timbul kegagalan.

REFERENSI DAN BACAAN LEBIH LANJUT

ANCOLD 1998, *Guidelines for Design of Dams for Earthquake*, Australian National Committee on Large Dams.

ANCOLD 1999, *Guidelines on Tailings Dam Design, Construction and Operation*, Australian National Committee on Large Dams.

ANCOLD 2000a, *Guidelines and Assessment of Consequences of Dam Failure*, Australian National Committee on Large Dams.

ANCOLD 2000b, *Guidelines on Selection of Acceptable Flood Capacity for Dams*, Australian National Committee on Large Dams.

ANCOLD 2003, *Guidelines on Dam Safety Management*, Australian National Committee on Large Dams.

AS/NZS 4360 2004, *Risk Management*, Standards Australia.

BHP Billiton 2006, *Tailings Management Guideline*.

Davies, M 2004 'World experience with tailings stacking', AMEC Earth and Environmental (ed.), *Presented at CONRAD Tailings Seminar*, Alberta Research Council.

Envac, Environment Security Initiative 2005, *Mining for Closure: Policies and Guidelines for Sustainable Mining Practice and Closure of Mines*, South East Europe, UNEP, UNDP, OSCE and NATO.

Environment Australia 1998, *Cyanide Management* (A Booklet in the Series on Best Practice Environmental Management in Mining), Environment Australia, Canberra.

Environment Australia 1999, Environmental risk management, *Best Practice Environmental Management in Mining Series*, Environment Australia, Canberra.

HB 436 2004, *Risk Management Guidelines*, Companion to AS/NZS 4360:2004, Standards Australia.

ICOLD 2001, *Tailings Dams Risk of Dangerous Occurrences - Lessons Learnt from Practical Experiences*, Bulletin 121, CIGB ICOLD and UNEP PNUE.

Jewell, RJ and Fourie, AB (eds.) 2006, *Paste and Thickened Tailings - A Guide*, 2nd edition, Australian Centre for Geomechanics, Perth, Australia.

Lacy, H 2005, Closure and rehabilitation of tailings storage facilities, M Adams (ed.), Ch. 15, *Developments in Minerals Processing*, Elsevier.

Lacy, H. and Barnes, K. 2006 *Tailings Storage Facilities; Decommissioning Planning is vital for successful closure*. In Mine Closure 2006. Eds. Fourie and Tibbett. Center for Land Rehabilitation and Australian Centre for Geomechanics. Perth, Australia.

- Lacy, H. and Campbell, G. 2000, 'Decommissioning Tailings-Storage Facilities: The challenges and how they are being met during closure of a Nickel-Sulphide Mine in Western Australia', Minerals Council of Australia, *Proceedings of 4th International and 25th National Environmental Workshop 2000*, Perth Australia.
- Matthewson, D, Norris, R & Dunne, M 2006, 'Tailings dewatering, dry screening and water clarification for reduced water usage', *Proceedings of Water in Mining 2006 Conference*, Brisbane, Australia, AusIMM, pp. 315–322.
- Mining Association of Canada 1998, *A Guide to the Management of Tailings Facilities*, Ottawa, Canada.
- Mining Association of Canada 2003, *Developing an Operation, Maintenance and Surveillance Manual for Tailings and Water Management Facilities*, Ottawa, Canada.
- Minerals Council of Australia 1996, Tailings storage facilities at Australian gold mines, *Submission to the Senate Environment, Recreation, Communication and the Arts References Committee*, Canberra, Australia.
- Minerals Council of Australia 2004, *Enduring Value: The Australian Minerals Industry Framework for Sustainable Development*, Canberra, Australia.
- Ministerial Council on Mineral and Petroleum Resources and Minerals Council of Australia 2003, *Strategic Framework for Tailings Management*, National Capital Printing, Canberra.
- Ministerial Council on Mineral and Petroleum Resources and Minerals Council of Australia 2006, *Strategic Framework for Water Management*.
- OECD. 2000, *Guidelines for Multinational Enterprises*, DAFFE, IME, p. 20.
- Potvin, Y, Thomas, EG & Fourie, AB (eds.) 2005, *Handbook on Mine Fill*, Australian Centre for Geomechanics, Perth, Australia.
- United Nations Environment Programme 2001, *APELL for Mining: Guidance for the Mining Industry in Raising Awareness and Preparedness for Emergencies at the Local Level*, Technical Report No. 41.
- Victorian Department of Primary Industries 2004, *Environmental Guidelines, Management of Tailings Storage Facilities*, Minerals and Petroleum Division.
- Western Australia Department of Minerals and Energy 1999, *Guidelines on the Safe Design and Operating Standards for Tailings Storages*.
- Western Australia Department of Minerals and Energy 1998, *Guidelines on the Development of an Operating Manual for Tailings Storage*.
- Williams, DA 1997, The use of risk-based methods to facilitate management of tailings dams. *Proceedings of AIC Tailings Disposal Management Summit, Sydney, Australia*, AIC Conferences, pp. 23.
- Williams, DA & Williams, DJ 2004, 'Trends in tailings storage facility design and alternative disposal methods', *Proceedings of ACMER Workshop on Design and Management of Tailings Storage Facilities to Minimise Environmental Impacts During Operation and Closure, Perth, Australia*, pp. 28. Australian Centre for Minerals Extension and Research, Brisbane, Australia.
- Williams, DJ 2005, Placing covers on soft tailings, chap. 17, B. Indraratna and J. Chu (eds.) *Ground Improvement - Case Histories*, Elsevier, pp. 491–512.

Williams, DJ 2002, Engineering closure of an open pit gold operation in a semi-arid climate, *International Journal of Surface Mining and Reclamation, Special Edition on Mining and the Environment*, pp. 35–50.

Williams, MPA 2000, 'Evolution of thickened tailings disposal in Australia', *Proceedings of the Paste Technology 2000 Seminar, Perth, Australia*, Australian Centre for Geomechanics, Perth, Australia, pp.12.

World Commission on Dams 2000, *Dams and Development: A New Framework for Decision Making*.

SITUS DAN SAMBUNGAN WEB

- Departemen Lingkungan dan Warisan Sejarah, www.deh.gov.au
- Departemen Industri, Pariwisata dan Sumberdaya, www.industry.gov.au
- Praktek Unggulan Program Pembangunan Berkelanjutan www.industry.gov.au/sdmining
- Dewan Kementerian Sumberdaya Mineral dan Minyak, www.industry.gov.au/resources/mcmpr
- Dewan Mineral Australia, www.minerals.org.au
- Enduring Value, www.minerals.org.au/enduringvalue
- Pusat Geomekanik Australia, Curtin University, www.acg.uwa.edu.au
- Komite Keselamatan Dam NSW, www.damsafety.nsw.gov.au
- Buletin Komisi Internasional Bendungan Besar (ICOLD), www.icold-ciqb.net
- Informasi tailing, www.tailings.info
- Info tambang, www.infomine.com
- Asosiasi Pertambangan Kanada, www.mining.ca/www/Public_Policy_Issues/Tailings.php
- Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa, Pertambangan www.uneptie.org/pc/mining
- Dewan Internasional Pertambangan dan Logam, Perpustakaan Praktek yang Baik, www.goodpracticemining.com/tailings

Panduan

- Departemen Mineral dan Energi *Guidelines on the Safe Design and Operating Standards for Tailings Storage 1999*, www.natural-resources.org
- Departemen Mineral dan Energi *Guidelines on the Development of Operating Manual for Tailings Storage 1998*, www.natural-resources.org
- Departemen Perindustrian Primer Victoria *Management of Tailings Storage Facilities 2004*, www.dpi.vic.gov.au
- Departemen Sumberdaya Alam Queensland *Queensland Dam Safety Management Guidelines 2002*, www.nrw.qld.gov.au/compliance/wic/guidelines_refer_dams.html
- Komite Nasional Australia untuk Bendungan Besar *Guidelines on Tailings Dam Design, Construction and Operation 1999*, www.ancold.org.au
- Komite Nasional Australia untuk Bendungan Besar *Guidelines on Dam Safety Management 2003*, www.ancold.org.au

DAFTAR ISTILAH

Acid and metalliferous drainage (Drainase asam dan logam)	Drainase asam dan logam, secara tradisional disebut sebagai drainase tambang asam atau drainase batu(an) asam, termasuk baik drainase logam masam, maupun drainase logam hampir-netral.
Adaptive management (Manajemen adaptif)	Satu proses sistematis untuk terus memperbaiki kebijakan dan praktek pengelolaan dengan mempelajari hasil-hasil dari program operasional. Panduan Praktek yang Baik dalam Pertambangan dan Keanekaragaman Hayati ICMMS merujuk manajemen adaptif sebagai 'lakukan-pantau-evaluasi-revisi'.
Bund (Tanggul)	Dinding penahan dari tanah.
Capillary break (Pemutus kapiler)	Suatu bahan berbutiran kasar dengan kenaikan kapiler yang terbatas, dimaksudkan untuk membatasi masuknya (uptake) kontaminan.
Cemented paste tailings (Tailing pasta bersemen)	Tailing dengan konsistensi pasta, di mana semen ditambahkan guna meningkatkan kekuatan untuk pengurukan stope (galian-galian tambang) bawah tanah.
Centreline method, construction or raising (Metode garis tengah, pembangunan atau peninggian)	Konstruksi dinding-dinding bendungan tailing di atas garis puncak yang ditetapkan, menggunakan batuan sisa, bahan urukan atau tailing.
Central thickened discharge (Pengeluaran atau pembuangan kental sentral)	Pengeluaran tailing kental dari satu atau lebih menara atau pembuangan yang berlokasi di dalam badan dari fasilitas, dengan hanya dinding keliling yang nominal di mana air supernatan dikumpulkan.
Centrifuge (Sentrifugasi)	Satu perangkat yang menguras air dari lumpur tailing melalui aplikasi gaya sentrifugal terhadap suatu permukaan drainase.
Coarse (coal) reject (Sisa (batu bara) kasar)	Fraksi kasar dari zat mineral yang dikeluarkan dari batubara hasil penambangan dengan cara pencucian.
Co-disposal (Pembuangan gabungan)	Pembuangan gabungan atas limbah-limbah tambang butiran kasar dan halus, seperti pembuangan gabungan dengan pompa dari limbah-limbah pencucian batu bara.
Community (Komunitas, Masyarakat)	Ada berbagai cara untuk mendefinisikan 'masyarakat'. Dalam istilah industri pertambangan, komunitas umumnya diterapkan untuk penduduk dari daerah setempat dan sekitarnya, yang terpengaruhi oleh aktivitas suatu perusahaan. 'Masyarakat lokal' biasanya mengindikasikan masyarakat di mana operasi berlokasi dan dapat termasuk Penduduk Pribumi dan Non-Pribumi.
Community impact (Dampak terhadap masyarakat)	Bahaya yang merusak terhadap masyarakat sekitarnya.
Consolidation (Konsolidasi)	Pengeluaran air dari lumpur yang mengeras.
Consultation (Konsultasi)	Tindakan menyediakan informasi atau saran mengenai, dan mencari tanggapan terhadap suatu peristiwa aktivitas atau proses yang nyata atau yang diperkirakan/diusulkan.
Containment wall (Dinding bendungan)	Suatu struktur yang menyediakan enkapsulasi luar bagi tailing.

Decant or supernatant water (Air kurasan/genangan atau air yang mengambang)	Badan air hasil pemrosesan yang telah terpisah dari padatan tailing (air supernatan) dalam fasilitas penyimpanan tailing, ditambah limpasan hujan yang terkumpul pada fasilitas.
Decant pond (kolam air kurasan/genangan)	Badan air supernatan yang telah dipisahkan dari padatan tailing (air pengolahan), ditambah limpasan hujan yang terkumpul pada fasilitas penyimpanan tailing.
Deep bed thickener (Pengental sistem deep bed)	Pengental yang tergantung pada satu tindakan pengangkatan untuk meminimalkan terjadinya pelumpuran dan memungkinkan suatu lumpur deep bed untuk dikentalkan dan dipindahkan sesuai permintaan.
Dessication (Pengeringan, Desikasi)	Pengeringan, penyusutan dan peretakan permukaan tailing oleh penguapan karena matahari.
Dewatering (Pengurasan)	Pengeluaran air dari lumpur dengan pengentalan, penyaringan dan sentrifugasi.
Dewatering in situ (Pengurasan setempat)	Pengurasan air dari tumpukan tailing basah saat mengalami proses sedimentasi, konsolidasi dan desikasi.
Down valley discharge (Pembuangan ke lembah di bawah)	Pembuangan tailing kental ke lembah di bawah menuju satu dinding bendungan yang berada di bagian atas suatu daerah tangkapan air.
Downstream method, construction or raising (Metode hilir, pembangunan atau peninggian)	Pembangunan dinding-dinding bendungan tailing pada arah hilir, umumnya menggunakan batuan sisa atau bahan-bahan urukan.
Downstream or outer face (Hilir atau muka luar)	Batas eksternal/luar dari suatu fasilitas penyimpanan tailing yang terpapar ke lingkungan.
Embankment (Tanggul, Penanggulan)	Satu istilah untuk menjelaskan suatu dinding bendungan tailing atau air.
Encapsulation (Enkapsulasi, Pencungkupan)	Pengelilingan suatu limbah reaktif dengan bahan-bahan yang tidak berbahaya yang mengisolasi bahan limbah reaktif tersebut terhadap masuknya oksigen dan/atau arus air.
Environmental impact (Dampak terhadap lingkungan)	Bahaya yang mengganggu/merusak lingkungan.
Factor of safety (Faktor keselamatan)	Faktor di mana tindakan-tindakan yang menahan melampaui tindakan-tindakan yang mengganggu.
Failure modes (Moda-moda kegagalan)	Mekanisme-mekanisme yang dapat menyebabkan kegagalan suatu fasilitas penyimpanan tailing.
Filter cake (Kue saringan)	Struktur semi padat yang terbentuk saat tekanan diberikan saat penyaringan slurry.
Filter press (Penekan saringan)	Satu perangkat yang mengeringkan lumpur (slurry) hingga ke konsistensi filter cake melalui aplikasi tekanan di sepanjang dua permukaan drainase yang dilewati lumpur.
Fine (coal) reject (Sisa (batu bara) halus)	Bagian halus dari bahan mineral yang dipisahkan dari batu bara hasil penambangan dengan cara pencucian.
Flocculants (Flokulan, Bahan-bahan penjojot)	Zat kimia tambahan yang memfasilitasi aglomerasi partikel-partikel tailing untuk membantu dan mempercepat sedimentasi dan konsolidasinya.

Freeboard (Batas ketinggian penyimpanan air)	Peninggian puncak dinding bendungan di atas permukaan tailing, yang disediakan untuk penyimpanan air hujan.
Gomembrane (Geomembran)	Satu lembaran buatan dengan permeabilitas rendah seperti poli-etilen dengan tingkat kepadatan tinggi (High Density Polyethylene atau HDPE).
Geotechnical (Geoteknik)	Rekayasa bangunan-bangunan tanah dan atau bumi.
Hazard (Bahaya)	Satu potensi yang dapat menimbulkan kerusakan.
High compression thickener (Pengental tekanan tinggi)	Satu pengental dengan laju atau kecepatan tinggi, dengan tambahan tekanan yang didapatkan dari konfigurasi garpu-garpu untuk meningkatkan kepadatan yang dapat dicapai.
High rate thickener (Pengental laju atau berkecepatan tinggi)	Satu pengental yang dilalui lumpur pada kecepatan tinggi, dengan waktu berdiam yang terbatas, yang memungkinkan satu dosis flokulan yang tinggi.
Hydraulic conductivity (Konduktivitas hidraulik)	Dikenal juga sebagai permeabilitas (air): satu ukuran kemampuan suatu bahan berpori untuk melewatkan air.
Hydraulic backfill (Penguruk hidraulik)	Isi yang ditempatkan sebagai zat cair.
Industrial ecology (Ekologi industri)	Sinergi antara proses-proses industrial.
Infiltration (infiltrasi)	Masuknya air ke dalam suatu bahan berpori.
Leading practice (Praktek unggulan)	Praktek terbaik yang ada saat ini dalam mempromosikan pembangunan yang berkelanjutan.
Liner (pelapis)	Satu bahan dasar dengan permeabilitas yang rendah yang terdiri dari tanah liat, dan/atau geomembran atau geosintetis (tanah liat diantara lapisan geotekstil).
Natural analogue (Analog alami)	Suatu bentuk-lahan (landform) yang tidak ditambang terhadap mana suatu bentuk lahan yang ditambang dapat diperbandingkan untuk mengembangkan bentuk-bentuk lahan pascapenambangan yang berkelanjutan.
Paste tailings (Tailing pasta)	Lumpur tailing yang mengental hingga mencapai konsistensi pasta, dengan tekanan yang dihasilkan tinggi, dan mengurangi kekenyalan dan air rembesan. Semen ditambahkan untuk memproduksi urukan tailing pasta semen untuk stope tambang bawah tanah.
Percolation (Perkolasi)	Rembesan infiltrasi ke lingkungan penerima.
Piezometer (Piezometer)	Sensor-sensor yang digunakan untuk memantau penumpukan air tanah di bawah dan di sekitar fasilitas penyimpanan tailing.
Piping (Erosi pipa)	Terbentuknya suatu terowongan erosi melalui suatu struktur tanah karena arus air yang melaluinya.
Power station ash (Abu stasiun pembangkit listrik)	Hasil sampingan dari produksi listrik dari suatu pembangkit listrik tenaga batu bara.
Public health risk (Risiko kesehatan masyarakat)	Kemungkinan gangguan terhadap kesehatan masyarakat.
Quality assurance (Jaminan kualitas)	Memastikan kualitas suatu proses, misalnya konstruksi, termasuk dokumentasi dan pelaporan kerja pengujian.

Reagent recovery (Pemulihan/ekstraksi bahan pereaksi)	Penangkapan bahan-bahan kimia pemroses dari aliran tailing.
Red mud residue (Sisa lumpur merah)	Satu hasil sampingan produksi alumina dari bauksit.
Rehabilitation (Rehabilitasi)	Penyediaan suatu fasilitas penyimpanan tailing yang aman, stabil dan tidak menimbulkan polusi dalam jangka panjang, dengan mempertimbangkan penggunaan-penggunaan yang bermanfaat dari lokasi dan lahan sekitarnya.
Return water pumping and pipeline system (Pemompaan air kembali dan sistem jaringan pipa)	Dirancang untuk mengembalikan air olahan supernatan ke pabrik pengolahan mineral (daur ulang).
Rheology (Reologi)	Studi perubahan bentuk dan arus lumpur tailing di bawah pengaruh suatu tekanan yang diberikan.
Risk (Risiko)	Kemungkinan terjadinya kerusakan/cedera.
Personal safety (Keselamatan pribadi)	Menjaga keselamatan personil di lokasi tambang dan masyarakat umum terhadap risiko-risiko cedera di lokasi tambang.
Sedimentation (Sedimentasi)	Pemisahan padatan-padatan dari lumpur yang mengandung air.
Seepage control system (Sistem pengendalian rembesan)	Dapat meliputi pondasi yang dipadatkan atau liner (tanah liat atau geomembran yang dipadatkan), dan sistem pengumpulan drainase-bawah.
Slope (Lereng)	Merujuk kepada sudut dari dinding bendungan tailing dan dari pantai tailing.
Social impact (Dampak sosial)	Bahaya yang merusak masyarakat.
Social licence to operate (Izin sosial untuk beroperasi)	Izin sosial adalah pengakuan dan penerimaan kontribusi perusahaan terhadap masyarakat di mana ia beroperasi, melebihi pemenuhan persyaratan hukum yang paling dasar, menuju upaya pengembangan dan pemeliharaan hubungan yang konstruktif dengan para pemangku kepentingan yang diperlukan agar bisnis dapat berkelanjutan. Secara keseluruhan, izin sosial ini muncul dari upaya membentuk hubungan baik berdasarkan asas kejujuran dan saling menghormati.
Spigot (Keran)	Satu cabang dari jaringan utama pipa pengiriman tailing dari mana tailing dikeluarkan dari dinding bendungan suatu fasilitas penyimpanan tailing.
Spillway (Saluran pembuangan air berlebih)	Satu struktur yang dibangun disekeliling fasilitas penyimpanan tailing, yang dirancang untuk melewatkan kelebihan limpasan air hujan.
Stakeholder (Pemangku kepentingan)	Satu orang, kelompok atau organisasi dengan potensi untuk mempengaruhi atau dipengaruhi oleh proses atau hasil dari penutupan tambang.
Starter wall (Dinding awal)	Dinding bendungan awal dari satu fasilitas penyimpanan tailing.
Store/release cover (Lapisan penutup simpan/lepas)	Satu lapisan tanah penutup yang bervegetasi dan tidak bersifat menepis (non-shedding), yang ditujukan untuk meminimalisir perkolasi yang melaluinya dengan melepaskan curah hujan musiman yang tersimpan lewatevapo-transpirasi selama musim kering.

Supernatant water (Air supernatan, Air yang mengambang)	Air yang menggenang pada permukaan suatu tailing setelah sedimentasi dari lumpur tailing yang ditimbun.
Tailings (Tailing)	Suatu gabungan bahan padat berbutiran halus yang tersisa setelah logam dan mineral diekstraksi dari bijih tambang yang dihancurkan dan dihaluskan, serta air hasil pengolahan yang tersisa.
Tailings beach (Pantai tailing)	Delta yang terbentuk akibat pembuangan lumpur yang mengalir.
Tailings containment (Bendungan tailing, Pembendungan tailing)	Biasanya dibangun pada mulanya sebagai tanggul pemula dari tanah, dengan peninggian-peninggian dinding yang dibangun menggunakan bahan urukan dan/atau tailing. Konstruksi dapat menuju ke hilir menggunakan bahan urukan, atau ke garis tengah atau ke hulu dengan menggunakan bahan urukan atau umumnya tailing.
Tailings management (Pengelolaan tailing)	Mengelola tailing sepanjang siklus hidupnya, termasuk produksi, transportasi, penempatan, dan penyimpanan, serta penutupan dan rehabilitasi fasilitas penyimpanan tailing.
Tailings pumping and pipeline system (Sistem saluran pemompaan jaringan pipa tailing)	Dirancang untuk mengirim lumpur tailing dari pabrik pengolahan mineral ke fasilitas penyimpanan tailing.
Tailings slurry (Lumpur tailing)	Padatan-padatan tailing yang menempel dalam air olahan yang diproduksi di pabrik pengolahan dengan satu tingkat kepadatan yang rendah, yang membentuk pantai di lereng datar, terpisah di pantai, dan menghasilkan air supernatan yang cukup banyak.
Tailings storage facility (Fasilitas penyimpanan tailing)	Suatu areal yang digunakan untuk diisi tailing; fungsi utamanya adalah untuk mencapai sedimentasi, konsolidasi dan desikasi padatan-padatan, dan untuk memfasilitasi pengumpulan atau pengeluaran air tanpa berdampak pada lingkungan. Ini mengacu pada keseluruhan fasilitas, dan mungkin melibatkan satu atau lebih penyimpan-penyimpan tailing.
Thickened tailings (Tailing kental)	Tailing yang mengental hingga ke tingkat kepadatan yang tinggi, yang membentuk pantai di lereng yang lebih curam dan terpisah kurang dari lumpur tailing, menghasilkan air supernatan yang jauh lebih sedikit.
Thickener (Pengental)	Satu perangkat untuk meningkatkan kepadatan lumpur.
Under-drainage (Drainase-bawah)	Penyediaan saluran-saluran drainase di bawah suatu timbunan tailing untuk memfasilitasi pengurasannya.
Upstream method, construction or raising (Metode hulu, pembangunan atau peninggian)	Pembangunan dinding-dinding bendungan tailing ke arah hulu di atas tailing yang terkonsolidasi dan terdesikasi, menggunakan batuan sisa atau tailing.
Water balance (Neraca air)	Jumlah input-input air, termasuk air olahan dan limpasan hujan, dan output-output, termasuk evaporasi (penguapan), air-kembali/balik, air-tertahan pada tailing dan rembesan, dalam satu fasilitas penyimpanan tailing.

BUKU-BUKU PEDOMAN DALAM SERI PRAKTEK UNGGULAN PROGRAM PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN UNTUK INDUSTRI PERTAMBANGAN

Yang sudah selesai

- Pengelolaan Keanekaragaman Hayati – *Februari 2007*
- Keterlibatan dan Pengembangan Masyarakat – *Oktober 2006*
- Mengelola Drainase Asam dan Logam – *Februari 2007*
- Penutupan dan Penyelesaian Tambang – *Oktober 2006*
- Rehabilitasi Tambang – *Oktober 2006*
- Penatagunaan Lingkungan – *Oktober 2006*
- Pengelolaan Tailing – *Februari 2007*

Judul Yang Akan Datang

- Pengelolaan Sianida
- Pengelolaan Bahan Berbahaya
- Pemantauan, Audit dan Kinerja
- Pengelolaan Partikel, Kebisingan dan Ledakan
- Pengkajian dan Pengelolaan Risiko
- Pengelolaan Air
- Bekerjasama dengan Komunitas Pribumi

Tema-tema tersebut tidak membatasi lingkup program, yang akan berkembang untuk mengatasi isu-isu pengelolaan praktek unggul saat mereka muncul.

Versi elektronik dari judul yang lengkap tersedia di www.industry.gov.au/sdmining

Untuk informasi lebih lanjut mengenai program atau untuk meminta cetakan buku-buku pedoman ini silakan mengirimkan email ke sdmining@industry.gov.au

