



Australian Government



PENATAGUNAAN (STEWARDSHIP) AIR

*Praktik Kerja Unggulan dalam Program
Pembangunan Berkesinambungan untuk
Industri Pertambangan*

Agustus 2016



PENATAGUNAAN (STEWARDSHIP) AIR

*Praktik Kerja Unggulan dalam Program
Pembangunan Berkesinambungan untuk
Industri Pertambangan*

Agustus 2016

Peringatan (Disclaimer)

Praktik Kerja Unggulan dalam Program Pembangunan Berkesinambungan untuk Industri Pertambangan.

Publikasi ini telah dikembangkan oleh kelompok kerja yang terdiri dari para ahli, perwakilan industri, pemerintah serta non-pemerintah. Upaya dari semua anggota kelompok kerja sangat dihargai.

Pandangan dan pendapat yang diutarakan dalam publikasi ini tidak mencerminkan pandangan dari Pemerintah Australia atau Menteri Luar Negeri, (Minister for Foreign Affairs) Menteri Perdagangan dan Penanaman Modal (Minister for Trade and Investment) dan Menteri Sumber Daya dan Australia Utara (Minister for Resources and Northern Australia).

Meskipun berbagai upaya yang pantas telah dilakukan untuk memastikan isi publikasi ini berdasarkan pada fakta-fakta yang benar, Persemakmuran tidak menerima pertanggungjawaban dalam hal keakuratan atau kelengkapan materi, dan tidak bertanggung jawab atas kerugian atau kerusakan apa pun yang mungkin timbul secara langsung atau tidak langsung melalui penggunaan, atau mengandalkan pada isi publikasi ini.

Para pengguna buku pegangan ini harus ingat bahwa buku ini dimaksudkan sebagai rujukan umum dan tidak dimaksudkan untuk menggantikan kebutuhan nasihat profesional yang relevan dengan situasi khusus dari masing-masing pengguna. Rujukan pada perusahaan atau produk dalam buku pegangan ini tidak boleh dianggap sebagai dukungan Pemerintah Australia bagi perusahaan-perusahaan tersebut atau produk-produknya.

Dukungan bagi Praktik Kerja Unggulan dalam Program Pembangunan Berkesinambungan untuk Industri Pertambangan (LPSPD) diberikan oleh program bantuan Australia yang dikelola oleh Departemen Luar Negeri dan Perdagangan (Department of Foreign Affairs and Trade), karena nilai laporan dalam memberikan studi bimbingan dan kasus praktis untuk digunakan dan diterapkan di negara-negara berkembang.

Gambar sampul: Memaksimalkan penggunaan kembali air melalui Penanganan Batubara dan Persiapan Pabrik Pengolahan di tambang Anglo American Moranbah Utara di Queensland. Air dikumpulkan dan disimpan di beberapa bendungan untuk digunakan kembali. © Anglo American.

© Commonwealth of Australia 2016

Karya ini berhak cipta. Selain dari menggunakan sebagaimana yang diizinkan berdasarkan *Undang-Undang Hak Cipta 1968*, tidak ada bagian yang dapat digandakan dengan proses apa pun tanpa izin tertulis sebelumnya dari Persemakmuran. Permintaan dan pertanyaan terkait penggandaan dan hak-hak harus ditujukan ke Commonwealth Copyright Administration, Attorney-General's Department, Robert Garran Offices, National Circuit, Canberra ACT 2600 atau diposting di www.ag.gov.au/cca

Agustus 2016.

Daftar Isi

SAMBUTAN	vi
PRAKATA	vii
PENDAHULUAN	1
BAB I: PENDORONG RISIKO AIR	6
1.0 KASUS BISNIS	6
1.1 Pendorong untuk risiko operasional	8
1.2 Pendorong risiko strategis	9
BAB II: TATA KELOLA AIR	15
2.0 PERATURAN AIR PEMERINTAH	15
2.1 Pemerintah negara bagian dan teritori	16
2.2 Pemerintah Australia	17
2.3 Hak-hak air dan UU Hak Adat (Native Title Act)	18
3.0 TATA KELOLA AIR KORPORASI	19
3.1 Membangun kapasitas organisasional untuk petanagunaan air	20
3.2 Komitmen sukarela atas air	22
BAB III: PENGELOLAAN AIR DAERAH TANGKAPAN	25
4.0 RISIKO AIR REGIONAL DAN AIR DAERAH TANGKAPAN	25
4.1 Pendekatan berbasis daerah tangkapan	26
4.2 Apakah yang dimaksud dengan pendekatan berbasis daerah tangkapan pada pengelolaan air?	26
5.0 PERENCANAAN DAERAH TANGKAPAN DAN PEMANGKU KEPENTINGAN UTAMA	28
5.1 Lembaga berbasis daerah tangkapan	31
5.2 Perencanaan pengelolaan regional dan daerah tangkapan	33
5.3 Pemangku kepentingan utama atas daerah tangkapan	33
6.0 PENDEKATAN PENGELOLAAN AIR BERBASIS DAERAH TANGKAPAN	41
6.1 Menetapkan skala daerah tangkapan yang tepat	42
6.2 Mengembangkan awal/dasar (baseline) hidrologis dan pemahaman tentang utilitas yang ada	43
6.3 Mengidentifikasi fitur utama dan aset air	44
6.4 Mengevaluasi dan memprediksi perubahan hidrologis dan neraca-air	45
6.5 Dasar teknis untuk pengelolaan air berskala daerah tangkapan	45
6.6 Perubahan iklim dan variabilitas iklim	48
6.7 Aliran lingkungan	49
6.8 Stygofauna: contoh spesies yang tergantung air tanah	51

BAB IV: PENGELOLAAN PENGOPERASIAN AIR	52
7.0 PERENCANAAN AIR DAN MANAJEMEN ADAPTIF	52
7.1 Perencanaan pengelolaan air	53
7.2 Pengelolaan air yang berbasis risiko dan adaptif	55
8.0 INTERAKSI ANTARA SISTEM PENGOPERASIAN AIR TAMBANG DAN DAERAH TANGKAPAN	62
8.1 Air permukaan	63
8.2 Air tanah	68
8.3 Nilai-nilai lingkungan	72
8.4 Sumber daya dan pasokan air	73
8.5 Dampak kumulatif	76
8.6 Penutupan tambang	77
9.0 MERANCANG DAN MEMBANGUN SISTEM AIR TAMBANG	80
9.1 Air permukaan	81
9.2 Air tanah	83
9.3 Sistem air tambang	88
9.4 Pengumpulan dan pengelolaan data	90
10.0 MEMELIHARA DAN MENGOPTIMALKAN SISTEM AIR TAMBANG	93
10.1 Peran dan tanggung jawab	93
10.2 Pertambangan di bawah tanah	94
10.3 Penggunaan kembali daur ulang	94
10.4 Pengolahan dan tailing	96
10.5 Penyemprotan debu	98
10.6 Pengendalian penguapan	99
10.7 Pelindian	99
10.8 Efisiensi energi sistem air tambang	100
BAGIAN V: MONITOR DAN LAPORAN	101
11.0 PELAPORAN DAN PROSES AKUNTANSI	101
11.1 Perusahaan dan pelaporan wajib	101
11.2 Akuntansi air	102
12.0 PEMANTAUAN, AUDIT DAN TINJAUAN	110
12.1 Pemantauan system fisik	111
12.2 Penilaian dan pelaporan kinerja	115
12.3 Audit	117
REFERENSI	118

STUDI KASUS:

Studi Kasus: Kerangka Kerja Penatagunaan Air ICMM	23
Studi Kasus: Skema Perdagangan Salinitas Hunter River—mengelola dampak kumulatif	30
Studi Kasus: Penggunaan kelebihan air yang menguntungkan di pertambangan Marandoo Rio Tinto	35
Studi Kasus: Kemitraan Fitzroy untuk Kesehatan Sungai (Fitzroy Partnership for River Health)—berkolaborasi atas pengelolaan air tangkapan	39
Studi Kasus: Pengelolaan air berskala daerah tangkapan di BHP Billiton Iron Ore	47
Studi Kasus: Strategi Air Newmont menetapkan arah untuk peningkatan kinerja	59
Studi Kasus: Proyek Akuakultur Danau Tambang Ngalang Booja	79
Studi Kasus: Pengisian ulang akuifer di tambang Cloudbreak	86
Studi Kasus: Data dasar kualitas-air menciptakan nilai di Newcrest	91
Studi Kasus: Efisiensi air pada situs Prominent Hill OZ Mineral	95
Studi Kasus: Dialog tentang akuntansi air yang transparan dalam industri pertambangan batubara	102
Studi Kasus: Kerangka Kerja Akuntansi Air MCA yang digunakan	108
Studi Kasus: Mengelola informasi lingkungan di Anglo American	116

SAMBUTAN

Praktik Kerja Unggulan dalam Program Pembangunan Berkesinambungan oleh komite pengarah diketuai oleh Departemen Perindustrian, Inovasi dan Sains (Department of Industry, Innovation and Science) Pemerintah Australia. Setiap tema dalam program ini dikembangkan oleh kelompok kerja pemerintah, perwakilan industri, penelitian, akademis dan masyarakat. Buku pegangan praktik kerja unggulan tidak dapat diselesaikan tanpa kerjasama dan partisipasi aktif dari semua anggota kelompok kerja dan pemberi kerja (employer) mereka yang memberikan izin kepada mereka untuk menyediakan waktu dan kepakaran mereka pada program ini. Terima kasih khusus ditujukan pada orang-orang dan organisasi yang menyumbangkan kepakaran mereka pada buku pegangan *Penatagunaan air*:

Ms Kristina Ringwood
Chair and Lead Author
Environment and Water Consultant

Mr Michael Butcher
Environmental Engineer
Newcrest Cadia Mine

Dr Claire Cote
Environment Manager
Anglo American

Mr Blair Douglas
Water Practice Lead
BHP Billiton Iron Ore

Mr Mike Harold
Principal Advisor Water Policy
Rio Tinto Iron Ore

Professor Neil McIntyre
Director of the Centre for Water in the Mining Industry
Sustainable Minerals Institute

Kelompok Kerja Penatagunaan Air juga hendak mengakui kontribusi studi kasus yang baik hati dan komentar tambahan dari Dr Tamie Weaver (ERM); Dr Howard Smith (HDS Technical Management and Consulting); Meaghan Wright (OZ Minerals); Rynhard Kok (Newmont); Nathan Johnston dan Nicole Dendle (Fitzroy River Partnership); David Frith (Council NSW Mineral); Chris McCombe (Minerals Council of Australia); Geoff Blackford (Premier Coal); Sue Henderson (Henderson Geotech); Ian Callow (Pusat Air di Industri Pertambangan); dan Paul Ricketts, Chris Oppenheim dan Jordin Barclay (Fortescue Metals Group).

Kelompok Kerja Penatagunaan Air juga mengucapkan terima kasih atas kontribusi yang diberikan oleh para penulis buku pegangan versi 2008 ini, penulis utama Profesor Chris Moran, kini Direktur Institut Mineral Berkelanjutan (Sustainable Minerals Institute) di University of Queensland.

PRAKATA

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

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

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

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

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

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

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



Senator The Hon Matt Canavan

Menteri Sumber Daya dan Australia
Utara.



The Hon Julie Bishop MP

Menteri Luar Negeri

PENDAHULUAN

Pemerintah, masyarakat dan kalangan industri tengah mengalami kekhawatiran yang belum pernah terjadi sebelumnya tentang sumber daya air yang timbul sebagai akibat meningkatnya permintaan dari pertumbuhan cepat populasi, praktik air yang tidak berkelanjutan dan variasi iklim. Para pemegang kepentingan memiliki harapan yang semakin berkembang tentang bagaimana pengguna air bervolume besar, seperti industri pertambangan, mengelola airnya.

Pacific Institute (n.d.) mendefinisikan penatagunaan air korporasi sebagai:

Suatu pendekatan yang memungkinkan perusahaan untuk mengidentifikasi dan mengelola risiko bisnis yang berkaitan dengan air, memahami dan memitigasi (menanggulangi/mengurangi) dampak negatif pada ekosistem dan komunitas, serta berkontribusi dan membantu memungkinkan manajemen untuk lebih melestarikan sumber daya air tawar. Penatagunaan berakar pada konsep bahwa tata kelola (governance) air publik yang kuat dan efektif sangat penting guna kelangsungan hidup bisnis jangka panjang untuk industri air secara intensif dan bahwa perusahaan dapat berperan dalam membantu mencapai tujuan ini. Dengan demikian, pendekatan pengelolaan menyebabkan perusahaan meningkatkan efisiensi air dalam operasi mereka sendiri, mendorong praktik yang baik di seluruh rantai pasokan mereka, dan berkolaborasi dengan orang lain untuk memajukan pengelolaan air ramah lingkungan.

Tujuan buku pegangan yang diperbarui ini adalah untuk berbagi dengan personil operasional dan pendekatan praktis perusahaan pada memperbaiki pengelolaan air tambang dan mengurangi risiko air dengan menerapkan penatagunaan air. Buku pegangan ini memberikan pedoman bagaimana menganut pendekatan berbasis risiko dan mengembangkan solusi yang praktis, sesuai untuk tujuan untuk menanggulangi risiko. Pengelolaan air adalah topik yang luas yang mencakup aspek operasional, strategis dan organisatoris. Kerumitan yang terkait dengan pengelolaan air dapat berada di atas tingkat operasi tunggal dan mungkin penting di seluruh wilayah, seluruh perusahaan atau bahkan kalangan industri dalam konteks nasional maupun global.

Sejak buku terakhir direvisi pada tahun 2008, industri pertambangan terus mengalami tantangan yang berkaitan dengan pengelolaan air, seperti pasokan air yang langka, mengelola dampak banjir dan pengeringan/pengurasan (dewatering), dan kekhawatiran kualitas air. Dalam beberapa kasus, masalah ini telah mengakibatkan paparan (exposure) keuangan untuk perusahaan yang timbul akibat persetujuan proyek yang tertunda, ketidakpastian regulasi, kendala produksi, kerusakan properti dan dampak reputasi.

Para pemangku kepentingan mengharapkan perusahaan tambang untuk memiliki pemahaman yang lebih baik dari interaksi pertambangan dengan pengelolaan sumber daya air daerah tangkapan (catchment-wide) dan mengadopsi langkah-langkah yang memiliki dampak kumulatif netral atau positif. Akses air diakui sebagai hak asasi manusia dan kebutuhan ekosistem yang fundamental. Di tingkat negara bagian dan nasional, perubahan peraturan terbaru sekarang memerlukan penilaian yang komprehensif dari dampak tambang baru pada sumber daya air. Di tingkat global, perwakilan pemegang saham, organisasi non-pemerintah dan lembaga-lembaga keuangan mendorong pengembangan standar bagi perusahaan untuk mengenali air sebagai sumber daya bersama dengan nilai sosial, budaya, lingkungan dan ekonomi yang tinggi. Standar tersebut mencakup pengungkapan lebih luas dan transparansi oleh bisnis tentang risiko air, termasuk risiko operasional, daerah tangkapan dan risiko rantai pasokan.

Dalam banyak kasus, industri pertambangan Australia telah menyambut positif tantangan ini. Industri ini telah fokus pada pengelolaan air operasional dan telah membuat komitmen baru untuk prakarsa air nasional dan internasional yang didesain guna memajukan peningkatan kinerja dalam pengelolaan air. Namun, pekerjaan lebih lanjut diperlukan untuk mendukung pelaksanaan berlanjut dari praktik terbaik penatagunaan air, termasuk strategi, manajemen dan operasinya.

Praktik kerja unggulan terus berkembang sebagai operasi untuk memperbaiki cara melakukan hal-hal sebagai hasil dari ide-ide baru, teknologi baru atau usaha yang meningkat. Praktik akan selalu dinamis dan semakin menantang. Oleh karena itu, praktik kerja unggulan adalah perbaikan yang benar-benar berkesinambungan, dan bukan hanya titik akhir yang dapat diaudit.

Tema pengintegrasian yang digunakan untuk menyusun buku ini adalah manajemen risiko. Manajemen risiko memberikan pendekatan yang konsisten berdasarkan kemungkinan dampak yang terjadi dan konsekuensi yang dihasilkan untuk situs berdasarkan aspek keuangan, sosial dan lingkungan. Pendekatan seperti ini memungkinkan sebuah situs untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan risiko air untuk mitigasi berikutnya berdasarkan toleransi perusahaan individual dari risiko. Manajemen risiko tidak dijelaskan secara rinci dalam buku ini, seperti yang dibahas dalam *Manajemen risiko*, buku pegangan lain dalam seri ini (DIIS 2016).

Buku pegangan ini telah disusun untuk mencerminkan berbagai risiko pengelolaan air yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan dijelaskan di bawah. Penghindaran atau mitigasi risiko ini merupakan pusat perhatian praktik kerja unggulan penatagunaan air

Bab I: Pendorong (driver) untuk risiko air. Bab ini mengidentifikasi jenis pendorong yang dapat menciptakan risiko operasional dan strategis dalam pengelolaan air serta kebutuhan kasus bisnis yang kuat untuk menjelaskan mengapa perusahaan tambang harus menggunakan waktu dan uang pada program penatagunaan air yang ditingkatkan (Bagian 1).

Bab II: Tata kelola air. Tata kelola air mengacu pada berbagai sistem politik, sosial, ekonomi dan administrasi yang berada di tempat untuk mengelola sumber daya air. Bab ini memberikan ikhtisar tentang kerangka peraturan Australia untuk air yang harus dipatuhi oleh perusahaan guna melindungi lingkungan dan sumber daya air (Bagian 2). Tata kelola air juga berlaku untuk standar, sistem dan akuntabilitas (accountability) air di perusahaan masing-masing, serta proses yang diperlukan untuk terlibat dan mengkoordinasikan sumber daya dan tanggung jawab di antara berbagai pemangku kepentingan di daerah daerah tangkapan. Prakarsa air terkemuka yang dipromosikan oleh industri pertambangan, mencakup sektor keuangan dan berbagai organisasi non-pemerintah (Bagian 3).

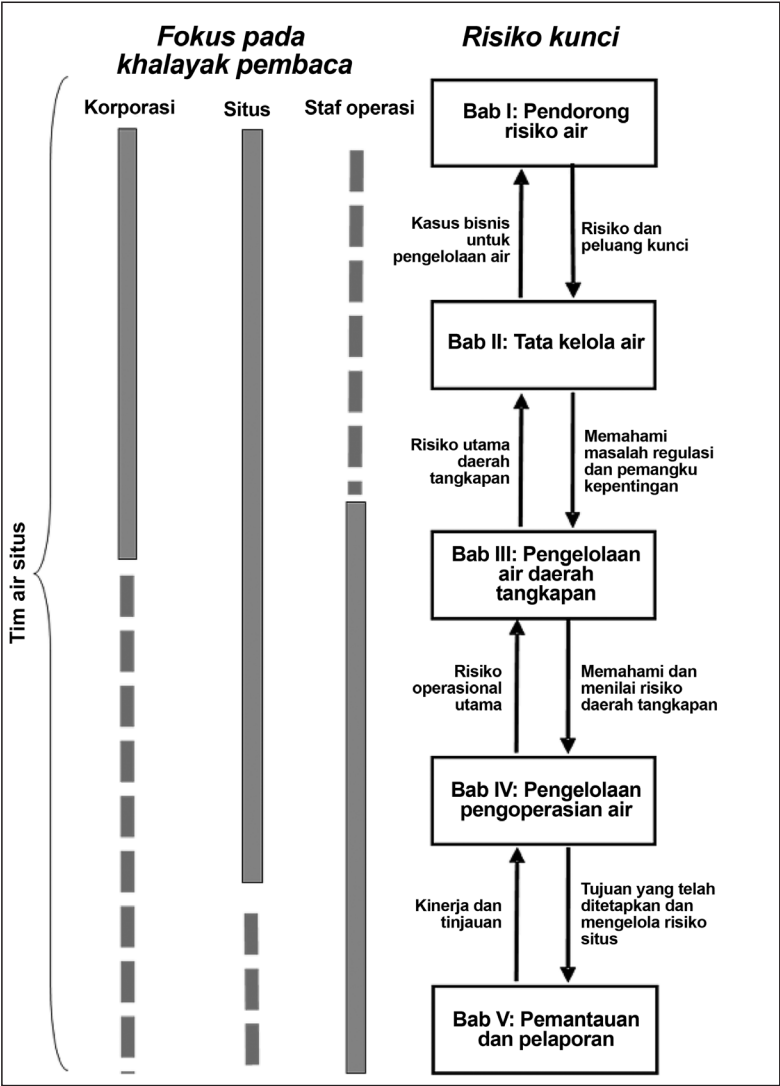
Bab III: Pengelolaan daerah tangkapan air. Penatagunaan air saat ini semakin melibatkan pertimbangan masalah berkaitan dengan air yang melampaui batas-batas operasional serta membutuhkan keterlibatan proaktif dengan pemangku kepentingan yang relevan. Bab III memberikan ikhtisar air sebagai sumber daya bersama dan terbatas, dengan nilai tinggi sosial, budaya, lingkungan dan ekonomi. Operasi perlu memahami penggunaan air mereka sendiri, konteks daerah tangkapan, perencanaan air resapan dan risiko bersama dengan pemangku kepentingan lain di kawasan (bagian 4 dan 5). Bagian 6 memberikan panduan tentang bagaimana memahami risiko yang terkait dengan daerah tangkapan, seperti permukaan daerah dan sumber daya air tanah, perubahan hidrologi, variasi iklim dan perubahan, dan arus lingkungan dasar.

Bab IV: Pengelolaan air operasional. Bab IV menguraikan unsur-unsur praktik kerja unggulan pengelolaan air operasional. Bagian 7 menekankan pentingnya mengambil pendekatan berbasis risiko dan adaptif terhadap pengelolaan air, serta membangun dalam kerangka waktu yang tepat untuk mengelola risiko air. Tujuan yang jelas perlu diatur untuk menyelaraskan pada tingkat risiko, dengan menggunakan alat-alat seperti strategi air situs dan rencana pengelolaan air. Dari pemahaman interaksi tambang di daerah tangkapan sekitarnya (Bagian 8), dengan pertimbangan pengelolaan air yang dibutuhkan dalam mengembangkan dan mengoperasikan tambang (Bagian 9), untuk mengoptimalkan sistem air tambang (Bagian 10), akan timbul berbagai tingkat kompleksitas, tergantung pada sifat operasi.

Bab V: Pemantauan dan laporan. Perkembangan akun air yang mengidentifikasi input dan output air untuk situs merupakan langkah kunci dalam memahami arus air dan kesempatan untuk perbaikan dalam pengelolaan air (Bagian 11). Bab V juga memberikan petunjuk pada proses pemantauan, audit dan pelaporan sesuai dengan standar praktik kerja unggulan (Bagian 12).

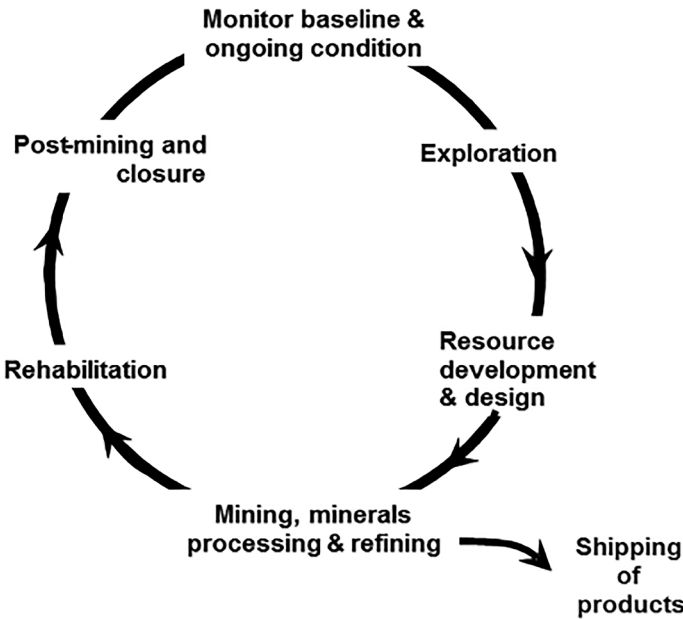
Serangkaian studi kasus di seluruh buku ini menunjukkan bagaimana perusahaan individu menanggapi tantangan penatagunaan air.

Gambar 1: Fitur utama dan fokus kelompok terkemuka praktik penatagunaan air



Air harus dikelola pada seluruh tahap siklus umur kegiatan pertambangan (Gambar 2). Oleh karena itu, ruang lingkup buku ini mencakup seluruh tahap, termasuk pemantauan sebelum dan sesudah operasi. Daripada berurusan dengan setiap tahap siklus umur di setiap bagian dari buku panduan, isu yang terkait dengan satu atau lebih tahapan yang sangat penting untuk risiko tertentu disorot dalam bagian yang relevan. Dengan cara ini, siklus hidup tambang tertanam ke dalam struktur buku ini.

Gambar 2: Tahapan operasional utama dalam siklus umur kegiatan pertambangan



Penatagunaan air melibatkan banyak disiplin ilmu, termasuk teknik, biologi, ekologi, hidrogeologi, hidrologi, ilmu-ilmu sosial, serta kesehatan dan keselamatan. Buku pegangan ini memberikan ikhtisar yang ditujukan untuk semua disiplin ilmu tersebut. Banyak rincian praktik kerja unggulan penatagunaan air khusus untuk disiplin ilmu atau tahapan dalam siklus hidup tambang tercakup lebih lengkap dalam buku pegangan lain dalam seri ini, seperti yang dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1: Buku Pegangan Praktik Kerja Unggulan dalam Program Pembangunan Berkesinambungan

BUKU PEGANGAN	KONTRIBUSI PADA PENATAGUNAAN AIR
PENILAIAN KINERJA: PEMANTAUAN DAN AUDIT	Desain program pemantauan air di pembuangan batuan, lubang tambang, fasilitas penyimpanan tailing, air tanah, ekosistem air permukaan dan pelepasan/pembuangan (discharge)
PENGELOLAAN TAILING	Desain dan operasi fasilitas penyimpanan tailing untuk pengelolaan air dan pemulihan di tahap operasional dan pasca-penutupan
KETERLIBATAN DAN PENGEMBANGAN MASYARAKAT	Pedoman umum tentang keterlibatan masyarakat yang relevan dengan konsultasi air, pemantauan dan risiko sosial
REHABILITASI TAMBANG	Peran sifat hidrologi tanah dalam desain rehabilitasi, tujuan pengelolaan air, serta desain terkait dan bimbingan operasional
MANAJEMEN RISIKO	Definisi risiko dan prinsip-prinsip manajemen risiko; risiko bisnis air, termasuk studi kasus; pendekatan evaluasi risiko
PENGELOLAAN KEANEKARAGAMAN HAYATI	Air dan pengelolaan tepian sungai (riparian) serta pemantauan yang berkaitan dengan perlindungan dan pemulihan ekosistem
BEKERJA DENGAN MASYARAKAT ADAT	Memahami hak air pribumi dan budaya; praktik kerja unggulan untuk negosiasi dan pengelolaan air bersama
MENCEGAH DRAINASE ASAM DAN LOGAM	Panduan rinci tentang sumber dan pengelolaan risiko dari drainase asam dan logam serta lindi lainnya
PENGELOLAAN BAHAN BERBAHAYA	Air sebagai medium pelarut dan transportasi untuk bahan kimia berbahaya tertentu; risiko terhadap lingkungan air dan pasokan dari bahan kimia berbahaya
PENGELOLAAN ENERGI DALAM PERTAMBANGAN	Contoh mencapai efisiensi energi melalui pengelolaan air
KESEHATAN DAN KESELAMATAN MASYARAKAT	Mengkomunikasikan dan mengelola risiko bagi masyarakat lokal dan lebih luas
PENATA GUNAAN AIR	Pendorong, prinsip dan studi kasus penatagunaan air dari perspektif pengelolaan sumber daya, proses pengelolaan dan pengawasan produk
PENCEMAR UDARA, KEBISINGAN DAN GETARAN	Penggunaan air efektif untuk penyemprot debu (dust suppression); transportasi radionuklida
PENGELOLAAN SIANIDA	Mengelola risiko air yang terkontaminasi sianida
PENUTUPAN TAMBANG	Ikhtisar risiko air dan pengelolaannya pada tahap pasca-penutupan

Tujuan buku pegangan ini adalah untuk memberikan panduan bagi manajemen perusahaan, manajemen situs dan staf operasional pada pendekatan terstruktur untuk penatagunaan air. Buku ini tidak berusaha untuk menangani pengelolaan air secara teknis dan rinci di tingkat situs operator. Sejumlah sumber acuan yang tersedia untuk mendukung rincian seperti itu, seperti Younger et al. (2002) dan MCA (1997).

Mencapai praktik kerja unggulan tidak selalu diperlukan dalam semua aspek dari sistem pengelolaan air. Sumber daya (waktu, manusia, uang) harus diprioritaskan untuk daerah berisiko terbesar untuk bisnis dan pengelolaan air yang lebih luas di daerah tangkapan guna memastikan respons manajemen yang tepat untuk tujuan dan sumber daya yang dikeluarkan di mana mereka akan memiliki dampak positif yang maksimal. Setiap operasi mengidentifikasi risiko berdasarkan kasus bisnis masing-masing. Manajemen operasi kemudian harus memilih praktik kerja unggulan yang mengurangi risiko dan yang paling sesuai dengan pendorong ekonomi, karakteristik daerah tangkapan, serta tujuan pembangunan yang legal dan berkelanjutan. Pengoperasian praktik kerja unggulan membuat pilihan dengan cara penilaian berbasis risiko dari aspek kunci dari pengelolaan air tersebut.

BAGIAN I: PENDORONG RISIKO AIR

1.0 KASUS BISNIS

Pesan-pesan kunci

- Air merupakan bagian integral dari semua operasi: tidak ada tambang yang beroperasi tanpa mengelola air.
- Kasus bisnis untuk mengelola air didorong oleh kebutuhan untuk mengelola risiko dan peluang operasional dan strategis.
- Dari perusahaan pertambangan dan bahan-bahan yang melapor pada Laporan Air Global CDP (CDP Global water report) (CDP 2014), 64% menemukan paparan risiko air pada operasi mereka.¹ Hampir setengah dari mereka mengalami dampak merugikan yang berkaitan dengan risiko air dibandingkan tahun sebelumnya, dan 23% terkena risiko air dalam rantai pasokan mereka.
- Risiko dan peluang harus dikelola, baik di tingkat perusahaan maupun situs, guna memastikan nilai pemegang saham dimaksimalkan, produksi aman, dan masyarakat serta nilai-nilai lingkungan yang terkait dengan air dipertahankan atau ditingkatkan.
- Dukungan situs di tingkat-atas (top-level) dan kepemimpinan perusahaan merupakan kunci untuk praktik kerja unggulan pengelolaan air.

Risiko air bukan hanya tentang tidak memiliki cukup air untuk operasi situs, tetapi juga tentang tantangan mengelola volume besar air sebagai akibat dari banjir atau pengeringan. Kualitas air merupakan area yang semakin dikhawatirkan, terutama untuk masyarakat dan lingkungan yang tergantung air daerah tangkapan yang mungkin terkena dampak operasi.

Bagi perusahaan, penatagunaan air yang buruk dapat menyebabkan paparan keuangan yang timbul dari perizinan proyek tertunda, kendala produksi, kerusakan properti dan regulasi yang lebih ketat. Jika pengelolaan air buruk, akses ke bijih dan kualitas produk dapat dikompromikan, sehingga biaya operasi lebih tinggi dan berpotensi kehilangan pangsa pasar. Situs dengan masalah air memerlukan peningkatan pemantauan dan audit guna mencapai kepatuhan lingkungan. Hal ini menyebabkan beban manajemen yang lebih besar bagi perusahaan dan potensi untuk menarik pengawasan yang lebih ketat dari regulator.

Di luar operasi, reputasi buruk dalam penatagunaan air dapat berdampak pada kehilangan daya tarik investasi, nilai pemegang saham, dan akses ke sumber daya lainnya (air, bijih dan tanah). Penatagunaan air yang buruk dapat menimbulkan kekhawatiran bagi masyarakat lokal dan pengguna air lainnya, serta kekhawatiran yang dapat merusak reputasi bisnis dan mengikis izin sosial perusahaan untuk beroperasi, yang mungkin sangat mahal untuk diperbaiki dalam jangka panjang. Dampak pengelolaan air yang di bawah standar mungkin tidak hanya dirasakan di tingkat lokal tetapi dapat meningkat pesat menjadi masalah nasional dan internasional, dan mungkin jauh lebih merusak secara finansial daripada dampak pada tingkat operasional. Analisis menunjukkan bahwa perusahaan yang mengambil tindakan untuk mengelola air strategis terbukti menjadi pelaku keuangan yang lebih baik (CDP 2014).

¹ CDP adalah prakarsa yang dipimpin oleh investor yang bekerja dengan 822 investor institusional yang memegang aset US\$95 triliun guna membantu mengungkapkan iklim dan risiko air dalam portofolio investasi mereka (<https://www.cdp.net/en-US/Pages/HomePage.aspx>).

Seringkali pengelolaan air di tingkat lokal membutuhkan pendekatan jangka pendek dan reaktif yang didasarkan pada ketersediaan air musiman dan kebutuhan mendesak situs. Pendekatan tersebut meningkatkan risiko sehingga prioritas manajemen akan menjadi terkait erat dengan ketentuan yang berlaku dan terlalu ketat diarahkan untuk satu skenario neraca air: yaitu, perhatian yang intens di saat kelangkaan atau surplus dan perhatian rendah yang kurang tepat di lain waktu. Kerangka waktu perencanaan operasional juga biasanya berjangka pendek, mulai dari satu tahun sampai dua tahun. Namun, kerangka waktu yang dibutuhkan untuk mengelola risiko air tidak ada lagi karena melibatkan ketidakpastian yang signifikan secara teknis, keterlibatan pemangku kepentingan dan kebijakan, serta pengembangan kendali untuk mengurangi atau mencegah permasalahan air.

Dengan demikian, pertimbangan risiko mengharuskan variabel operasional dan strategis, dan ketidakpastian tersebut dinilai selama LoM, termasuk pasca-penutupan, daripada bereaksi terhadap ketentuan berjalan dan terbaru.

Penatagunaan air bukan semata-mata tugas pengelolaan lingkungan. Risiko operasional dan strategis yang terkait dengan pengelolaan air harus dipantau dengan baik oleh tim yang berasal dari semua aspek operasi tambang. Pendekatan terpadu untuk manajemen risiko air diperlukan, sebagai risiko air majemuk (multiple) dan saling tergantung yang mungkin ada di tempat operasi atau dalam wilayah pertambangan. Khususnya, perubahan keseimbangan air operasional secara keseluruhan dapat berakibat dalam berbagai pasokan air, penyimpanan dan tantangan kualitas yang terwujud dari kerangka waktu yang berbeda. Praktik kerja unggulan dalam pengelolaan air memerlukan jangka waktu lebih panjang, pendekatan kolaboratif dan praktis yang menyumbang risiko operasional dan strategis air guna mengelola sumber daya air secara bertanggung jawab.

Bagian ini menguraikan pendorong risiko air, termasuk risiko operasional dan strategis berjangka lebih panjang. Untuk kegiatan pertambangan, tiga pertimbangan yang saling mengandalkan harus dikelola pada semua tahap siklus umur guna memenuhi kebutuhan bisnis dan tujuan pembangunan berkelanjutan:

- Menghasilkan komoditas mineral.
- Melindungi ekosistem yang operasinya mengambil dari sumber daya dan yang melepaskan ke dalamnya hasil limbah atau air yang dialihkan alirannya.
- Memelihara nilai-nilai sosial dan budaya yang mungkin terpengaruh oleh operasi.

Kasus bisnis praktik kerja unggulan penatagunaan air didasarkan pada risiko kegagalan untuk mengelola pertimbangan tersebut dan juga untuk menyadari peluang meningkatkan kinerja. Hal ini juga terkait dengan pengelolaan risiko strategis ke tingkat yang lebih tinggi, yang dapat dihasilkan bagi perusahaan. Peraturan lingkungan semakin ketat. Memenuhi persyaratan kepatuhan lingkungan dan mengelola risiko bisnis yang berkaitan dengan air memerlukan strategi proaktif di seluruh bisnis. Penatagunaan air yang baik juga dapat memberikan kesempatan untuk mendukung izin-izin baru, membangun hubungan dengan pemangku kepentingan eksternal, dan menjamin izin sosial dan peraturan perusahaan untuk beroperasi dalam jangka panjang.

1.1 Pendorong untuk risiko operasional

Risiko di tingkat operasional dari pemahaman yang tidak memadai dari tantangan teknis air, kegagalan untuk memahami ketidakpastian yang terlibat dalam mengembangkan solusi untuk tantangan air yang kompleks, dan perencanaan yang tidak memadai dan yang tidak memperhitungkan jangka waktu yang lebih lama diperlukan untuk mengurangi risiko air. Kegagalan untuk menghindari atau mengurangi dan mengelola risiko ini membawa dampak pada kuantitas dan kualitas air serta, dalam banyak kasus, keduanya pada waktu yang sama. Risiko ini memiliki potensi yang signifikan untuk mengganggu atau mengurangi produksi, meningkatkan biaya produksi, dan merusak reputasi dengan pengguna air lainnya, pemerintah dan masyarakat pada umumnya. Risiko ini mencakup:

- Kurangnya perhatian untuk keamanan pasokan dapat mengakibatkan kekurangan air, dengan pengurangan yang terkait dengan pendapatan akibat kerugian produksi, pembayaran harga tinggi untuk air saat berupaya untuk membelinya di saat kemarau, potensi kerugian pangsa pasar karena persepsi pasokan produk tidak dapat diandalkan, atau ketegangan yang timbul dari persaingan dengan pengguna air lainnya untuk akses ke air.
- Pengelolaan air yang buruk dari kelebihan air dapat mengakibatkan pelanggaran izin, dampak lingkungan dan denda, serta hilangnya dukungan masyarakat untuk operasi dalam peristiwa dampak-dampak pelepasan dan dewatering yang tidak terkendali. Saat kelebihan air diperoleh dari hujan deras, kesalahan dalam menyimpan air secukupnya dapat membahayakan kelangsungan hidup operasi di masa kering.
- Kurangnya perhatian terhadap pengelolaan kualitas air dapat mengakibatkan penurunan pemulihan mineral, kompromi kualitas produk atau pelanggaran peraturan (mis. ketentuan REACH provisions²), yang semuanya tidak akan dipedulikan oleh pasar. Mungkin juga ada biaya tambahan dalam mengelola kelebihan air berkualitas rendah di situs. Kesehatan dan keselamatan pribadi juga dapat dikompromikan jika air untuk minum diperlakukan atau dikelola dengan tidak benar. Selanjutnya, biaya fiskal dan reputasi yang signifikan dapat dikaitkan dengan kegagalan untuk mengelola dampak pembuangan air berkualitas rendah pada ekosistem air dan nilai-nilai air pertanian serta rekreasi (pembunuhan ikan, dampak timbunan stok dan kesehatan manusia) dalam masa sewa guna dan di lingkungan penerima. Sama halnya, terlalu sering menggunakan air tawar atau air minum saat air yang sesuai untuk tujuan lainnya sudah mencukupi, dapat merusak reputasi perusahaan sebagai penataguna air yang bertanggung jawab.
- Pertimbangan yang kurang memadai terhadap air dalam rencana penutupan dapat mempengaruhi keuangan atau reputasi perusahaan. Misalnya, dampak kualitas air atau pulihnya permukaan air setelah pengeringan dapat mengakibatkan kewajiban jangka panjang jika mitigasi belum direncanakan dan dilaksanakan dengan baik. Sebuah tinjauan baru-baru ini tentang rencana penutupan tambang menunjukkan bahwa banyak situs memiliki penilaian yang relatif optimis dan pemahaman yang kurang tepat dari ketidakpastian teknis guna kebutuhan untuk mengobati air setelah penutupan produksi (Byrne 2013). Tinjauan ini menemukan banyak perusahaan memasukkan pemantauan hanya untuk satu sampai dua tahun setelah tahap pelaksanaan penutupan. Fokus yang meningkat pada efek kumulatif juga memerlukan kerangka waktu penutupan lebih lama untuk ditangani. Selain itu, beberapa situs harus mengelola dampak kualitas air untuk waktu tak tertentu lamanya, sehingga mengakibatkan biaya yang signifikan. Harapan tentang penutupan terus tumbuh, dan regulator menetapkan persyaratan untuk situs untuk dikembalikan ke kondisi awal.
- Praktik operasional yang buruk dan inefisiensi yang diakibatkannya, dapat menimbulkan denda dan biaya operasional dan modal yang 'tersembunyi', seperti biaya volume dan biaya pemeliharaan air, biaya energi berkaitan pemompaan dan pemindahan air yang tidak perlu, serta warisan lingkungan yang mahal pada penutupan. Dampak pada rasio aksesibilitas dan pengupasan (stripping) bijih serta perubahan pada rencana tambang yang disebabkan oleh permasalahan pengelolaan air juga dapat mengakibatkan tambahan biaya operasional.

2 REACH adalah Peraturan (EC) 1907/2006 tentang pendaftaran, evaluasi, otorisasi dan pembatasan bahan kimia.

1.2 Pendorong risiko strategis

Sejumlah *risiko strategis* berjangka lebih panjang muncul bagi perusahaan pertambangan jika tantangan pengelolaan air tidak dilakukan secara efektif, jika reputasi perusahaan terganggu, atau jika standar perusahaan, nilai-nilai dan etika tidak ditaati. Risiko strategis biasanya mewajibkan perusahaan pertambangan untuk melihat melampaui pintu gerbang tambang untuk mempertimbangkan risiko di daerah tangkapan atau skala regional saat ini dan masa depan. Risiko ini juga dapat mempengaruhi keberhasilan operasional, penatagunaan dan keberlanjutan sumber daya air secara keseluruhan. Dampak reputasi pengelolaan air yang buruk di satu lokasi dapat tercermin pada sektor pertambangan secara keseluruhan. Implikasi keuangan dari kinerja yang buruk dalam mengelola risiko strategis dapat jauh lebih besar daripada risiko langsung di tingkat operasional.

Risiko-risiko ini mencakup:

- **Kepedulian sosial yang meningkat:** Kegiatan pertambangan mengakses sumber daya air yang dibagi bersama masyarakat lokal dan pengguna air lainnya. Akses masyarakat pada sumber daya air yang cukup dengan kualitas yang tepat merupakan pengakuan hak asasi manusia. Kekhawatiran tentang air sering mencerminkan dampak nyata dari kegiatan pertambangan terhadap sumber daya air, tetapi juga dapat timbul dari persepsi dan harapan masyarakat tentang penatagunaan air. Keduanya perlu diperhatikan oleh perusahaan karena mengembangkan pemahaman mereka tentang risiko air dan mengembangkan pendekatan strategis jangka panjang yang tepat untuk meminimalkan risiko terkait dan menghindari atau meminimalkan dampak. Pada akhirnya, izin yang diberikan masyarakat kepada industri untuk memproduksi mineral (izin sosial untuk beroperasi) dapat dikompromikan, dengan implikasi serius bagi kelangsungan hidup proyek dan reputasi perusahaan. Kegiatan pertambangan perlu melibatkan masyarakat setempat dan pemangku kepentingan lainnya guna memahami penggunaan air mereka saat ini, masa depan dan nilai air yang diberikan oleh para pemangku kepentingan, serta kemudian memadukan pemahaman ke dalam perencanaan air strategis dan situs. Interaksi antara masyarakat lokal dan pengelolaan air tambang sangat tergantung pada konteks air setempat, sehingga tidak ada hanya satu pendekatan yang tepat untuk semua situasi.
- **Regulasi yang semakin ketat:** Tempat beroperasi dalam ketentuan persetujuan dan kebijakan yang secara langsung atau tidak langsung mempengaruhi akses air, penggunaan dan pembuangannya dalam daerah tangkapan atau wilayah. Peningkatan minat pemangku kepentingan pada air menekan pembuat kebijakan lokal, regional dan nasional, untuk mengembangkan kendali yang lebih ketat pada penggunaan air dan pembuangan air limbah guna melindungi lingkungan dan masyarakat sekitar. Semakin banyaknya peraturan juga tampak dalam pengelolaan air yang selalu buruk oleh perusahaan pertambangan individu atau kumpulan penambang dalam suatu wilayah negara atau pertambangan. Hal ini dapat meningkatkan biaya pengelolaan sumber daya air dan membatasi peluang untuk pengembangan atau perluasan operasi tambang.
- **Dampak kumulatif:** Dampak kumulatif kegiatan situs sumber daya dan ekosistem air regional yang mereka dukung merupakan area kekhawatiran dan regulasi yang meningkat. Efek kumulatif pengelolaan air dari beberapa proyek dapat mempengaruhi aset sosial, serta pengguna air lainnya. Ketidakpastian tentang bagaimana situs terpengaruh, serta tentang manajemen yang paling tepat dan pendekatan peraturan untuk beberapa kontributor, menghadirkan tantangan yang cukup besar bagi perusahaan, pengguna air lainnya dan pemangku kepentingan. Solusi sesuai untuk tujuan (*fit-for-purpose*) yang memperhitungkan jangka panjang di seluruh daerah tangkapan, memerlukan pendekatan kolaboratif guna mengelola dampak kumulatif saat ini dan masa depan.
- **Variabilitas iklim dan perubahan iklim:** Perubahan iklim diperkirakan memiliki dampak signifikan pada ketersediaan air, kelebihan air dan kebutuhan air, meskipun ada ketidakpastian tentang besaran dan lokasi dampak. Ketersediaan air yang berubah akibat variabilitas iklim dan perubahan iklim perlu diperkirakan, direncanakan dan dipantau. Risiko yang relevan berasal dari ketidakpastian tentang besarnya dampak dan frekuensi peristiwa cuaca utama dengan potensi dampak pada produksi dan prasarana. Tantangan lain adalah seberapa baik peraturan mencerminkan ketidakpastian tentang dampak dari perubahan dan variabilitas iklim. Peraturan yang kurang memadai dapat mengekspos perusahaan pada pelanggaran peraturan.

- **Pengawasan ketat investor mendorong peningkatan pengungkapan risiko air:** Investor institusional semakin menuntut perusahaan untuk mengungkapkan risiko air mereka, termasuk sosial, lingkungan, risiko operasional dan rantai pasokan mereka. Hal ini dikarenakan para investor memahami hubungan antara risiko air dan paparan keuangan investasi mereka karena kelangkaan air, dampak banjir atau persyaratan remediasi. Tren ini terus mendorong pengungkapan lebih lanjut tentang pengelolaan air, bergerak dari pelaporan risiko air tingkat-perusahaan ke tingkat pelaporan situs-dan-daerah tangkapan. Investor saat ini tengah mengembangkan metode baru yang akan mereka gunakan secara publik untuk membandingkan perusahaan berdasarkan risiko air.
- **Rantai pasokan air:** Risiko air terkait dengan kegiatan pengadaan merupakan suatu area tentang bertambahnya kekhawatiran bagi banyak perusahaan. Contoh risiko rantai pasokan mencakup risiko air yang terkait dengan pasokan energi dan kredensial pengelolaan air dan layanan utama pemasok. Sekitar 23% dari sektor bahan dan pertambangan melaporkan paparan pada risiko air dalam rantai pasokan mereka (CDP 2014), namun kurang dari setengah membutuhkan pemasok utama mereka untuk melaporkan penggunaan, risiko dan pengelolaan air.

Tabel 2 dan 3 merangkum risiko operasional dan strategis untuk pengelolaan air dan penyebabnya.

Tabel 2: Risiko dan peluang operasional yang terkait dengan pengelolaan

JENIS RISIKO	PENYEBAB	IMPLIKASI	
		PELUANG	RISIKO
Tidak cukup air untuk operasi tambang (kurangnya keamanan pasokan)	• Perencanaan yang buruk—kurangnya pemahaman tentang keandalan pasokan/kapasitas atau estimasi tuntutan permintaan. • Perubahan pengaturan hukum, perubahan hak volumetrik atau akses. • Kurangnya perhatian untuk memenuhi efisiensi desain menciptakan permintaan yang lebih tinggi dari yang diharapkan. • Perhatian yang kurang untuk iklim dan variabilitas hidrologi.	• Pengendalian strategis atas keamanan air memberikan kemantapan regulator, masyarakat, pelanggan dan kepercayaan investor dalam operasi, produk atau perusahaan. • Peluang untuk memenangkan kompetisi (outcompete) dan berpotensi membeli operasi yang menjadi non-layak (non-viable) karena kekurangan air. • Investasi atau investasi bersama prasarana untuk memberikan nilai sosial dan lingkungan, serta manfaat produktivitas.	• Pengurangan pendapatan dari kerugian produksi, pembayaran harga tinggi untuk air di saat kelangkaan atau kehilangan potensi pangsa pasar karena persepsi pasokan produk tidak dapat diandalkan. • Kerusakan reputasi dengan pengguna air lainnya, regulator, pelanggan, investor, masyarakat umum, dan tenaga kerja.
Terlalu banyak air (mis. banjir atau volume pelepasan yang besar)	• Desain yang buruk atau tidak beroperasi memenuhi standar yang perlu untuk menangani hasil surplus air dalam pelanggaran lingkungan, insiden keselamatan atau kesehatan, atau kerugian produksi. • Volume pelepasan yang besar merusak nilai-nilai sosial, budaya, dan ekonomis di luar lokasi.	• Kemungkinan memasok kepada pengguna pihak ketiga atau perdagangan air. • Potensi manfaat sosial atau lingkungan (mis. input ke arus lingkungan). • Penyimpanan yang tepat dapat mengurangi tuntutan air baku, sehingga mengurangi biaya atau membiarkan orang lain untuk mengakses air baku.	• Kerugian produksi. • Pelanggaran izin mengakibatkan denda. • Kehilangan dukungan masyarakat untuk operasi. • Situs, perusahaan dan reputasi industri rusak.
Kendala pengoperasian air tambang	• Pengeringan, penyimpanan dan alat angkut air yang kurang efektif, serta kurang memahami kesalahan teknis dan ketidakpastian logistik dalam sistem manajemen pemompaan air. • Perencanaan yang buruk untuk peristiwa ekstrim. • Perencanaan yang buruk untuk variasi hidrologi atau iklim.	• Kendala dan tantangan air menginformasikan atau kendala beban awal (front-end-load) proses perencanaan tambang tersebut.	• Kerugian produksi. • Perubahan biaya operasional rencana kenaikan tambang serta kewajiban rehabilitasi dan penutupan. • Kekurangan air atau dampak kualitas

JENIS RISIKO	PENYEBAB	IMPLIKASI	
		PELUANG	RISIKO
Kualitas air tidak tepat untuk digunakan dalam operasi tambang atau kualitas air tidak tepat untuk pelepasan	• Kurangnya desain untuk memenuhi kebutuhan air dengan air berkualitas yang sesuai (tidak mendefinisikan standar sesuai untuk tujuan). • Kurangnya perhatian untuk manajemen operasional desain. • Perencanaan yang buruk untuk peristiwa ekstrim. • Perencanaan yang buruk untuk variasi hidrologi atau iklim.	• Meminimalkan air yang ditarik dari lingkungan melalui perbaikan kualitas air sampai optimalisasi pengolahan air situs atau investasi dalam pengolahan. • Reputasi positif sebagai manajer air yang baik jika kualitas yang sesuai digunakan (meminimalkan penggunaan air minum atau air tawar yang tidak perlu).	• Pemulihan pengurangan mineral. • Kompromi kualitas produk yang tidak dianggap baik oleh pasar (mis. pelanggaran ketentuan REACH). • Biaya tambahan dalam mengelola kelebihan air di tempat. • Biaya fiskal dan reputasi yang signifikan yang terkait dengan dampak terhadap lingkungan (baik di dalam maupun di luar situs) dan pengguna lainnya.
Pelepasan air tambang merusak kualitas air di luar situs.	• Pengelolaan yang kurang baik atas air permukaan di lokasi, air hujan, drainase asam dan logam, biofouling (pencemaran pada makhluk hidup), pengelolaan dan penyimpanan tailing membawa dampak pada kualitas air di luar lokasi.	• Ketahanan yang lebih besar dan kontinuitas operasional karena pengelolaan air permukaan selama banjir (mis. saluran air dan air bersih, area penyimpanan yang cukup) berarti operasi dapat tetap di produksi. • Konten komunitas dengan (dukungan dari) operasi atau ekspansi lainnya. • Tidak ada penundaan pada akses atau perizinan.	• Pelanggaran izin mengakibatkan denda. • Kerugian produksi. • Kehilangan dukungan masyarakat untuk operasi. • Reputasi situs, perusahaan dan industri rusak.
Kewajiban penutupan	• Perencanaan air yang buruk selama operasi atau tidak memperhitungkan perubahan keadaan. • Efek dan dampak kumulatif. • Drainase asam dan logam. • Pengelolaan tailing.	• Pertumbuhan reputasi yang signifikan dengan penutupan yang sukses. • Masyarakat mendukung operasi atau ekspansi lainnya. • Tidak ada penundaan pada akses atau perizinan.	• Reputasi buruk mengakibatkan jangka panjang (mungkin permanen) kewajiban dan biaya yang terkait.

Tabel 3: Risiko strategis dan peluang yang terkait dengan pengelolaan air

JENIS RISIKO	PENYEBAB	IMPLIKASI	
		PELUANG	RISIKO
Daya tarik investasi	• Reputasi perusahaan menurun karena pengelolaan air yang buruk. • Kurangnya perhatian terhadap efisiensi, persyaratan lingkungan, kesehatan dan keselamatan, keamanan pasokan.	• Perusahaan atau industri pertambangan dipandang sebagai proposisi investasi yang disukai.	• Investor lebih memilih entitas lain dengan pengembalian keuangan serupa tapi reputasi yang lebih baik.
Akses ke sumber daya	• Pemerintah dan regulator lebih memilih untuk memberikan akses ke sumber daya (air, bijih dan tanah) kepada perusahaan dengan reputasi manajemen yang baik.	• Akses diberikan kepada sumber daya tanpa penundaan.	• Badan-badan bijih mungkin menjadi tidak tersedia atau izin-izin mungkin tertunda.
Ketahanan prasarana dan keamanan	• Sifat peristiwa iklim ekstrim yang berubah, seperti ukuran arus hidrologi ekstrim (mis banjir, gelombang pasang). • Upaya aktivis untuk mengganggu produksi.	• Premi asuransi dapat dikurangi jika prasarana jelas aman. • Biaya overhead yang rendah. • Keselamatan lebih terjamin.	• Penggantian prasarana yang mahal. • Biaya rehabilitasi lingkungan jika pelanggaran terjadi. • Ketidakmampuan untuk mendapatkan pasokan di saat kelangkaan karena pemasok lebih suka berurusan dengan pesaing yang lebih disukai oleh masyarakat. • Keselamatan berpotensi terganggu.
Izin sosial untuk beroperasi	• Reputasi buruk atas pengolahan air menciptakan tekanan masyarakat untuk mengecualikan atau menunda perusahaan atau industri dari akses ke sumber daya. • Tidak memenuhi tanggung jawab sosial perusahaan.	• Masyarakat melihat industri pertambangan sebagai pilihan jangka panjang yang baik untuk penggunaan air, mengingat lingkungan yang kompetitif untuk akses air. • Mengakui hubungan warisan dan pemilik spiritual dan budaya dan pemilik tradisional atas air.	• Kelayakan industri, potensi perlambatan akses ke badan bijih atau perizinan, dan kesulitan dengan efisiensi operasional berkelanjutan (hilangnya waktu produksi akibat gangguan sosial).
Dampak kumulatif	• Kekhawatiran yang semakin kuat dari pemangku kepentingan, peningkatan peraturan dan peningkatan biaya untuk situs yang tidak mengelola dampak kumulatif dari kegiatan situs sumber daya air daerah tangkapan dan aset lingkungan, sosial dan ekonomi yang mereka dukung.	• Pendekatan kolaboratif jangka panjang diperlukan untuk mengelola dampak kumulatif dengan tepat, di mana diperlukan. Jika dilakukan dengan baik, ini mengarah ke hubungan yang positif dengan para pemangku kepentingan dan meningkatkan reputasi bagi perusahaan dan industri secara keseluruhan.	• Peraturan yang lebih ketat, pembatasan alokasi air yang baru dan pendatang baru, serta penundaan perizinan.
Paparan perubahan ketersediaan air jangka panjang	• Dampak pada operasi, peningkatan biaya dan hubungan yang rusak dengan pengguna air lainnya sebagai akibat dari perubahan ketersediaan air yang terkait dengan variabilitas iklim dan perubahan (mis. kelebihan dan kelangkaan air).	• Perencanaan jangka panjang dan pemahaman yang baik tentang neraca air dapat memberikan ketahanan operasional pada saat kelebihan atau kelangkaan air.	• Kurangnya perencanaan untuk ketersediaan air mengakibatkan kerugian produksi dan peningkatan biaya yang terkait dengan banjir dan kelangkaan air.

JENIS RISIKO	PENYEBAB	IMPLIKASI	
		PELUANG	RISIKO
Kehilangan daya tarik investasi	Dampak pada operasi, peningkatan biaya dan hubungan yang rusak dengan pengguna air lainnya sebagai akibat dari perubahan dalam ketersediaan air yang terkait dengan variabilitas iklim dan perubahan (mis. kelebihan dan kelangkaan air).	Investor melihat perusahaan yang mengungkapkan dan mengelola risiko air sebagai perusahaan pilihan mereka untuk berinvestasi.	Investor memilih untuk tidak berinvestasi di perusahaan dengan penatagunaan air yang buruk.
Paparan keuangan sebagai akibat dari risiko rantai pasokan air	Investor menilai peringkat perusahaan pada risiko air, karena pengelolaan air yang buruk mempengaruhi paparan keuangan investasi mereka (mis. biaya yang terlibat sebagai akibat dari kelangkaan air, dampak banjir atau persyaratan remediasi).	- Memahami risiko penting rantai-pemasok air untuk mengurangi potensi paparan. - Mendapatkan pengakuan sebagai pengelola air yang baik melalui keterlibatan dengan pemasok kunci pada risiko air.	- Potensi dampak operasional jika risiko rantai-pasokan terkait dengan pemasok utama. - Potensi kerusakan reputasi jika pemasok utama memiliki penatagunaan air yang buruk.
Tenaga kerja	Karyawan merasa bahwa perusahaan tidak mengelola air dengan baik atau tidak memberi mereka kemudahan persediaan yang cukup (mis. air minum yang aman, olahraga dan ruang taman hiburan (RTH) di kota-kota terpencil).	Produktivitas tinggi dengan konten dan tenaga kerja yang setia.	- Kesulitan merekrut dan menjaga staf. - Potensi untuk memperlambat pertumbuhan dan mengurangi kinerja operasional.

BAB II: TATA KELOLA AIR

Tata kelola air mencakup berbagai sistem politik, sosial, ekonomi dan administrasi yang berada di tempat untuk mengelola sumber daya air oleh pemerintah, perusahaan dan individu. Secara historis, otoritas utama untuk keputusan alokasi air di Australia telah berada di negara-negara bagian di bawah Konstitusi Australia. Peran Pemerintah Australia dalam pengelolaan dan pengaturan air telah meningkat secara signifikan selama dekade terakhir.

Peraturan dan pengelolaan air oleh pemerintah adalah area reformasi berkelanjutan. Dengan demikian, Bagian 2 harus diambil sebagai ikhtisar umum semata-mata dari pengaturan tersebut, yang mungkin akan terkena perubahan di masa depan. Sebagaimana dijelaskan di Bagian 3, tata kelola air juga berlaku untuk standar, sistem dan akuntabilitas air di perusahaan masing-masing, serta proses yang diperlukan untuk terlibat, serta mengkoordinasikan sumber daya dan tanggung jawab antara berbagai pemangku kepentingan di suatu daerah daerah tangkapan.

Peraturan lingkungan menuju ke kebutuhan pertimbangan dampak pada skala regional atau daerah tangkapan, daripada skala situs lokal yang dianggap sebelumnya. Risiko air terkait- tangkapan dan perencanaan dibahas dalam bagian 4, 5 dan 6.

2.0 PERATURAN AIR PEMERINTAH

Pesan-pesan kunci

- 'Tata kelola air' mengacu pada berbagai sistem politik, sosial, ekonomi dan administrasi yang berada di tempat untuk mengelola sumber daya air oleh pemerintah, korporasi dan individu.
- Tanggung jawab utama untuk air di Australia tetap berada di negara-negara bagian, di mana hak untuk mengelola dan perairan kontrol berada di tangan Crown (penguasa puncak).
- Peran Pemerintah Australia dalam pengelolaan dan pengaturan air telah meningkat secara signifikan sejak penandatanganan Perjanjian Prakarsa Air Nasional Antar Pemerintah (Intergovernmental Agreement on a National Water Initiative (NWC 2004)), yang mengakui perlunya pendekatan nasional guna tata kelola sumber daya air untuk penggunaan yang efisien dan berkelanjutan.
- Industri pertambangan patuh pada peraturan pemerintah ditambah berbagai prakarsa yang dipimpin oleh industri untuk mengelola sumber daya air.

2.1 Pemerintah negara bagian dan teritori

Secara historis, tanggung jawab untuk air berada di negara-negara bagian di Federasi di bawah bagian 100 dari Konstitusi Australia, di mana hak untuk mengelola dan mengontrol perairan berada di tangan Crown. Anggaran dasar dan kebijakan pendukung yang untuk sebagian besar abad ke-20 dikembangkan secara terpisah di masing-masing yurisdiksi negara bagian, meskipun ada beberapa kesamaan dalam pendekatan. Hal ini menyebabkan pendekatan yurisdiksi yang berbeda untuk mengelola air, yang tidak mempertimbangkan pemerataan akses terhadap air atau manajemen terpadu serta mengakibatkan suboptimal pengelolaan sungai dan akuifer yang melintasi batas-batas negara, terutama di negara-negara bagian Murray-Darling Basin.

Pengelolaan air di industri pertambangan tidak hanya dicakup oleh peraturan perencanaan sumber daya air, tetapi lebih sering berada di berbagai UU mineral dan pertambangan, perlindungan lingkungan, dan berbagai UU uranium federal. Regulator lainnya penting dalam mendefinisikan bagaimana pengelolaan tambang air dapat terjadi. Misalnya, lembaga yang bertanggung jawab untuk regulasi pertambangan mungkin memiliki peran dalam menentukan peraturan dan pedoman untuk penyimpanan tailing dan pengelolaan, serta pengelolaan air pada penutupan. Alokasi air bukan satu-satunya area untuk kegiatan perizinan, dan perusahaan perlu memahami berbagai komitmen air di berbagai UU negara bagian dan federal yang mencakup operasi mereka.

Pada tahun 2004, negara-negara bagian dan wilayah menandatangani Perjanjian Prakarsa Air Nasional Antar Pemerintah (NWI) (NWC 2004).³ Di bawah NWI, negara-negara bagian dan wilayah penandatanganan telah mencapai keselarasan yang tumbuh dalam pendekatan mereka pada alokasi dan pengelolaan air, serta pendekatan-pendekatan yang selaras dengan prinsip-prinsip umum untuk mengoptimalkan hasil ekonomi, sosial dan lingkungan.

UU negara tetap merupakan instrumen hukum dominan yang dapat diterapkan untuk sektor pertambangan dalam hal akses, penggunaan dan pelepasan air. Persetujuan hukum dan ketentuan izin yang diterapkan selama masa operasi, sering sebagai tambahan aturan alokasi dan hak air.

Meskipun terdapat lebih banyak keselarasan di bawah NWI, undang-undang, kebijakan dan proses administrasi yang berkaitan dengan pengelolaan air bervariasi antara negara-negara bagian dan wilayah, sehingga diperlukan kesadaran persyaratan yurisdiksi khusus.

Perizinan dan lisensi dapat menetapkan ketentuan operasi, termasuk kualitas, kuantitas dan waktu di mana air dapat diakses dan dilepaskan. Pedoman yang signifikan pada penerapan dan derivasi standar kepatuhan untuk kualitas air yang disediakan oleh Strategi Nasional Pengelolaan Kualitas Air (National Water Quality Management Strategy (NWQMS)).⁴ Regulator negara bagian dan teritori, serta industri menggunakan pedoman tersebut untuk mendapatkan kriteria pelepasan yang tepat.

Di kebanyakan negara bagian, alokasi air dilakukan secara berkala melalui interaksi dari lembaga kelompok koordinasi dan negara bagian setempat. Alokasi untuk industri pertambangan dapat diubah jika kondisi hidrologi dianggap telah berubah atau perkiraan sebelumnya dari hasil berkelanjutan dipertanyakan oleh data baru atau modeling. Representasi industri dalam proses perencanaan air sering melalui asosiasi industri negara bagian.

Air memainkan peran penting dalam lingkungan dan juga menyentuh berbagai aspek aktivitas manusia. Akibatnya, berbagai aspek pengelolaan air termasuk dalam sejumlah besar UU pemerintah, peraturan dan kebijakan di luar UU pokok air. Hal ini dapat menciptakan peraturan tumpang tindih yang menambah kompleksitas cara industri pertambangan mengakses dan mengelola air.

³ Western Australia tidak menandatangani NWI sampai dengan tahun 2006.

⁴ Strategi Pengelolaan Kualitas Air Nasional (National Water Quality Management Strategy), <http://www.environment.gov.au/water/quality/nwqms/index.html>.

Misalnya, negara-negara bagian melaksanakan kekuatan proteksi lingkungan penting yang dapat membatasi cara air dapat diambil dan digunakan jika mungkin berdampak merusak lingkungan. Kekuatan tersebut berbentuk persetujuan dan ketentuan proyek, serta persyaratan perizinan untuk pembuangan dan pelepasan air, terlepas dari kualitasnya.

Sampai Komisi Air Nasional (National Water Commission) dihapus pada tahun 2014, ulasan tiga tahunannya, *Cetak biru air Australia: penilaian reformasi nasional 2014 (Australian water blueprint: national reform assessment 2014)* (2014a NWC), merangkum perencanaan kerangka legislatif sumber daya air untuk setiap negara bagian dan teritori, dan kemajuan wilayah hukum terhadap komitmen NWI.

2.2 Pemerintah Australia

NWI (NWC 2004) adalah kerangka kerja utama untuk reformasi air nasional dan merupakan pusat peran Pemerintah Australia dalam pengelolaan dan pengaturan air. NWI memiliki asal-usul Reformasi Air Dewan Pemerintahan Australia (Council of Australian Governments Water Reform Framework) tahun 1994, yang mengakui perlunya pendekatan nasional pada tata kelola untuk penggunaan sumber daya air yang efisien dan berkelanjutan (COAG 1994).

Tujuan utama NWI adalah untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas penggunaan air dengan mengembalikan sistem alokasi air berlebih (overallocated) ke tingkat berkelanjutan dan untuk memungkinkan pengembangan pasar air dengan menyingkirkan hambatan perdagangan. Penting bagi NWI adalah pendekatan nasional yang konsisten dengan pengelolaan hak akses air. Pendekatan tersebut berusaha mendapatkan perubahan administratif dan legislatif di semua wilayah hukum agar sesuai dengan prinsip-prinsip umum, terutama untuk membatasi perubahan ekosistem permanen dan yang merugikan serta untuk mengatasi ketidakpastian pasokan untuk digunakan manusia.

Klausul 34 dari NWI mengakui bahwa sektor pertambangan dapat menghadapi keadaan khusus yang mungkin memerlukan pengaturan manajemen tertentu yang berada di luar lingkup NWI. Ini adalah pengakuan atas faktor-faktor seperti isolasi, jangka waktu proyek yang relatif singkat, masalah kualitas air dan kewajiban untuk memulihkan dan kompensasi dampak. Dalam beberapa tahun terakhir, Pemerintah Australia dan industri mineral telah berkolaborasi untuk mempertimbangkan lebih dekat cara-cara yang dapat mengintegrasikan industri pertambangan dengan NWI.

Selain NWI, Pemerintah Australia melakukan pengawasan dan pengaruh atas pengaturan dan pengelolaan air melalui *UU Air (Water Act) 2007* (Cwlth). UU yang khusus untuk Murray–Darling Basin tersebut, memberikan kepada pemerintah pengawasan atas pengisian air, aturan perdagangan dan pasar untuk sumber daya air yang didefinisikan.

Pemerintah Australia memiliki kekuatan di bawah *UU Perlindungan Lingkungan dan Konservasi Keanekaragaman Hayati th. 1999 (Environment Protection and Biodiversity Conservation Act 1999)* yang dapat mempengaruhi bagaimana air dapat diambil dan digunakan. UU diberlakukan di mana terdapat kegiatan yang cenderung memiliki signifikansi pada 'hal-hal penting lingkungan nasional' tertentu.

Pada tahun 2013, materi baru tentang signifikansi lingkungan nasional ditetapkan untuk gas lapisan batubara dan perkembangan pertambangan batubara besar yang secara signifikan dapat mempengaruhi sumber daya air. Proyek pertambangan yang termasuk dalam kategori ini tunduk pada penilaian dan izin Pemerintah Australia, yang dapat mencakup pertimbangan dampak kumulatif melalui penggunaan penilaian bioregional.

2.3 Hak-hak air dan UU Hak Adat (Native Title Act)

UU Hak Adat th. 1993 (Cwlth) mengakui dan melindungi hak-hak dan kepentingan yang dimiliki oleh orang-orang Aborigin dan Selat Torres dengan menyediakan mekanisme untuk penentuan hak adat atas suatu area tanah atau perairan. Hak adat mengacu pada hak-hak dan kepentingan yang dimiliki oleh orang-orang Aborigin atau Selat Torres atas tanah dan air yang berasal dari hukum dan kebiasaan tradisional mereka.

Hak adat berada dalam kaitannya dengan tanah dan air di mana ketentuan-ketentuan berikut terpenuhi:

- Hak dan kepentingan yang dimiliki di bawah hukum adat yang diakui dan kebiasaan tradisional saat ini diberlakukan oleh masyarakat adat yang bersangkutan, di mana hukum dan adat istiadatnya telah diakui dan diberlakukan tanpa gangguan berarti sejak pemukiman Eropa sampai sekarang.
- Masyarakat adat tersebut memiliki hubungan dengan daerah yang bersangkutan (termasuk perairan) oleh hukum adat istiadat dan kebiasaan.
- Hak dan kepentingan diakui oleh hukum umum Australia.

Hak adat yang berkaitan dengan air biasanya non-eksklusif dan umumnya terbatas pada hak penggunaan untuk kebutuhan pribadi, rumah tangga (domestik) atau komunal non-komersial, termasuk pemberlakuan hukum adat, budaya, ritual dan spiritual. Hak adat atas air mungkin mencakup samudera, laut, terumbu, danau, sungai dan perairan pedalaman yang tidak dimiliki secara pribadi.

Beberapa ketidakpastian tentang sifat yang tepat dari hak adat serta kepentingan di perairan darat dan lepas pantai tetap ada. Hak adat berdampingan dengan dan tunduk pada hak milik dan kepentingan non-adat yang secara sah diberikan di daerah hak adat. Luasnya hak-hak adat di daerah tertentu tergantung pada hukum adat dan kebiasaan dari mana mereka berasal dan tingkat dan sifat dari hak lain yang ada dalam kaitannya dengan daerah.

Di bawah rezim hukum masa depan dalam UU Hak Adat, sejumlah prosedur yang berbeda disediakan untuk memastikan bahwa tindakan yang dapat mempengaruhi hak adat ('undang-undang masa depan') dapat tetap berlaku. Suatu UU mempengaruhi hak adat jika UU tersebut memadamkan hak-hak atau kepentingan adat, atau jika tidak dinyatakan seluruhnya atau sebagian tidak konsisten dengan keberadaan yang berlanjut, penikmatan atau pelaksanaan dari hak-hak atau kepentingan tersebut. Hibah kepentingan, izin atau otoritas yang memungkinkan kegiatan pertambangan dan pengembangan mineral umumnya merupakan UU masa depan yang mempengaruhi hak adat.

Operasi harus melibatkan masyarakat adat setempat untuk mengelola permasalahan budaya, termasuk air, yang tidak secara ketat ditangani sebagai persyaratan hukum di bawah UU Hukum Adat (Native Title Act). Air dan alirannya melalui lanskap membentuk elemen penting dari apa yang mendefinisikan konsep 'negeri' bagi pemilik tradisional. Kegiatan pertambangan perlu memperhitungkan cara yang tepat untuk keterlibatan pada pengelolaan air yang mengenali dan mengakui sifat hubungan ini (lihat Bagian 5.2.2).

3.0 TATA KELOLA AIR KORPORASI

Pesan-pesan kunci

- Tata kelola air merujuk pada berbagai macam sistem politik, social, ekonomi and administratif yang ada untuk mengelola sumber daya air oleh pemerintah, korporasi dan individual.
- Dalam sebuah perusahaan, tata kelola dapat didefinisikan sebagai kumpulan dari otoritas, proses dan prosedur yang membimbing pengambilan keputusan perusahaan.
- Tata kelola juga meluas ke pengendalian yang ditetapkan pada tingkat situs guna memastikan memastikan agar operasi melaksanakan program air dan memenuhi kinerja dan kepatuhan tujuan.
- Pengelolaan air yang berhasil memerlukan akuntabilitas manajemen senior, tujuan air perusahaan yang perlu diamankan, serta akuntabilitas dan ukuran kinerja harus ditetapkan dengan jelas untuk memberikan hasil yang efektif.

Tata kelola air mencakup standar, sistem dan akuntabilitas untuk air yang ditetapkan oleh perusahaan individual, serta proses yang diperlukan untuk melibatkan dan mengkoordinasikan sumber daya dan tanggung jawab antara berbagai pemangku kepentingan di suatu daerah tangkapan.

Dalam sebuah perusahaan, tata kelola dapat didefinisikan sebagai kumpulan dari otoritas, proses dan prosedur yang membimbing pengambilan keputusan organisasi. Dewan perusahaan, yang pada akhirnya bertanggung jawab untuk kegiatan pertambangan, menetapkan harapan bagaimana air dikelola. Tujuan, sistem dan akuntabilitas yang jelas diperlukan bagi perusahaan untuk mematuhi komitmen airnya. Ini mencakup persyaratan hukum dan izin untuk sumber daya air serta perlindungan lingkungan, baik ditetapkan dalam undang-undang untuk semua operasi atau ditetapkan sebagai bagian dari ketentuan izin pada saat kegiatan operasi ini secara resmiizinkan. Hal ini juga mencakup standar internal perusahaan dan komitmen sukarela yang dibuat sebagai bagian dari berbagai prakarsa air regional, nasional maupun internasional.

Tata kelola juga meluas ke ketetapan pengendalian pada tingkat situs guna memastikan agar operasi melaksanakan program air dan memenuhi tujuan kinerja dan kepatuhan, seperti kepatuhan terhadap jadwal pengembangan tambang guna mencegah penyimpangan rencana, yang tak terkendali dan mahal. Operasi perlu mempertimbangkan dengan berhati-hati perencanaan *lead-time* (waktu sejak mulai sampai akhir operasi) yang tepat, desain operasional dan proses perbaikan yang mempertimbangkan banyak risiko air, antarmuka dan struktur pemerintahan. Pada akhirnya, pengelolaan air yang sukses membutuhkan akuntabilitas manajemen senior, dan tujuan air perusahaan perlu diwajibkan, serta akuntabilitas dan pengukuran kinerja ditetapkan dengan jelas untuk memberikan hasil yang efektif. Bagian 7 memberikan ikhtisar praktis pentingnya menetapkan tujuan yang jelas dan mengambil pendekatan berbasis risiko untuk pengelolaan air operasional.

3.1 Membangun kapasitas organisasional untuk petanagunaan air

Sebagaimana dibahas dalam Bagian 1, pendorong untuk risiko air telah menjadi lebih kompleks karena kompetisi untuk sumber daya air meningkat dan perusahaan pertambangan menghadapi tantangan teknis yang lebih besar dalam pengelolaan air. Perusahaan sekarang perlu mengelola kegiatan situs mereka dan dampaknya jauh di luar gerbang tambang dan untuk terlibat dengan pemangku kepentingan dan pembuat kebijakan tentang cara terbaik mengelola sumber daya air.

Pengelolaan air tambang mencakup sejumlah batasan fungsional, termasuk lingkungan, pengolahan, teknik, perencanaan tambang, masyarakat, dan hubungan dengan pemerintah. Pengelolaan air tambang juga dapat terfragmentasi, meluas sampai melewati situs individu atau beberapa situs di lingkungan daerah tangkapan. Pendekatan terpadu untuk pengelolaan air perlu dikembangkan sehingga tujuan, program dan akuntabilitas air jelas, serta peran dan tanggung jawab dipahami oleh fungsi dan situs yang berbeda.

Guna mengurangi risiko operasional dan strategis, perusahaan perlu secara internal mengkoordinasikan beberapa fungsi atau departemen, dan juga untuk terlibat dengan pemangku kepentingan eksternal, seperti masyarakat dan pemerintah. Manajemen kolektif tidak berarti bahwa akuntabilitas dan tanggung jawab untuk daerah tertentu tidak dapat diberikan. Tabel 4 memberikan ikhtisar umum berbagai tugas operasional yang melibatkan air dan area fungsional yang bertanggung jawab bagi mereka. Perhatikan bahwa ada beberapa tumpang tindih antara kelompok, dan bahwa tanggung jawab masyarakat akan bervariasi sesuai dengan kebutuhan situs.

Tabel 4: Tugas dan tanggung jawab khas untuk masing-masing tim yang mengelola air dalam kegiatan pertambangan.

AREA	TUGAS
Korporasi	Mengembangkan strategi air perusahaan untuk menyediakan arahan tentang air berjangka menengah sampai panjang dan dikaitkan dengan proses bisnis lainnya (mis. kepatuhan, standar perusahaan, audit dan pelaporan). Berinteraksi dengan pemerintah dan pemangku kepentingan lainnya pada pengelolaan air dan regulasi. Mengembangkan standar dan target yang tepat untuk mendorong kinerja pengelolaan air perusahaan.
Tim air situs	Mengangkat pembuat keputusan yang sesuai, dengan senioritas yang tepat, untuk mengambil akuntabilitas atas air. Mengembangkan model konseptual situs dan neraca air. Memberikan penilaian risiko dan pengelolaan air untuk sumber daya air operasional dan yang berhubungan dengan daerah tangkapan. Mengembangkan dan menerapkan strategi dan rencana air situs. Mencakup perwakilan dari fungsi kunci situs dengan akuntabilitas atas air. Memprioritaskan risiko air situs. Melibatkan staf yang berkualifikasi yang sesuai. Mengkoordinasikan kegiatan pelaksanaan di seluruh situs untuk mengurangi risiko air. Melibatkan para pemangku kepentingan pada permasalahan air berbasis daerah tangkapan dan situs. Melaporkan kemajuan dengan implementasi ke manajer umum situs.
Kegiatan pertambangan	Mengembangkan rencana pengelolaan air situs. Melibatkan para pemangku kepentingan pada permasalahan air berbasis daerah tangkapan dan situs. Mengelola penyimpanan, jalan raya dan drainase untuk memenuhi izin persyaratan peraturan. Mengelola pasokan air dan permintaan. Menerapkan pit dan memajukan pengeringan tambang. Mempersiapkan dan melaksanakan rencana penanggulangan banjir dan kekeringan. Menyediakan penyemprotan debu (biasanya jalan raya, timbunan stok dan konveyor). Menyediakan pencucian kendaraan (minor). Melakukan pemeliharaan bangunan dan pekerjaan. Menerapkan penutupan—air dan tailing. Menyediakan air pemadam kebakaran dan air minum. Memberikan teknik dan pemantauan serta pelaporan lingkungan.

AREA	TUGAS
Penanganan dan pemrosesan mineral	Memisahkan bahan mineral dari bahan lain (gangue). Mengelola tailing dan materi yang diapakir. Mengelola proses dan daur ulang air. Menyediakan penyemprotan debu—timbunan stok, konveyor dan drainase kawasan industri. Menyediakan teknik dan pemantauan dan pelaporan lingkungan.
Lingkungan dan masyarakat	Melakukan perencanaan rehabilitasi. Melakukan perencanaan penutupan. Menyediakan pemantauan aliran, pelepasan dan kualitas air, pelaporan dan penilaian. Menyediakan pemantauan, pelaporan dan penilaian lingkungan. Menyediakan pengelolaan ekosistem di lokasi dan di sekitarnya. Berpartisipasi dalam perencanaan air regional dan lokal. Berinteraksi dengan pemilik tradisi, LSM, dan pemangku kepentingan lainnya. Memberikan pelaporan korporasi—internal dan eksternal.

Praktik kerja unggulan melibatkan pengelolaan air yang terintegrasi di berbagai departemen melalui suatu badan pemerintah yang melaksanakan koordinasi atau seorang pakar penatagunaan air. Badan pemerintahan atau pakar tersebut memberikan kepemimpinan untuk air dan mengkoordinasi tindakan di berbagai fungsi operasional guna mengatasi masalah pengelolaan air berisiko tinggi dan berjangka panjang. Ketua badan pemerintahan atau pakar perlu seorang yang mengerti berbagai risiko air, ketidakpastian teknis dan peraturan, kepraktisan operasional dan tantangan logistik, serta mampu mempengaruhi hasil operasional dan perencanaan.

Investasi dalam tata kelola air oleh perusahaan akan tergantung pada tingkat risiko air yang dihadapi dan ukuran bisnisnya. Dalam perusahaan besar di mana air merupakan risiko yang signifikan, praktik kerja unggulan membutuhkan badan tata kelola air dan pakar air di tingkat perusahaan dan/atau tingkat bisnis dengan perwakilan dari semua departemen terkait untuk mengkonfirmasi peran air dan mengelola tanggung jawab. Dalam usaha kecil, air dapat dikelola oleh pakar air di tempat dan tercakup sebagai agenda utama dalam komite operasional atau lingkungan yang ada.

Di antara tugas-tugas lain, badan tata kelola atau pakar air bertanggung jawab untuk mengembangkan strategi air jangka panjang (lihat Bagian 7), serta untuk membuat keputusan, mengkoordinasikan tindakan di beberapa fungsi operasional, dan berkomunikasi dengan manajer yang tepat dan memantaunya untuk menanggulangi permasalahan pengelolaan air berisiko tinggi dan dalam jangka panjang.

Pada tingkat situs, penting untuk memiliki tim air yang fokus pada pelaksanaan strategi air situs melalui rencana air operasional. Tim memiliki perwakilan dari seluruh situs dan bekerja dengan wilayah operasional untuk melaksanakan program air yang dibutuhkan. Tingkat koordinasi air ini memastikan bahwa tidak ada duplikasi layanan, adanya perencanaan yang lebih efektif dan koordinasi lintas departemen, serta identifikasi risiko yang lebih jelas, sehingga program pengelolaan air lebih efektif. Layanan air atau kegiatan operasional pengiriman tertentu (seperti tim pengeringan tambang) biasanya terbaik terletak di area layanan atau pengiriman, dan konsolidasi fungsi air menjadi satu departemen operasional jarang dianggap tepat, seperti struktur organisasi harus dioptimalkan untuk bisnis inti pertambangan. Misalnya, pengoperasian ladang pengeboran (borefield) harus dikelola oleh tim yang bertanggungjawab untuk memberikan pasokan air dan tidak oleh suatu departemen lingkungan.

Personil situs juga membutuhkan pelatihan berkelanjutan dan dukungan untuk membangun kompetensi dalam akuntabilitas pengelolaan air mereka. Misalnya, mereka perlu memahami:

- bagaimana mengembangkan model situs konseptual untuk sumber daya air permukaan dan air tanah
- bagaimana mengelola neraca air situs dan bagaimana menggunakannya untuk memvalidasi informasi situs
- kriteria kualitas air dan tinjauan tentang program pengambilan sampel
- bagaimana pengelolaan air operasional sesuai dengan strategi air jangka panjang perusahaan atau situs
- bagaimana melibatkan para pemangku kepentingan air.

Perusahaan juga perlu membangun kapasitas dalam pemahaman mereka tentang sumber daya air regional dan potensi dampak dengan berinvestasi dalam penelitian tentang risiko air utama dan dengan mengembangkan kemitraan terfokus dengan organisasi yang memiliki kepakaran di area tersebut. Aspek-aspek ini juga dapat membentuk elemen kunci strategi air sebuah perusahaan atau bisnis.

3.2 Komitmen sukarela atas air

Selain bekerja dalam batas-batas peraturan untuk mengelola pengambilan, penggunaan, pelepasan dan kualitas air, perusahaan tambang berkomitmen untuk berbagai prakarsa sukarela atas air di tingkat nasional atau internasional guna memperbaiki penatagunaan air. Badan-badan industri pertambangan puncak pada tingkat negara bagian, nasional dan internasional, telah menjadi terlibat dalam prakarsa industri kolektif yang telah menyebabkan industri menjadi semakin bersedia untuk berinteraksi dalam permasalahan penatagunaan air. Juga, sejumlah prakarsa air berpengaruh pada tingkat global yang mendorong harapan pemegang saham, keuangan lembaga dan pemangku kepentingan lainnya tentang kinerja air.

3.2.1 Prakarsa industri air

Pada tahun 2014, Dewan Internasional Pertambangan dan Logam (Council on Mining and Metals (ICMM)) mengeluarkan Kerangka Kerja Penatagunaan Air (ICMM 2014), yang menetapkan arah atas penatagunaan air yang bertanggung jawab untuk perusahaan anggota, mencakup sejumlah perusahaan di Australia. Yang penting, kerangka kerja memajukan pendekatan holistik untuk mengatasi aspek sosial, lingkungan, operasional dan ekonomis dari pengelolaan air, dengan fokus yang kuat pada pentingnya untuk mengembangkan pendekatan daerah tangkapan guna memahami dan mengelola risiko air. Kerangka kerja ini menyediakan panduan pelaporan transparan, keterlibatan inklusif dengan masyarakat, pendekatan daerah tangkapan, dan pengembangan rencana pengelolaan situs air dan neraca air bagi perusahaan.

Studi kasus: Kerangka Kerja Penatagunaan Air ICMM

Kerangka kerja penatagunaan air ICMM menguraikan pendekatan industri umum untuk pengelolaan air dan mengakui bahwa air menghubungkan operasi kepada lanskap dan masyarakat sekitar. ICMM (2014) menetapkan alasan dan elemen kunci dari kerangka kerja:

Air merupakan salah satu masalah yang paling signifikan yang dihadapi oleh industri pertambangan dan logam serta merupakan sumber daya penting yang tidak hanya untuk semua anggota operasi kami, tetapi juga untuk industri lain, masyarakat dan lingkungan alam. Penatagunaan air memerlukan pendekatan manajemen berdasarkan pada usaha menemukan solusi yang bekerja untuk bisnis dan para pengguna air lainnya.

Kerangka Kerja Penatagunaan Air ICMM dibangun pada empat elemen kunci:

1. Transparan dan akuntabel
2. Terlibat secara proaktif dan inklusif
3. Mengadopsi pendekatan berbasis daerah tangkapan
4. Pengelolaan sumber daya air yang efektif.

Mendasari setiap elemen adalah serangkaian kegiatan yang dapat didukung oleh perusahaan. Se jauh mana mereka dibutuhkan dan diimplementasikan, tergantung pada tingkat risiko dan peluang di tingkat lokal. Kemajuan dalam pelaksanaan tersebut akan dilaporkan.

ICMM mengakui bahwa setiap perusahaan anggota berada pada tahap yang berbeda dalam perjalanan penatagunaan air. Kerangka kerja ini memberikan pengarahannya yang umum, titik konsisten rujukan dan bahasa yang sama untuk perusahaan anggota guna bersama-sama melanjutkan perjalanan penatagunaan air mereka.

Air juga merupakan area fokus utama bagi Dewan Mineral Australia (MCA). Sejak tahun 2012, perusahaan anggota MCA telah berkomitmen untuk suatu metode pelaporan publik yang konsisten tentang metrik air global utama sebagai bagian dari meningkatnya fokus MCA pada akuntansi air (MCA 2015). Metrik difokuskan pada input dan output air, dan selaras dengan Prakarsa Pelaporan Global. Fokus pada akuntansi air untuk memastikan bahwa laporan industri tentang input dan output air secara transparan dan konsisten. Pendekatan ini juga memungkinkan industri untuk meninjau dan meningkatkan praktik pengelolaan air situs. Kerangka Kerja Akuntabilitas Air untuk Industri Mineral (MCA 2014) sejak itu telah diperluas untuk memasukkan akuntabilitas atas berbagai kualitas air, dan hal ini akan diadopsi oleh perusahaan-perusahaan anggota selama tahun-tahun mendatang. Akuntabilitas air selanjutnya akan dibahas dalam Bagian 11.2.

Industri juga mendukung penelitian air oleh sejumlah organisasi untuk lebih memahami risiko yang timbul dari kekurangan atau kelebihan air, dampak kualitas air, dan risiko serta peluang yang terkait dengan dampak sosial dan lingkungan dari kegiatan pertambangan dan warisan. Sebagai contoh:

- Pusat Air di Industri Mineral dalam Institut Mineral Berkelanjutan (Sustainable Minerals Institute) University of Queensland didirikan pada tahun 2004 sebagai pusat penelitian air yang didanai bersama oleh industri dan pemerintah
- Dewan Asosiasi Penelitian Batubara (Australian Coal Association Research Council) adalah organisasi yang didanai oleh industri batubara yang mendukung penelitian pertambangan batubara, termasuk pengelolaan air
- Dewan Pendidikan Tinggi Mineral (Minerals Tertiary Education Council) adalah sebuah divisi dari MCA dan memajukan pengembangan pendidikan berkelas dunia untuk pertambangan dan profesional teknis.

Perusahaan juga mendukung berbagai pusat penelitian koperasi (CRC) yang berkaitan dengan air; misalnya, CRC CARE memberikan teknologi yang berfokus pada industri dan pedoman untuk penilaian dan pembersihan dari kontaminasi.

3.2.2 Prakarsa air global

Air semakin diakui sebagai risiko material oleh banyak perusahaan. Banyak prakarsa, metode dan pedoman pengelolaan air yang sedang dikembangkan oleh organisasi, termasuk sektor keuangan, guna membantu perusahaan mengelola risiko air. Tantangan bagi banyak perusahaan adalah untuk memahami alat-alat yang berguna atau praktis dalam menetapkan standar masa depan untuk pengelolaan air.

Semakin banyak prakarsa mulai untuk mengatasi masalah operasional dan strategis yang dihadapi oleh situs, bukan hanya merekomendasikan target pengurangan penggunaan air dan perbaikan kualitas air. Meskipun yang terakhir adalah tujuan pengelolaan air yang nalar, mereka mungkin tidak selalu mewakili tantangan yang lebih luas yang dihadapi oleh kegiatan pertambangan dan pemangku kepentingan lainnya di daerah tangkapan mereka.

Berikut ini empat dari prakarsa global yang lebih menonjol:

- **Proyek Air CDP** mewakili 822 investor institusi dengan aset sekitar US\$95 triliun yang mendorong transparansi yang lebih nyata pada permasalahan air perusahaan. Survei tahunan yang dikirim ke perusahaan mencakup semua dimensi risiko air, termasuk operasional, sosial, lingkungan, risiko keuangan dan rantai pasokan. Organisasi ini berencana untuk menilai perusahaan secara umum pada risiko air mereka.⁵
- **Dewan Bisnis Dunia untuk Pengembangan Air Global Berkelanjutan** membantu perusahaan untuk memetakan penggunaan air mereka serta menilai risiko relatif terhadap operasi mereka dan rantai pasokan. Hal ini membandingkan situs perusahaan dengan informasi air, sanitasi, populasi dan keanekaragaman hayati terbaik yang tersedia di negara bagian dan daerah berbasis aliran sungai.⁶
- **Aliansi untuk Penatagunaan Air (Alliance for Water Stewardship)** adalah skema sertifikasi air global bagi perusahaan yang bertujuan untuk memajukan praktik pengelolaan air yang baik. Hal itu membutuhkan pendekatan berbasis daerah tangkapan guna memahami risiko dan mendorong situs untuk memiliki peran yang kuat dalam keterlibatan di tingkat daerah tangkapan dan mempengaruhi hasil pengelolaan air yang bertanggungjawab.⁷
- **Mandat Air CEO (CEO Water Mandate)** adalah prakarsa yang didorong oleh PBB yang dirancang untuk membantu perusahaan dalam pengembangan, implementasi dan pengungkapan kebijakan dan praktik air yang berkelanjutan. Saat ini telah lebih terfokus pada pendekatan mewujudkan praktik kerja unggulan melalui lokakarya anggota dan pendekatan pelaporan air.⁸

5 CDP Water Project, <http://www.cdp.net>.

6 World Business Council for Sustainable Development, Global water tool, <http://www.wbcsd.org/work-program/sector-projects/water/global-water-tool.aspx>.

7 Alliance for Water Stewardship, <http://www.allianceforwaterstewardship.org>.

8 CEO Water Mandate, <http://ceowatermandate.org/disclosure>.

BAB III: PENGELOLAAN AIR DAERAH TANGKAPAN

Air adalah sumber daya yang digunakan bersama, dan manajer situs perlu memahami penggunaan air mereka sendiri, potensi dampak pada daerah tangkapan dan risiko bersama dengan pemangku kepentingan lain di wilayah ini dalam hal tata kelola air dan pengelolaan sumber daya air. Daerah tangkapan air dan dinamika regional semakin tercakup dalam pendekatan peraturan dan diperlukan untuk pengelolaan air tambang situs (Bagian 5). Untuk beberapa perusahaan, tantangannya adalah untuk mendapatkan akses ke air yang cukup dengan kualitas yang tepat untuk kegiatan situs di suatu wilayah dengan jumlah pengguna yang bersaing (termasuk industri yang berbeda, lingkungan dan masyarakat) dan potensi untuk mengurangi alokasi di masa depan. Untuk perusahaan lain, yang beroperasi di daerah terpencil jauh dari industri bersaing, konsentrasi kegiatan pertambangan di daerah tangkapan telah berkembang, mengarah ke tantangan tangkapan yang lebih luas, seperti dampak kumulatif yang terkait dengan penggunaan air, kualitas dan pelepasan air (Bagian 6). Sementara Bab III dari buku pegangan ini memberikan ikhtisar umum tentang perencanaan dan risiko hidrologi terkait daerah tangkapan, Bab IV melihat secara rinci pengelolaan interaksi daerah tangkapan dengan sistem operasional air tambang.

4.0 RISIKO AIR REGIONAL DAN AIR DAERAH TANGKAPAN

Pesan-pesan kunci

- Air adalah sumber daya yang diakses bersama, dan manajer situs perlu memahami penggunaan air mereka sendiri, potensi dampak pada daerah tangkapan dan risiko bersama dengan pemangku kepentingan lain di wilayah ini.
- Pendekatan berbasis daerah tangkapan mengambil pandangan holistik atas pengelolaan air di tingkat daerah tangkapan dan regional guna membantu mengidentifikasi risiko penatagunaan air bahan dan peluang.
- Tingginya tingkat kompleksitas dan keterkaitan risiko air mengharuskan perusahaan untuk memimpin atau berpartisipasi dalam pendekatan kolaboratif dengan pemangku kepentingan guna mengidentifikasi dan mengelola risiko dan peluang pada skala tangkapan.

Tingginya tingkat kompleksitas dan keterkaitan risiko air mengharuskan perusahaan untuk memiliki pemahaman yang lebih luas dari sumber daya air regional dan, bila sesuai, untuk berpartisipasi dalam pendekatan kolaboratif dengan pengguna air lainnya untuk mengidentifikasi risiko dan peluang serta untuk mengamankan solusi untuk tantangan pengelolaan air. Kebutuhan untuk memperhitungkan dan mengelola keadaan di luar gerbang tambang (dan sering untuk memperhitungkan faktor-faktor di luar kendali langsung tambang) memperkenalkan tingkat kompleksitas dan ketidakpastian yang mengandung implikasi signifikan bagi cara tambang berencana dan beroperasi.

Ini juga berarti bahwa operator tambang harus tahu bukan hanya tingkat geografis konteks operasi mereka, tetapi juga potensi perubahan seiring waktu. Perubahan temporal dapat mencakup perubahan dalam cara pengguna lain mengelola air, perubahan dalam harapan dan persepsi regulator dan pemangku kepentingan lainnya, atau bagaimana iklim berubah dan variabilitas iklim mempengaruhi daerah tangkapan. Kebutuhan untuk kesadaran yang lebih luas menimbulkan beberapa tantangan yang signifikan bagi kegiatan pertambangan pada cara mereka mengelola air dalam konteks daerah tangkapan, cara mereka merencanakan

untuk jangka panjang dengan mengingat dinamika ini, dan cara mereka terlibat dengan para pemangku kepentingan kunci dalam wilayah atau daerah tangkapan.

Kemampuan untuk mengelola risiko jangka panjang (5, 10 atau 20 tahun atau lebih) yang terkait dengan dinamika level regional dan daerah tangkapan merupakan tantangan, karena horizon perencanaan tambang perusahaan yang relatif berjangka pendek (1, 2 atau 5 tahun). Hal ini bahkan lebih sulit dalam keadaan ekonomi yang menantang, saat perusahaan fokus pada meminimalkan biaya dan memaksimalkan efisiensi.

Dalam lingkungan operasi yang menjadi semakin terkait pada tindakan pengelolaan air orang lain, penatagunaan menjadi tanggung jawab bersama, bukan hanya untuk operator pertambangan tetapi untuk semua pengguna air di daerah daerah tangkapan. Selain itu, kegagalan oleh salah satu kegiatan pertambangan untuk mengelola air secara bertanggung jawab akan merefleksikan reputasi industri secara keseluruhan dan khususnya pada operasi lain di kawasan yang sama atau DAS. Tantangan utama bagi kegiatan pertambangan kemudian menjadi keseimbangan yang tepat antara penatagunaan air di seluruh daerah tangkapan dan memastikan bahwa upaya mereka sebanding dengan risiko yang ditimbulkan oleh kegiatan pengelolaan air tambang dan dampaknya.

4.1 Pendekatan berbasis daerah tangkapan

Pendekatan berbasis daerah tangkapan mengambil pandangan holistik dan terpadu dari dampak pengelolaan air di tingkat daerah tangkapan dan regional untuk membantu mengidentifikasi risiko materi penatagunaan air. Pendekatan ini menganggap aset air utama, dan juga aset nilai lingkungan, sosial dan ekonomi tinggi yang dapat terpengaruh oleh pengelolaan air, serta menganggap pengguna air yang ada dan, sebanyak yang dapat terlihat di masa depan, pengguna air di masa mendatang dan kondisi. Semua komponen siklus air hidrologi, termasuk air permukaan dan sumber daya air tanah, perlu dipertimbangkan untuk pengelolaan air yang bertanggung jawab.

ICMM telah mengidentifikasi adopsi pendekatan berbasis daerah tangkapan sebagai elemen utama dari Kerangka Kerja Penatagunaan Air (dibahas dalam Bagian 3). Untuk mendukung pekerjaan ini, *Panduan praktis untuk pengelolaan air berbasis daerah tangkapan untuk industri pertambangan dan logam (A practical guide to catchment-based water management for the mining and metals industry)* (ICMM 2015) berusaha untuk memungkinkan pemahaman yang lebih baik dari relevansi dan manfaat mengadopsi pendekatan berbasis daerah tangkapan guna manajemen risiko air dan untuk membantu perusahaan dalam menentukan dan memberikan strategi manajemen risiko air mereka sendiri yang mengakomodir karakteristik tertentu dari tambang individu dan DAS.

Daerah tangkapan tidak selalu mudah didefinisikan. Air permukaan dan interaksi tanah sering dapat mengaburkan definisi daerah tangkapan. Di beberapa lokasi, medan kurang membantu untuk menjelaskan identifikasi daerah tangkapan. Namun, prinsip-prinsip penting yang mendasari pendekatan manajemen berbasis daerah tangkapan adalah agar kegiatan pertambangan yang menyadari konteks lokal dan regional di mana mereka beroperasi dan bahwa pertimbangan mereka yang diperhitungkan dalam penilaian risiko untuk pengelolaan situs air mereka.

4.2 Apakah yang dimaksud dengan pendekatan berbasis daerah tangkapan pada pengelolaan air?

Melaksanakan pendekatan berbasis daerah tangkapan untuk pengelolaan air membantu dalam membuat konsep dan menangani tantangan sumber daya air yang kompleks.⁹ Pendekatan seperti terlihat pada kegiatan dan permasalahan di daerah tangkapan secara keseluruhan, dan bukan mempertimbangkan berbagai aspek secara terpisah. Hal ini membutuhkan beragam proses yang harus diperhitungkan, termasuk hidrologi dan penggunaan lahan, selain juga dinamika politik, ekonomi, sosial dan ekologi yang lebih luas yang mempengaruhi penggunaan, ketersediaan dan kualitas air. Hal ini mendorong organisasi untuk mempertimbangkan secara holistik bagaimana

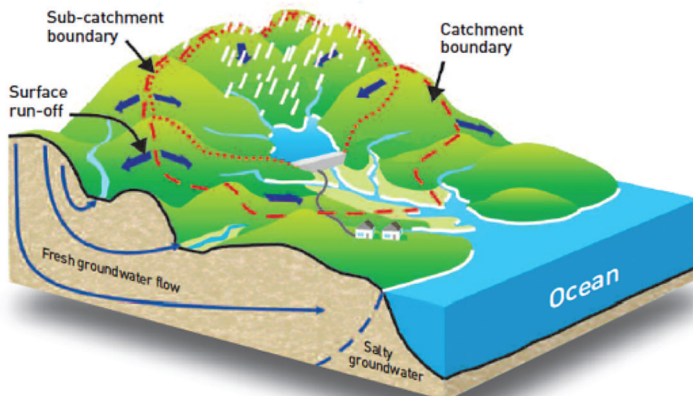
⁹ Bagian ini berdasarkan ICMM (2015:15)

tuntutan yang bersaing pada sumber daya air dari berbagai pemangku kepentingan (pengguna air rumah tangga, industri, regulator, politisi) dapat menimbulkan tekanan dan membawa konflik jika tidak dikelola dengan tepat. Hal ini juga mensyaratkan bahwa orang dari berbagai sektor dikumpulkan bersama-sama untuk mengidentifikasi masalah, menyepakati prioritas untuk tindakan dan akhirnya membangun kemitraan lokal guna merealisasikan tindakan tersebut.

Kegiatan pertambangan dan logam tidak saja mempengaruhi sumber daya air, tetapi juga dipengaruhi oleh kegiatan di daerah tangkapan yang mungkin di luar kendali langsung mereka. Jelaslah, bahwa kegiatan pertambangan dan logam, berdasarkan jejak fisik maupun penggunaan air melalui penyedotan, pengolahan dan proses pembuangan, dapat mengubah dinamika daerah tangkapan. Namun, perusahaan tambang dan logam juga dapat dipengaruhi oleh dinamika fisik dan sosial ekonomi di daerah tangkapan.

Karakteristik daerah tangkapan, seperti tingkat ketersediaan, kualitas dan penyedotan air, semuanya dapat mempengaruhi kegiatan pertambangan dan logam. Sementara dinamika ini mungkin tampak jelas, sesungguhnya sangat kompleks dan memerlukan pemahaman yang relatif luas dari banyak tekanan dan persaingan pada sumber daya air dari berbagai pengguna. Tekanan sosial, prioritas pembangunan dan perubahan kebijakan nasional, regional atau lokal, juga dapat mempengaruhi operasinya. Pendekatan berbasis daerah tangkapan untuk pengelolaan air berusaha untuk menarik perhatian pada sifat kompleks dari risiko air dan mengidentifikasi pilihan respons dalam kasus di mana timbul risiko, atau membutuhkan tindakan, di luar batas-batas operasional tambang.

Gambar 3: Contoh diagram dari sebuah daerah tangkapan



Sumber: Diadaptasi dari situs web Asosiasi Daerah Aliran Sungai Utara dan Selatan (North and South Rivers Watershed Association) (<http://www.nsrwa.org>), seperti dikutip dalam ICM (2015:15).

5.0 PERENCANAAN DAERAH TANGKAPAN DAN PEMANGKU KEPENTINGAN UTAMA

Pesan-pesan kunci

- Manajemen daerah dan daerah tangkapan mengakui bahwa air adalah sumber daya bersama antara pengguna dan lingkungan, kini dan di masa depan.
- Fokus regulasi pada dampak pertambangan dan praktik pengelolaan air pada skala regional dan daerah tangkapan semakin meningkat.
- Selain persyaratan hukum pada pengelolaan air kegiatan pertambangan, pengaturan kelembagaan di daerah tangkapan dapat memainkan peran penting dalam bagaimana persyaratan diterapkan, ditafsirkan dan ditegakkan.
- Instansi-instansi pemerintah dan daerah tangkapan dinamis dalam pengembangan kebijakan mereka, dan kegiatan pertambangan perlu secara dini dan sering terlibat dengan instansi.
- Keterlibatan dan partisipasi pemangku kepentingan adalah sarana untuk mengakui masalah yang menjadi perhatian dan berbagai persepsi terhadap seberapa baik pengelolaan air dilakukan oleh kegiatan pertambangan.
- Air dan alirannya melalui lanskap membentuk elemen penting konsep ‘negeri’ bagi pemilik tradisional. Kegiatan pertambangan perlu mempertimbangkan cara keterlibatan yang tepat terhadap pengelolaan air yang mengenali dan mengakui sifat hubungan tersebut.
- Perusahaan pertambangan perlu mengenali hubungan yang lebih luas dan ketegangan antara penggunaan air mereka dan penggunaan air oleh sektor lain, seperti energi dan produksi pangan, serta faktor interaksi tersebut ke dalam penilaian risiko untuk pengelolaan air dalam lingkungan daerah tangkapan.

Dalam dua dekade terakhir, telah muncul perhatian regulasi pada dampak regional skala daerah tangkapan (yaitu, pada skala spasial dan temporal yang lebih besar dari kegiatan pertambangan individual). Di mana kegiatan pertambangan telah menjadi semakin terkonsentrasi atau di mana persaingan untuk sumber daya air dengan pengguna air lainnya telah meningkat, fokus ini telah menyebabkan pengawasan yang lebih ketat terhadap dampak kegiatan pertambangan dan praktik pengelolaan air mereka pada skala daerah tangkapan.

Konsep penilaian berbasis daerah tangkapan sumber daya air merupakan hal yang sangat penting bagi NWI (NWC 2004). Perubahan legislatif baru-baru ini yang sesuai dengan NWI telah memberikan pengakuan hukum terhadap kebutuhan untuk menyediakan air bagi keperluan lingkungan sebagai bagian penting dari menetapkan batas alokasi daerah tangkapan dan jumlah air yang tersedia untuk maksud konsumtif.¹⁰

Sejumlah faktor lain telah memberi kontribusi pada pengembangan fokus daerah tangkapan yang lebih luas dalam regulasi. Ini mencakup munculnya keanekaragaman hayati dan layanan ekosistem sebagai konsep yang berpengaruh dalam menilai kontribusi ekosistem guna kesejahteraan manusia dan pertimbangan dampak aktivitas manusia pada kesehatan ekosistem serta kemampuannya untuk terus memberikan layanan ini. Buku pegangan praktik kerja unggulan *Manajemen keanekaragaman hayati* (DIIS 2016) membahas berbagai aspek pengelolaan keanekaragaman hayati yang sama-sama relevan dalam konteks penatagunaan air.

¹⁰ Lihat Bagian 6.7 untuk keterangan lebih lanjut tentang arus lingkungan.

Pengelolaan keanekaragaman hayati mengakui pentingnya totalitas gen, spesies dan ekosistem di suatu daerah. Hal ini penting untuk memastikan ketahanan ekosistem dan untuk menjaga pendekatan layanan ekosistem yang tepat untuk pertimbangan interaksi utama dalam ekosistem dan dampak manusia pada ekosistem di skala daerah tangkapan. Pendekatan ekosistem melibatkan persyaratan untuk mempertimbangkan hubungan pada tingkat multidisiplin ilmu, seperti dengan mengakui hubungan antara kesehatan ekosistem dan jasa budaya (seperti rekreasi, estetika dan kegiatan spiritual).

Munculnya kedua konsep ini telah mengakibatkan regulator berusaha untuk mengatur dampak berskala regional dan daerah tangkapan melalui fokus pada kegiatan pertambangan individu. Misalnya, regulator telah berusaha untuk mengelola dampak keanekaragaman hayati melalui pengembangan kebijakan kompensasi. Kebijakan tersebut berusaha untuk mengidentifikasi dampak pada jumlah, jenis dan kualitas habitat yang dipengaruhi oleh perkembangan dan untuk mengimbangi efek netto melalui keuangan atau dalam bentuk kompensasi yang akan mengarah langsung ke perbaikan jangka panjang dalam keanekaragaman hayati dan paling sering dikaitkan dengan jenis habitat yang terkena dampak.

Baru-baru ini, regulator telah mempertimbangkan bagaimana beberapa pengelola air mungkin perlu untuk bersama-sama mengelola dampak pada aset berskala regional. Konsep bahwa beberapa operasi, apakah semata-mata pertambangan atau pertambangan dalam kombinasi dengan kegiatan ekonomi lainnya, dapat memiliki dampak kumulatif telah mendapatkan dukungan yang lebih luas. Regulator lingkungan umumnya memerlukan pendukung untuk memperhitungkan dampak terhadap aset lingkungan yang dihasilkan dari dampak tambahan dari proposal saat ditambahkan ke proposal yang lalu, yang sudah ada dan yang akan datang yang dapat diprediksi. Ini merupakan tugas yang kompleks, karena mungkin memerlukan akses ke aset yang berada di luar sewa pertambangan dan akses ke informasi yang tidak dalam ranah publik.

Dalam hal untuk menghindari dampak terhadap aset penting atau mengambil tindakan mitigasi guna meminimalkan dampak, kemampuan pemberi dampak (impactor) tunggal untuk mengelola dampak kumulatif mungkin terbatas. Pengakuan ini muncul dari kebutuhan untuk lebih memudahkan tanggapan kolaboratif dampak kumulatif yang para pemberi dampaknya memikul tanggung jawab kolektif untuk mengelola dampak. Sementara kebutuhan untuk mengelola susunan tertentu dan konsentrasi aset bernilai tinggi di kawasan daerah tangkapan harus mendorong pengembangan yang tepat, jalur yang sesuai untuk tujuan guna mengelola jenis-jenis dampak tersebut, cara dan sarana untuk memfasilitasi respons kolaboratif untuk dampak kumulatif masih relatif belum matang.

Namun demikian, konsep dampak kumulatif menekankan perlunya pemrakarsa proyek untuk mengembangkan pemahaman yang luas terhadap aset lingkungan dalam daerah tangkapan mereka dan dari cara proyek mereka dapat berinteraksi dengan pengguna air lainnya dalam kawasan daerah tangkapan untuk mempengaruhi aset-aset tersebut.¹¹ Mengembangkan pemahaman ini tidak harus membutuhkan survei lengkap daerah. Persyaratan untuk memahami dampak kumulatif dari proyek baru harus proporsional dengan aset lingkungan berisiko, dan dengan demikian upaya untuk memahami dampak daerah tangkapan harus berpusat pada bagaimana aset mereka terpengaruh oleh hidrologi dan arus tangkapan, jangka waktu di mana dampak dapat diamati, dan bagaimana dapat mempengaruhi keanekaragaman hayati dan layanan ekosistem.

Karena kegiatan ekonomi dan hidrologi daerah tangkapan sangat dinamis, regulasi dan pengelolaan dampak kumulatif harus mampu beradaptasi dengan kegiatan tersebut. Ketidakpastian tentang sifat dan tingkat dampak kumulatif cenderung untuk mendorong pendekatan pencegahan untuk regulasi. Oleh karena itu penting untuk memastikan bahwa rezim peraturan mengidentifikasi ketidakpastian karena berkaitan dengan aset yang disepakati yang bernilai tinggi dan berusaha untuk menempatkan pendekatan awal menggunakan informasi yang tidak lengkap.

¹¹ Lihat Bagian 8.5 untuk diskusi tentang dampak kumulatif dan interaksi antara operasional sistem air tambang dan daerah daerah tangkapan.

Pendekatan manajemen adaptif (dibahas dalam Bagian 7) dapat mengelola dinamika dan ketidakpastian sambil membangun pengetahuan seiring waktu dengan mendorong peningkatan pemantauan dan investasi dalam penelitian serta pengembangan di mana aset lingkungan yang berisiko rusak. Pendekatan manajemen adaptif tidak baru. Namun, ada kebutuhan untuk menjelajahi bagaimana pendekatan kolaboratif dengan perusahaan lain, regulator dan pemangku kepentingan utama dapat secara efektif mengelola dampak kumulatif melalui manajemen adaptif.

Pendekatan lain untuk mengelola dampak kumulatif yang telah memiliki beberapa keberhasilan adalah melalui mekanisme pasar di mana kemampuan untuk batasan dan perdagangan (cap and trade) 'hak untuk dampak' membangun dalam insentif untuk mengurangi dampak. Ini telah menjadi paling menonjol di Skema Perdagangan Salinitas di Upper Hunter Valley (Upper Hunter Valley Salinitas Trading Scheme) (lihat studi kasus). Pendekatan ini sesuai keadaan yang mendukung pasar (yaitu, terdapat cukup pembeli dan penjual) dan di mana batasan dan perdagangan dapat didefinisikan. Pendekatan ini tepat untuk mengelola dampak pada reseptor tunggal, tetapi terbatas dalam penerapannya untuk mengelola dampak pada beberapa aset.

Studi Kasus: Skema Perdagangan Salinitas Hunter River— mengelola dampak kumulatif

Skema Perdagangan Salinitas di Upper Hunter Valley adalah mekanisme berbasis pasar yang khas, yang dirancang untuk mengelola dampak kumulatif dari kegiatan industri pada tingkat salinitas di Hunter River.

Bagian atas Hunter Valley di New South Wales merupakan lokasi pertambangan batubara yang luas, stasiun pembangkit listrik tenaga batu bara, dan industri pertanian yang beragam, bagian yang mengandalkan Hunter River untuk irigasi. Pertambangan batubara perusahaan di kawasan ini mencakup Glencore, Peabody Energy, Peabody Energy, Coal and Allied, Anglo American dan BHP Billiton.

Daerah tangkapan Hunter Valley tentu saja mengandung garam/salin. Sementara lebih dari 75% dari salinitas di Hunter River adalah hasil dari proses alam, kegiatan industri seperti pertambangan dan stasiun pembangkit listrik menyumbang sekitar 10% sampai 20% dari salinitas sungai. Pertambangan batubara di wilayah ini sering saling menyilang akuifer garam dan mengekspos batu garam untuk limpasan di situs. Sementara air garam dapat digunakan di tempat untuk tujuan seperti penyemprotan debu, kelebihan air kadang-kadang perlu dibuang. Generator listrik tenaga batu bara menggunakan air sungai untuk pendinginan dan produksi uap, yang mengarah ke konsentrasi air garam, yang mungkin juga membutuhkan pelepasan dari situs.

Sebelum skema itu diperkenalkan, industri ini diizinkan untuk melepaskan volume rendah air garam yang berlebih terus menerus. Namun, hal ini menyebabkan meningkatnya kadar salinitas di sungai selama periode aliran rendah, sehingga berdampak pada pertanian, seperti berkurangnya padang rumput dan pertumbuhan tanaman.

Skema Perdagangan Salinitas di Upper Hunter Valley telah dikembangkan untuk membatasi pelepasan air garam selama periode sungai tinggi mengalir saat tingkat salinitas latar belakang jauh lebih rendah dan air pelepasan dengan cepat diencerkan. Jumlah total garam yang dapat dibuang selama periode ini juga dibatasi untuk memastikan agar target salinitas terpenuhi.

Untuk pelepasan air ke sungai, operasi harus memegang kredit salinitas. 1.000 kredit salinitas yang dapat diperdagangkan di bawah skema yang berlaku selama 10 tahun. Setiap dua tahun, 200 kredit berakhir dan 200 lain dijual pada pelelangan. Setiap kredit memungkinkan pemegang untuk 0,1% pelepasan dari total pelepasan garam yang diijinkan, yang dihitung berdasarkan rata-rata aliran sungai dan tingkat latar belakang salinitas.

Skema ini secara resmi diperkenalkan pada tahun 2002, menindaklanjuti percobaan dan skema percontohan. Sebuah tinjauan dari skema yang dilakukan pada 2014 menemukan bahwa, sejak skema tersebut dimulai, target salinitas belum melebihi kecuali mengikuti periode kering yang panjang saat salinitas terutama bersumber dari proses difusi atau alami, seperti dari air tanah.



Hunter River dan daerah tangkapan sekitarnya.

Sumber: NSW EPA (2013).

5.1 Lembaga berbasis daerah tangkapan

Pengaturan kelembagaan di daerah tangkapan atau wilayah dapat memainkan peran penting dalam menentukan bagaimana persyaratan hukum untuk pengelolaan air diterapkan, ditafsirkan dan ditegakkan. Instansi pemerintah dan departemen yang berkepentingan dengan pengelolaan air dapat lebih menetapkan ketentuan operasi melalui peraturan, peraturan khusus (by-laws), pedoman dan kebijakan, banyak di antaranya daerah atau bahkan daerah tangkapan tertentu.

Lembaga dan departemen mengembangkan dan menafsirkan kebijakan secara dinamis, Mereka mengantisipasi munculnya tren pengelolaan air dan tantangan kebijakan serta menanggapi keadaan tertentu yang muncul. Fungsi mereka dan personil mereka berubah seiring waktu.

Kadang-kadang, teknologi baru atau pendekatan baru untuk pengelolaan air dapat mengekspos ketidakpastian tanggung jawab regulasi atau, sebaliknya, daerah di mana peraturan saling tumpang tindih. Efek total interaksi kelembagaan ini menetapkan konteks di mana tambang harus beroperasi. Konteksnya tidak hanya menegaskan persyaratan pengelolaan air karena berlaku untuk daerah tangkapan atau wilayah, tetapi juga menetapkan ketentuan di mana para pemangku kepentingan lainnya mengembangkan dan menentukan harapan mereka terhadap pengelolaan air.

Kegiatan pertambangan perlu berhati-hati mempertimbangkan daerah tangkapan dan konteks regional di mana mereka beroperasi, mengidentifikasi risiko pengelolaan air terkait dan menyediakan baik sumber daya yang cukup maupun akuntabilitas yang jelas untuk fungsi yang berkaitan dengan identifikasi risiko dan respons. Memang, dinamika ini juga harus dipertimbangkan pada tahap perencanaan tambang untuk memastikan bahwa faktor-faktor ini tidak menyajikan kesalahan fatal untuk proyek dan untuk memastikan bahwa pilihan diidentifikasi sejak dini untuk mempertanggungjawabkannya.¹²

Di mana tanggung jawab regulasi tidak pasti atau berubah-ubah, kegiatan pertambangan harus terlibat dengan instansi terkait sejak dini dan sering serta bekerja dengan mereka menanggapi pengelolaan air yang tepat. Hal ini juga sesuai dalam situasi tersebut untuk secara sukarela berbagi pengalaman industri pertambangan pada perubahan regulasi yang tepat.

Pengaturan daerah tangkapan dan kelembagaan melampaui badan pengatur yang memiliki keterlibatan langsung dalam pengelolaan air tambang. Peraturan lingkungan pada pengelolaan potensi dampak yang dihasilkan dari cara air diabstraksi, dikelola dan dibuang merupakan hal yang penting, tetapi regulator lainnya juga penting dalam menentukan batasan atau sejauh mana pengelolaan air tambang dapat terlaksana. Misalnya, lembaga yang bertanggung jawab untuk regulasi pertambangan mungkin memiliki peran dalam menentukan peraturan dan pedoman untuk penyimpanan tailing dan manajemen, serta pengelolaan air pada penutupan tambang. Lembaga kesehatan juga mungkin memainkan peran dalam dampak pada kualitas air, terutama di mana air yang akan digunakan untuk minum mungkin dapat terpengaruh. Demikian pula, utilitas air publik dan swasta yang terlibat dalam memberikan pelayanan air minum dan air limbah di daerah tangkapan mungkin memiliki by-laws, pedoman atau kebijakan tertentu yang perlu dipertimbangkan saat merencanakan dan mengelola air untuk operasi tambang.

Kegiatan pertambangan juga harus menyadari adanya badan-badan federal dan negara lain yang memiliki kepentingan di daerah tangkapan atau wilayah. Misalnya, kepentingan industri lain yang berbagi sumber daya air yang tersedia dengan pertambangan, seperti pertanian, diwakili oleh instansi pemerintah masing-masing, dan badan-badan tersebut mungkin berpengaruh dalam pengambilan keputusan dan perencanaan untuk sumber daya air, namun mungkin mereka tidak memiliki kebutuhan spesifik pertambangan. Banyak daerah juga diwakili oleh badan-badan pembangunan regional yang aktif, yang kepentingannya untuk mempromosikan pembangunan ekonomi dan sosial daerah. Badan-badan sering penting bagi prakarsa pembangunan ekonomi wilayah tertentu sehingga mungkin memiliki beberapa kaitan pada kepentingan pengelolaan air dari tambang individu.

Pemerintah daerah dapat memainkan peran multistap dalam pengelolaan air dan perencanaan di daerah tangkapan tertentu. Perencanaan, drainase dan penyediaan pelayanan air minum dan air limbah semuanya merupakan aspek pengelolaan air resapan yang perlu dipertimbangkan dan yang mungkin diatur oleh peraturan daerah dan by-laws.

Australia juga ditandai dengan badan-badan pengelolaan daerah tangkapan (dikenal di beberapa negara seperti dewan pengelolaan sumber daya alam), yang bervariasi dalam nama, struktur, fungsi, wewenang, pelaporan dan pengaturan sumber daya mereka, tergantung pada yurisdiksi. Semua aspek dari badan pengelolaan daerah tangkapan ini terpengaruh oleh perubahan besar dan cepat, sehingga sangat dianjurkan untuk mencari nasihat dari badan administrasi pemerintah negara bagian yang relevan terhadap daerah tangkapan dan tugas-tugas pengelolaan air yang akan dilakukan oleh operasi tambang.

12 Lihat Bagian 8 untuk rincian lebih lanjut tentang interaksi sistem operasional tambang air dengan sumber daya air yang lebih luas dari daerah tangkapan.

5.2 Perencanaan pengelolaan regional dan daerah tangkapan

Sebagian besar wilayah dan daerah tangkapan di Australia tunduk pada perencanaan pengelolaan berskala regional dan daerah tangkapan. Rencana pengelolaan regional dan daerah tangkapan umumnya mengadopsi rentang cakrawala lama dari 10 tahun atau lebih, dengan tinjauan periodik selama kehidupan rencana tersebut. Rencana tersebut membantu untuk menilai situasi saat itu dan yang diinginkan untuk kuantitas air, kualitas air, integritas lingkungan dan tujuan pembangunan ekonomi dan sering mengajukan seperangkat langkah-langkah untuk mencapai situasi yang diinginkan. Tindakan-tindakan tersebut dapat mencakup batas alokasi daerah tangkapan yang dimaksud, pendekatan untuk alokasi air, seperti perizinan atau masalah dan perdagangan hak akses air, serta respons yang telah disepakati pada ketersediaan musiman. Tindakan-tindakan lain mencakup pengaturan pemantauan, denda dan sanksi, protokol komunikasi, serta resolusi konflik dan prosedur naik banding.

Kegiatan pertambangan harus menyadari kesempatan yang diberikan oleh rencana pengelolaan regional dan daerah tangkapan untuk lebih menginformasikan identifikasi dan definisi risiko daerah tangkapan untuk operasi mereka dan untuk memastikan bahwa rencana tersebut membuat cadangan yang memadai untuk kegiatan pertambangan saat itu dan perkembangan masa depan. Bagi banyak kegiatan pertambangan yang beroperasi di daerah tangkapan yang terisolasi dan di mana sumber daya air tidak sepenuhnya dialokasikan, rencana pengelolaan regional dan daerah tangkapan menyediakan konteks yang berguna untuk mempertimbangkan risiko tingkat tangkapan. Rencana memadukan informasi daerah tangkapan yang relevan (termasuk informasi hidrologi), mengidentifikasi permasalahan risiko tertinggi dan prioritas manajemen, serta mengindikasikan munculnya permasalahan yang relevan dengan daerah tangkapan, termasuk persyaratan peraturan yang berkembang. Di mana kegiatan pertambangan terdapat dalam sistem yang sepenuhnya atau hampir sepenuhnya dialokasikan, operasi akan perlu melibatkan diri dalam perencanaan daerah tangkapan untuk memastikan bahwa kepentingannya dipertimbangkan secara patut.

Yang paling kompleks, perencanaan manajemen skala regional dan daerah tangkapan mencapai skala dan tingkat detail yang dicontohkan di Murray–Rencana Basin dari Otorita Daling Basin (Murray–Darling Basin Authority's Basin Plan), yang mencakup salah satu sistem sungai terbesar di dunia dan melintasi wilayah hukum dari empat negara bagian dan satu teritori (MDBA 2012). Rencana tersebut memberikan pendekatan yang terkoordinasi untuk penggunaan air di seluruh cekungan (basin), berusaha untuk mencapai neraca antara pertimbangan lingkungan, ekonomi dan sosial, dan secara khusus diaktifkan oleh *UU Air (Water Act) 2007*.

5.3 Pemangku kepentingan utama atas daerah tangkapan

Manajemen regional dan daerah tangkapan mengakui bahwa air adalah sumber daya bersama antara pengguna dan lingkungan, kini dan di masa depan. Cara air dikelola juga dapat memiliki dampak pada aset sosial, lingkungan dan ekonomi. Kegiatan pertambangan jarang beroperasi dalam isolasi, dan dampak dari praktik pengelolaan air mereka, baik yang nyata maupun dirasakan, perlu dipertimbangkan dan dibentuk dengan mengingat konteks yang lebih luas.

Dengan meningkatnya publisitas seputar alokasi air di seluruh Australia, kesadaran konsekuensi kekeringan ekstim dan banjir, kekhawatiran tentang dampak kualitas air, dan diskusi tentang perubahan iklim dan variabilitas iklim telah memfokuskan perhatian masyarakat pada ketersediaan air dan kualitas air, serta di mana dan bagaimana air digunakan. Oleh karena itu, kegiatan pertambangan memiliki kebutuhan yang meningkat untuk secara memadai menjadi sumber daya identifikasi dan manajemen risiko yang berhubungan dengan air sedemikian rupa sehingga mengakui hubungan ini ke daerah tangkapan dan daerah yang lebih luas.

Dalam akun air nasional tahun 2012-13, sektor mineral bertanggung jawab untuk kurang dari 2,9% netto konsumsi air Australia (ABS 2013). Sementara pengguna yang relatif kecil di tingkat nasional, tambang dapat menjadi pengguna air yang signifikan atau memiliki dampak signifikan pada tingkat lokal atau regional. Misalnya, di Western Australia, pertambangan menyumbang 36% dari total volume yang diizinkan (termasuk air permukaan dan air tanah) (Dow 2014).

Pada kriteria nilai tambah murni (dolar yang dihasilkan per megaliter air yang digunakan), tambang dan pengolahan mineral menambah nilai keuangan secara signifikan lebih dari sebagian besar yang digunakan oleh pertanian (ACIL Tasman 2007). Namun, karena pasar air telah berurat-akar, beberapa tanaman tertentu yang ada di daerah tangkapan tertentu sekarang juga mencapai tingkat tinggi nilai-tambah air yang digunakan (Morison 2014).

Konsentrasi penggunaan air industri tambang di suatu daerah atau daerah tangkapan penting dalam membentuk persepsi pemangku kepentingan terhadap penggunaan yang bertanggung jawab dan pengaturan pembagian yang tepat antara beberapa pengguna, termasuk lingkungan. Dampak regional dan tingkat daerah tangkapan pada sumber daya air dan dampak gabungan dari pengelolaan air pada lingkungan, sosial dan ekonomi regional membutuhkan pengakuan dan respons.

Keterlibatan dan partisipasi pemangku kepentingan adalah cara mengenali persepsi yang berbeda-beda bagaimana kegiatan pertambangan mengelola air, dan keterlibatan sejati adalah suatu kondisi untuk mencapai pengelolaan sumber daya air yang efektif. Tindakan yang diambil tanpa keterlibatan penerima manfaat atau yang terpengaruh mengurangi peluang sukses.

Pemangku kepentingan dapat didefinisikan secara amat luas. Mereka termasuk para pengguna air langsung dan tidak langsung atau potensi pengguna air; regulator dan instansi pemerintah terkait lainnya; masyarakat sekitar; pemilik tradisional; dan LSM yang berkepentingan dengan dampak praktik-praktik pengelolaan air. Identifikasi pemangku kepentingan utama membutuhkan penilaian hati-hati tentang aset apa yang mungkin akan terpengaruh (atau bahkan dianggap terpengaruh) oleh praktik-praktik pengelolaan air dari kegiatan pertambangan, diikuti dengan penentuan strategi keterlibatan yang proporsional dengan risiko pemangku kepentingan.

Air memiliki berbagai kegunaan dan berbagai nilai untuk pengguna lain serta pemangku kepentingan lainnya. Semakin dini pemangku kepentingan utama dapat dilibatkan dan, bila sesuai, diintegrasikan ke dalam keputusan pengelolaan air atau tindakan manajemen, seperti pemantauan, semakin banyak keterlibatan dan partisipasi pemangku kepentingan dapat menjadi alat untuk menghindari atau mengelola konflik. Integrasi sebelumnya memegang prospek besar untuk menyelesaikan potensi konflik.

Sebuah kerangka kerja dibutuhkan untuk merekonsiliasi tuntutan bersaing, seperti pertanian, pasokan air untuk rumah tangga, lingkungan dan rekreasi. Dalam banyak kasus, rekonsiliasi dicapai terutama melalui pasar dalam hak milik air formal dan pengembangan rencana berbagi hasil air (water-sharing) sejalan dengan prioritas kebijakan nasional dan internasional saat ini. Dalam daerah yang jumlahnya semakin banyak, rencana pengelolaan daerah tangkapan menyediakan dasar bagi kerangka kerja tersebut.

5.3.1 Pengguna air lainnya

Pengguna air lainnya di daerah tangkapan adalah pemangku kepentingan utama untuk kegiatan pertambangan. Mereka mungkin kegiatan pertambangan lain, industri lainnya (seperti pertanian dan operasi pastoral), atau utilitas air mengakses air untuk pasokan ke rumah tangga untuk air minum atau untuk industri. Lingkungan juga pengguna air. Penggunaan air dan keputusan alokasi sering harus berurusan dengan alokasi sumber daya air yang langka antara pengguna yang bersaing. Undang-undang negara bagian menentukan bagaimana dan kondisi di mana alokasi dibuat untuk lingkungan, untuk saham dan air untuk rumah tangga, air untuk konsumsi manusia dan, dalam ketentuan tertentu di beberapa wilayah hukum, pertanian dan industri.

Di daerah tangkapan di mana sumber daya air terletak pada atau dekat dengan alokasi penuh, NWI telah berupaya untuk mendorong pengembangan pengaturan yang menyisihkan alokasi lingkungan dan kemudian mengalokasikan sisa sumber daya untuk penggunaan konsumtif dengan menggunakan mekanisme pasar. Pendekatan ini didasarkan pada prinsip-prinsip yang, melalui perdagangan hak air, air akan mengalir ke penggunaan yang nilainya lebih tinggi dan pasar akan mendorong efisiensi dalam penggunaan air yang akan menghasilkan penghematan air yang disediakan bagi pengguna lain. Pada awalnya pertambangan dianggap sebagai intersepsi dan bukan sebagai pemegang hak air yang dapat diperdagangkan di pasar air. Namun, upaya MCA bersama-sama dengan Komisi Air Nasional (National Water Commission) telah berusaha untuk lebih

memahami bagaimana perusahaan pertambangan dalam keadaan ini mungkin dapat terlibat lebih langsung dalam pasar air di masa depan (NWC 2014a, 2014b).

Di mana pasar mampu mengelola alokasi air dan hak air, pemahaman tentang kebutuhan pengguna air lainnya, termasuk pesaing, dapat menginformasikan keputusan tentang langkah-langkah untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air, daur ulang air dan penggunaan air yang sesuai untuk tujuan yang memberikan manfaat keuangan untuk kegiatan pertambangan dan berkontribusi untuk penatagunaan yang lebih baik atas air di daerah tangkapan.

Dalam banyak kasus, kegiatan pertambangan terletak di daerah tangkapan yang lebih terpencil, di mana kondisi tidak sesuai dengan keberhasilan operasi pasar air. Kurang dari daerah tangkapan yang hampir sepenuhnya dialokasikan memiliki kurang persaingan atas air tersebut, dan alokasinya lebih mungkin untuk dikelola melalui izin. Namun demikian, kegiatan pertambangan harus menyadari dampak yang lebih terlokalisasi pada pengguna lain, seperti efek penyedotan air tanah atau dampak arus pembuangan kelebihan air untuk badan air tersebut.

Di mana air surplus dihasilkan melalui kegiatan seperti pengeringan untuk mengakses sumber daya mineral di bawah air tanah, pemahaman yang baik tentang kebutuhan pengguna lain mungkin mengidentifikasi cara di mana kelebihan air dapat diberikan untuk melengkapi persyaratan pasokan air dari pengguna lain yang ada, memenuhi kebutuhan pengguna baru, atau dimanfaatkan untuk penggunaan yang bermanfaat lainnya.

Studi kasus: Penggunaan kelebihan air yang menguntungkan di pertambangan Marandoo Rio Tinto

Tambang bijih besi Marandoo terletak di sekitar 45 km sebelah timur dari Tom Price, berdekatan dengan Taman Nasional Karijini di wilayah Pilbara Western Australia. Rio Tinto mengakui bahwa pada tahun 2013 ekspansi tambang di bawah permukaan air akan menuntut perusahaan mengelola pelepasan kelebihan air lingkungan sensitif yang bersifat singkat dan sementara ini secara bertanggungjawab. Solusinya menanggapi pendorong lingkungan skala daerah tangkapan dan melibatkan pengelolaan air yang meluas melampaui gerbang tambang guna memenuhi peluang untuk penggunaan yang bermanfaat di daerah tangkapan yang lebih luas.

Rio Tinto mengembangkan skema manajemen kelebihan air terpadu inovatif yang memungkinkan tercapainya rencana tambang dan menyediakan sejumlah kegunaan yang bermanfaat untuk air surplus berkualitas tinggi. Skema ini menggunakan air untuk memasok ke operasi tambang Marandoo, desa akomodasi, kota Tom Price dan tambang.

Rio Tinto memiliki izin terbatas untuk kemungkinan pelepasan pada sungai di dekatnya, dan telah diusulkan untuk kembali menyuntikkan ke dalam akuifer yang diakses oleh ladang pengeboran Southern Fortescue.

Manfaat lingkungan dari penggantian pasokan ke kota Tom Price dan tambang adalah bahwa hal itu memungkinkan akuifer pasokan air yang ada untuk pulih secara alami setelah 40 tahun terus menerus digunakan.

Proyek Pertanian Hamersley (Hamersley Agriculture Project) menggunakan kelebihan air untuk menumbuhkan rumput Rhodes dan gandum di Stasiun Hamersley Rio Tinto terdekat di bawah sistem irigasi poros putar (pivot). Rumput yang dipanen menghasilkan jerami pakan untuk ternak. Proyek ini menghasilkan manfaat ekonomi dengan meningkatkan kelangsungan hidup operasi peternakan Rio Tinto, serta properti lainnya di wilayah ini, melalui peningkatan produksi pakan ternak regional dan membantu industri bertahan terhadap kekeringan. Hal ini juga menunjukkan potensi keanekaragaman ekonomi dan pembangunan daerah di wilayah yang sangat tergantung pada pertambangan.

Manfaat lingkungan Proyek Pertanian Hamersley antara lain menghindari kebutuhan untuk mengimpor pakan dari daerah lain; mengurangi biaya, emisi gas rumah kaca dan dampak lingkungan lainnya pada transportasi jarak jauh pakan ternak; serta mengurangi tekanan merumput di daerah padang penggembalaan (rangeland) yang sensitif untuk meningkatkan keanekaragaman hayati dan kesehatan secara keseluruhan dari daerah-daerah tersebut.

Rio Tinto bekerja sama dengan regulator dan lembaga lainnya untuk penelitian kelayakan dengan menggunakan kelebihan air tambang untuk irigasi pertanian dan air minum. Proyek ini memiliki tantangan yang khas pada peraturan dan perizinan karena melibatkan beberapa portofolio pemerintah.

Skema inovatif terintegrasi pengelolaan kelebihan air telah menunjukkan kemampuan untuk menggunakan kelebihan air dari tambang Marandoo dengan cara sedemikian rupa sehingga menambah nilai dan mengelola sumber daya air di lokasi yang peka terhadap lingkungan.



Proyek Pertanian Hamersley Rio Tinto menggunakan kelebihan air dari pengeringan tambang.

Kegiatan pertambangan mempengaruhi pemangku kepentingan atau aset lainnya dan dipengaruhi oleh praktik pengelolaan air pengguna lain. Efek beruntun (flow-on) dapat meningkatkan biaya modal (memompa tambahan, lebih banyak bor, bor lebih dalam) dan dalam kasus yang lebih ekstrim dapat mengganggu rencana tambang dan jadwal pengembangan dan setara mereka dalam industri lain.

Dampak juga dapat mempengaruhi kualitas air yang digunakan atau dibuang dan karena hal itu mungkin memerlukan pengolahan, atau dampak yang dapat mempengaruhi kemampuan kegiatan pertambangan untuk mematuhi ketentuan perizinan dan mungkin memiliki dampak terhadap reputasi. Oleh karena itu, memahami kebutuhan pengguna air lainnya di daerah tangkapan yang dinamis menjadi risiko penting yang perlu dipertimbangkan pada awal perencanaan dan pengembangan tambang, melalui tahap operasional, sampai penutupan tambang.

Dampak pengelolaan air juga dapat berakumulasi melalui resapan dan seiring waktu. Efek kumulatif tersebut jarang dipertimbangkan dalam hal dampak pada aset ekonomi. Sementara dampak kumulatif dari aset lingkungan telah menjadi fokus meningkatnya perhatian regulasi, kegiatan pertambangan juga perlu mempertimbangkan bagaimana dampak-dampak tersebut mungkin mempengaruhi tambang dan pengguna lain, serta operasi mereka sendiri.

5.3.2 Pemilik tradisional

Tempat-tempat warisan budaya merupakan bagian integral hubungan masyarakat adat dengan tanah tradisional mereka. Oleh karena itu, hubungan yang berhasil antara perusahaan tambang dan masyarakat adat akan mencakup pengakuan dan penghormatan terhadap warisan budaya masyarakat. Air dan aliran melalui lanskap merupakan elemen penting dari konsep 'negeri' bagi pemilik tradisional. Lampiran penting budaya dan spiritual untuk air mendefinisikan bagian penting dari tanggung jawab kustodian mereka untuk negeri.

Peran, hubungan, kepercayaan dan nilai-nilai yang melibatkan air dalam lanskap tersebut sering bervariasi dari daerah tangkapan yang satu ke daerah tangkapan lainnya. Kegiatan pertambangan perlu memperhitungkan cara yang tepat tentang keterlibatan pada pengelolaan air yang mengenali dan mengakui sifat hubungan tersebut.

Dalam banyak kasus, operasi terlibat dengan masyarakat adat lokal untuk mengelola permasalahan budaya yang tidak secara ketat ditangani sebagai persyaratan hukum di bawah pengaturan seperti UU Hak Adat (Native Title Act).¹³ Hal tersebut dapat bersifat luas dan sering perlu sensitif secara lokal karena pentingnya tradisional lokal dari permasalahan tersebut. Untuk air, pengaturan sering menangani perlindungan anak sungai atau badan air yang bersignifikansi budaya atau ketergantungan ekosistem.

Ini dapat tercermin dalam hubungan formal, seperti kesepakatan penggunaan lahan adat. Beberapa kegiatan pertambangan juga telah berupaya meningkatkan pemahaman mereka tentang hubungan budaya dan spiritual masyarakat adat setempat terhadap air dengan penelitian komisioning (pengawasan) yang dapat menginformasikan keterlibatan dan pengambilan keputusan pada masalah yang penting.¹⁴

Untuk informasi lebih lanjut tentang warisan budaya, lihat buku pegangan praktik kerja unggulan *Bekerja dengan masyarakat pribumi (Working with indigenous communities)* (DIES 2016).

5.3.3 Masyarakat

Akses ke jumlah air bersih yang cukup adalah hak asasi manusia. Masyarakat tempat industri beroperasi, atau tempat yang menerima dampak, berharap dan menuntut agar mereka dilibatkan dalam keputusan tentang alokasi sumber daya air dan industri yang menggunakan air secara efisien dan tidak negatif mempengaruhi kualitas air. Secara tradisional, konsultasi masyarakat dan pemangku kepentingan lainnya telah dilakukan selama tahap pengkajian lingkungan dan izin proyek, tetapi keterlibatan dengan otoritas manajemen daerah tangkapan lokal dan pemangku kepentingan lainnya juga harus dicari selama pengembangan dan pengkajian rencana pembagian air resapan.

Nilai-nilai budaya dan lingkungan air dapat merupakan pendorong yang signifikan untuk harapan regulasi dan sosial tentang apa yang merupakan penatagunaan air yang bertanggung jawab. Situs mungkin memiliki kesempatan untuk memberikan kontribusi positif dengan berupaya menuju pemeliharaan nilai-nilai, dengan secara aktif melibatkannya dalam perencanaan daerah tangkapan, dan melalui keterlibatan yang efektif dengan masyarakat.

¹³ Hak adat dan UU Hak Adat dibahas dalam Bagian 2.3.

¹⁴ Suatu contoh, pengembangan pemahaman tentang nilai-nilai spiritual air di Pilbara, lihat Barber and Jackson (2011).

Konsultasi masyarakat dan teknik keterlibatan yang dibahas dalam buku pegangan praktik kerja unggulan *Keterlibatan dan pengembangan masyarakat (Community engagement and development)* (DIIS 2016). Mengingat kepekaan air untuk mata pencaharian, lingkungan dan dukungan budaya, mungkin akan diperlukan banyak keterlibatan masyarakat pada permasalahan yang terkait dengan air.

Sebelum, selama dan sesuai operasi, operator pertambangan perlu memahami lingkungan masyarakat: bagaimana air digunakan, siapa yang menggunakannya, penggunaan musiman dan tuntutan masyarakat saat ini dan masa depan. Dialog berkelanjutan membantu masyarakat memahami kebutuhan air tambang serta membantu industri memahami harapan masyarakat saat membuat keputusan bisnis yang melibatkan penggunaan air.

Dalam banyak situasi, tambang menyediakan air kepada anggota masyarakat. Ini berkisar dari pasokan air untuk timbunan stok dan penggunaan rumah tangga menggunakan volume pasokan formal yang lebih besar untuk irigasi melalui rancangan prasarana, dibangun dan dikelola oleh perusahaan tambang. Misalnya, pipa BMA-Bingegang di Central Queensland memasok air ke banyak timbunan stok dan pengguna rumah tangga sepanjang jalurnya dari beberapa ratus kilometer. Operasi Cadia Valley Newcrest di New South Wales berhasil mengelola penampungan air baku di tempat guna memastikan bahwa target aliran hilir untuk memasok kebutuhan pertanian terpenuhi. Pasokan air juga dapat menjadi bagian dari kesepakatan yang terkait dengan pengeringan melalui perjanjian-perjanjian untuk perbaikan yang terkait dengan perubahan kondisi hidrologi yang disebabkan oleh tambang.

Beberapa perusahaan tambang terlibat dalam penyediaan air ke kota-kota dan masyarakat sebagai operator air minum. Misalnya, Rio Tinto Iron Ore adalah penyedia layanan air berizin ke kota-kota Pilbara dari Dampier, Tom Price, Paraburdoo dan Pannawonica, serta pemasok air curah ke Water Corporation untuk Skema Pasokan Air Pilbara Barat (West Pilbara Water Supply Scheme), yang sumber-sumber airnya dari ladang pengeboran Bungaroo Rio Tinto. Keterlibatan dalam layanan ini memiliki asal-usul di pertambangan selaku pelopor pengembangan di wilayah tersebut, dengan hak-hak dan kewajiban tertentu di daerah ini yang dilestarikan dalam berbagai perjanjian dengan Pemerintah Western Australia.

Beberapa komunitas tambang sekitarnya akan memiliki pemahaman yang intuitif tentang konsep penutupan tambang. Oleh karena itu, sangat penting bahwa konsep ini dieksplorasi bersama komunitas pada awal operasi dan perencanaan penutupan yang melibatkan masyarakat sepanjang hidup tambang. Karena dampak pada kualitas air dan sistem hidrologi adalah pertimbangan utama dari perencanaan penutupan dan pelaksanaan, pemrakarsa proyek harus berupaya mendiskusikan dan mencari dukungan masyarakat untuk tujuan penutupan tambang yang berkaitan dengan air. Mereka juga harus mempertimbangkan peluang untuk penggunaan air oleh masyarakat setelah penutupan, seperti penggunaan lubang terbuka untuk budidaya atau pasokan air pemadam kebakaran, atau penggunaan ladang-ladang pengeboran untuk pertanian. Hal ini akan meminimisasi permasalahan dalam jangka-panjang dengan masyarakat yang diakibatkan oleh harapan yang tidak terealisasi setelah penutupan.

Studi kasus: Kemitraan Fitzroy untuk Kesehatan Sungai (Fitzroy Partnership for River Health)—berkolaborasi atas pengelolaan air tangkapan

Fitzroy Basin adalah daerah tangkapan (DAL) terbesar yang mengalir ke laguna ikonik Warisan Dunia Great Barrier Reef. Cekungan tersebut juga menjadi tuan rumah banyak tambang batubara, industri gas lapisan batubara yang semakin luas dan industri penggembalaan dan pertanian yang luas di Queensland. Kesehatan saluran air merupakan masalah penting, dan berbagai strategi diperlukan untuk memantau dan melindungi kualitas air di daerah tangkapan dari dampak kumulatif limpasan (run-off) pertanian dan pelepasan air industri. Kekhawatiran tentang kualitas air memberikan katalisator untuk menganut pendekatan kolaboratif untuk manajemen jalur air melalui penciptaan Kemitraan Fitzroy untuk Kesehatan Sungai pada tahun 2012 tersebut.

Kemitraan ini menyatukan 25 mitra yang mewakili sektor utama cekungan ini, bersatu dengan visi untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap dari kesehatan sungai. Kemitraan ini telah menggunakan pendekatan yang unik dari penyatuan data yang ada, dikumpulkan oleh mitra industri pertambangan dan pemerintah. Dataset (kumpulan data) ini sekarang berisi lebih dari 1,6 juta sampel yang dihasilkan dari 200 situs lebih. Tambang batubara, khususnya, mengoperasikan jaringan luas stasiun pemantauan otomatis aliran dan kualitas-air. Data dari jaringan, saat dikumpulkan dan dianalisis secara bersama, memberikan informasi berharga tentang kualitas air di daerah tangkapan.

Sebuah penyampaian penting dari tindakan kolektif ini adalah publikasi rapor kesehatan ekosistem perairan tahunan, yang menilai kualitas air secara keseluruhan di daerah tangkapan serta memberikan informasi ilmiah secara rinci. Informasi tersebut dapat digunakan oleh para pemangku kepentingan yang tertarik pada data dan analisis yang menghasilkan penilaian rapor. Pengelolaan data dan pelantar (platform) web visualisasi yang inovatif telah dikembangkan untuk mendukung kegiatan ini.

Kemitraan ini telah memberikan kesempatan bagi pertambangan dan pemain industri lainnya untuk membangun hubungan yang produktif dengan pemangku kepentingan lainnya di daerah tangkapan. Hal ini juga membantu berbagi beban pemantauan lapangan yang luas, saat data dikumpulkan dari berbagai sumber. Pendekatan kolaboratif oleh industri dan pemerintah merupakan langkah penting dalam memberikan gambaran yang lebih jelas dari kualitas air di Fitzroy Basin.



Anggota Kemitraan Sungai Fitzroy (<http://riverhealth.org.au>).

5.3.4 Hubungan (nexus) air-energi-pangan

Perusahaan pertambangan perlu mengenali hubungan yang lebih luas dan ketegangan antara penggunaan air mereka dan penggunaan air oleh sektor lain, seperti energi dan produksi pangan, serta faktor interaksi tersebut ke dalam penilaian risiko untuk pengelolaan air di daerah tangkapan. Konsep nexus air-energi-makanan mengakui keterkaitan erat antar sektor dan bahwa tindakan di satu daerah sering dapat memiliki dampak yang signifikan pada yang lain (Hoff 2011). Keterkaitan antara air, energi dan pangan dibawa lebih dekat ke fokus karena permintaan untuk ketiganya meningkat, tetapi terutama karena persaingan untuk air meningkat.

Konsep nexus air-energi-makanan relatif baru. Namun demikian, implikasi luas untuk cara perusahaan pertambangan mengelola air merupakan kebutuhan untuk menyadari kaitannya serta bagaimana mereka dapat bermanifestasi dan menyebabkan dampak di daerah tangkapan. Konsep tersebut memperluas gagasan penatagunaan air untuk menyertakan efek yang lebih luas pada energi dan pangan. Ketegangan dan interaksi antara tiga sektor ini terlihat jelas dalam pengembangan terbaru industri gas lapisan batubara di Australia, dan bahwa pengalaman menyoroti kebutuhan untuk memperhitungkan interaksi ini ke dalam penilaian risiko dan peluang untuk pengelolaan air dalam pengaturan daerah tangkapan.

Pertimbangan kaitan ini oleh perusahaan tambang juga akan mendorong penilaian air yang lebih tepat, yang dapat menginformasikan keputusan yang diambil oleh operator tambang tentang mengakses sumber air yang sesuai tujuan, memastikan tingkat yang tepat dari investasi efisiensi air dan daur ulang air, serta mempertimbangkan peluang yang pantas dan bertanggung jawab untuk pembuangan air yang berlebih.

6.0 PENDEKATAN PENGELOLAAN AIR BERBASIS DAERAH TANGKAPAN

Pesan-pesan kunci

- Pendekatan pengelolaan air berbasis daerah tangkapan memerlukan pengetahuan teknis dasar air permukaan pada konteks air permukaan dan air tanah daerah, pengguna air dan nilai-nilai utama.
- Semua komponen hidrologi siklus air, antara lain air permukaan dan sumber daya air tanah, perlu dipertimbangkan untuk pengelolaan air yang bertanggung jawab.
- Mendefinisikan daerah atau daerah tangkapan merupakan langkah awal yang penting untuk memastikan bahwa dimensi keseimbangan air penuh dan aset yang tergantung air serta nilai-nilai diidentifikasi dan diukur.
- Tujuan nasional Australia untuk penyediaan air bagi lingkungan adalah 'untuk mempertahankan dan bila perlu mengembalikan proses ekologi dan keanekaragaman hayati air dari ekosistem yang tergantung pada air'.
- Pencirian hidrologi daerah tangkapan umumnya memerlukan data yang didukung oleh fasilitas pemantauan, termasuk iklim, aliran air permukaan dan pemantauan air tanah.
- Perubahan iklim dan variabilitas iklim (mis. berkurangnya curah hujan dan banjir yang lebih parah) akan berbeda di berbagai bagian Australia. Hal ini penting untuk mempertimbangkan kondisi dalam prediksi masa depan ketersediaan air dan dalam penilaian dampak.
- Aset lingkungan yang tergantung pada air dan situs budaya yang signifikan serta kebutuhan air pihak ketiga, perlu diidentifikasi dan nilai aset perlu disepakati oleh para pemangku kepentingan daerah tangkapan yang lebih luas dan regulator.
- Ketidakpastian teknis berskala regional di daerah pertambangan dapat cukup besar, sehingga pengelolaan sumber daya air memerlukan apresiasi margin kesalahan serta variabilitas temporal dan spasial, baik karena varian iklim dan musim, atau faktor geologi lokal.

Pendekatan pengelolaan air berbasis daerah tangkapan memerlukan pengetahuan teknis dasar dalam konteks air permukaan dan air tanah regional, pengguna air dan nilai-nilai kunci. Secara khusus, kendali dan kondisi hidrologi merupakan masukan penting untuk neraca air yang mendukung banyak masalah kumulatif, masyarakat dan lingkungan.¹⁵

Pergeseran ke dalam konteks regional untuk pengelolaan air tanpa investasi dalam pengetahuan teknis dasar berpotensi mengekspos perusahaan pertambangan terhadap risiko yang lebih besar, yang akhirnya menghasilkan keputusan investasi buruk informasi dan komitmen. Oleh karena itu, membangun pemahaman karakteristik dan pemantauan air permukaan dan air tanah resapan ini serta neraca, penyimpanan dan alat angkut air, merupakan komponen awal yang penting dari pendekatan berbasis daerah tangkapan.

¹⁵ Diskusi lebih rinci dari interaksi operasional sistem air tambang dan daerah tangkapan di bagian 8, 9 dan 10.

Pengetahuan teknis yang komprehensif tentang karakteristik air permukaan dan air tanah serta pemantauan biasanya diperlukan, seiring dengan pendekatan berbasis daerah tangkapan yang biasanya membutuhkan operator guna memantau dan menilai kondisi di luar sewa tambang atau kepemilikan. Ini membutuhkan:

- dataset yang lebih luas dan lebih banyak fasilitas pemantauan yang beberapa di antaranya dapat berbagi dengan penambang, petani dan industri lainnya
- dataset yang dirancang untuk memberikan data tentang skala temporal dan spasial yang berbeda guna mengatasi masalah pemangku kepentingan internal dan eksternal
- pengetahuan yang telah ditingkatkan tentang ketergantungan, fungsi dan ketahanan reseptor air, beberapa di antaranya terletak jauh dari kepemilikan lahan dan di dalam daerah tangkapan yang dekat
- alat prediksi daerah yang memperhitungkan skala yang sesuai dan ketidakpastian teknis
- pemahaman dasar tentang utilitas yang ada dan kapasitas prasarana serta keterbatasan di daerah tangkapan
- teknik pengelolaan air aktif di daerah-daerah di luar gerbang tambang, beberapa di antaranya dapat berbagi dengan penambang lainnya, untuk mencegah atau mengurangi dampak.

Persyaratan untuk mengoperasikan dan menetapkan pemantauan di dekat tambang sewa guna (atau untuk berbagi data pada waktu yang tepat) dapat memperkenalkan beberapa kesulitan dan tantangan logistik, terutama saat pengetahuan pokok yang dibutuhkan sekitar tambang lainnya, industri, reseptor sensitif atau pemilik lahan, atau pun kesenjangan teknis yang terjadi di sekitar mereka. Akses lahan, masalah berbagi data dan perjanjian pengelolaan air secara keseluruhan berkembang seiring kerangka waktu yang memerlukan komitmen jangka panjang dan investasi.

6.1 Menetapkan skala daerah tangkapan yang tepat

Mendefinisikan daerah kepentingan atau domain daerah tangkapan merupakan langkah awal penting yang dapat memerlukan pertimbangan cermat guna memastikan dimensi penuh neraca-air dan aset yang tergantung air, serta nilai-nilai ditetapkan dan diukur. Hal ini memerlukan tinjauan resapan air permukaan, hidrogeologinya (antara lain potensi interkoneksi antara akuifer dan air permukaan), serta pemindahan air yang terjadi sebagai bagian dari jaringan air, atau yang dapat terjadi secara alami dalam musim yang berbeda. Domain daerah tangkapan dapat bervariasi secara musiman dan sejalan dengan munculnya operasi dan industri baru, dan air mungkin diperdagangkan atau digunakan bersama.

Mendefinisikan daerah tangkapan air permukaan hidrologis adalah titik awal yang masuk akal untuk mendefinisikan domain daerah tangkapan, diikuti dengan lapisan atas kondisi air tanah dan kemungkinan interkoneksi dengan daerah tangkapan tetangga. Dalam daerah tangkapan air permukaan yang besar atau di mana akuifer luas, definisi domain daerah tangkapan mungkin perlu memperhitungkan kemungkinan daerah yang terkena efek atau perubahan yang mungkin timbul dari kegiatan pertambangan atau efek kumulatif yang diakibatkan oleh beberapa operasi. Perubahan pada domain daerah tangkapan mungkin terjadi sementara pengetahuan daerah tangkapan dikembangkan lebih lanjut, namun modifikasi reguler batas daerah tangkapan harus dihindari karena akan menyulitkan penjagaan konsistensi manajemen.

Beberapa analisis di muka dan pemodelan prediktif dapat digunakan untuk mendukung definisi domain daerah tangkapan, termasuk untuk air permukaan dan air tanah. Hal ini penting untuk mengembangkan model hidrologi konseptual air tanah pada skala lokal dan regional yang mempertimbangkan pengisian ulang dan pelepasan, interaksi antara unit akuifer, dan interaksi dengan air permukaan, ekosistem yang tergantung air tanah serta pengguna air lainnya. Pengembangan model numerik atau analisis untuk menguji model konseptual dapat menyusul. Program pemantauan kemudian dapat disempurnakan berdasarkan hasil pemodelan konseptual dan analitis atau numerik.

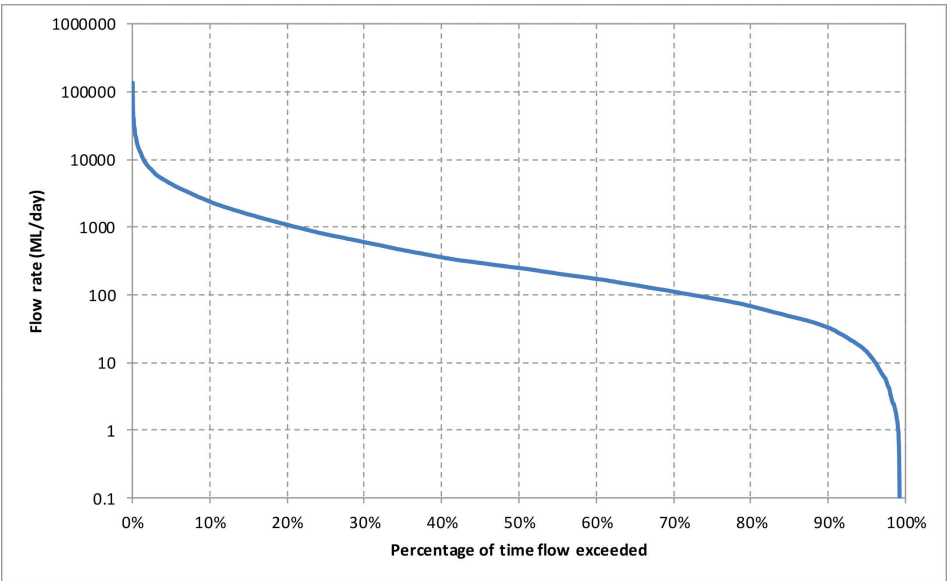
6.2 Mengembangkan awal/dasar (baseline) hidrologis dan pemahaman tentang utilitas yang ada

Untuk mengkaraterisasi hidrologi daerah tangkapan umumnya memerlukan data yang didukung oleh fasilitas pemantauan yang biasanya memantau iklim, aliran air permukaan, dan air tanah serta tingkat dan kualitas air permukaan. Penilaian teknis yang ditargetkan mungkin juga diperlukan untuk mengkarakterisasi kondisi air permukaan dan air tanah pada reseptor utama atau prasarana air.¹⁶

Dari segi perspektif lingkungan, volume aliran, tingkat dan kualitas air permukaan, serta tingkat air tanah, arah aliran, laju aliran dan kualitas air, semuanya merupakan set informasi penting yang digunakan untuk memahami perubahan-perubahan dan kondisi hidrologi alam di dalam bagian yang berbeda dari daerah tangkapan atau sub-tangkapan serta kecenderungan dampak tambang pada daerah tangkapan dan sub-tangkapan tersebut.

Sebuah fitur khas anak sungai dan sungai di Australia adalah variabilitas aliran yang ekstrim (Gambar 4). Nilai tengah rata-rata tahunan aliran sungai dapat 1.000 ML/hari, dengan arus yang lebih besar terjadi kurang dari 20% dalam waktu tersebut. Sungai yang sama pada dasarnya akan berhenti mengalir 5% dalam waktu tersebut. Seperti diilustrasikan dalam Gambar 4, hanya mengambil rata-rata aliran tahunan untuk diperhitungkan tidak akan memberikan pemahaman sistem secara mendalam.

Gambar 4: Kurva durasi aliran sungai di pedalaman New South Wales



Catatan: Data dari stasiun pengukur NSW Office of Water 412147 pada Sungai Macquarie di Bruinbun.

¹⁶ Lihat bagian 8.1.3 dan 8.2.3 untuk rincian penilaian awal.

Kegiatan pertambangan terjadi di berbagai lingkungan di seluruh Australia, termasuk daerah basah dan kering dengan variasi musiman kuat atau lemah. Pertambangan membutuhkan pasokan air yang dapat diandalkan dan konsisten, yang dalam kondisi iklim sangat musiman dapat memerlukan izin tambahan air, hak, pengeboran atau penyimpanan. Hal ini memerlukan operator untuk mengenali variabilitas dalam kondisi lingkungan tersebut dan untuk merencanakan serta mengelola dalam semua tahap operasi. Kunci untuk mengelola kebutuhan air lingkungan adalah memahami dinamika temporal daerah tangkapan.

Untuk memahami utilitas air yang ada, diperlukan juga pemahaman tentang neraca air yang ada dalam daerah tangkapan. Kapasitas prasarana, kondisi dan keandalan air; penyimpanan air; pembatasan distribusi; dan perubahan kebutuhan musiman merupakan beberapa elemen dasar yang penting untuk pemetaan. Setiap penilaian yang memperhitungkan kapasitas dan keandalan prasarana air harus mencakup perhitungan perencanaan yang memadai untuk dampak perubahan iklim, seperti banjir.

Luasnya persyaratan pemantauan yang baru dan jaringan berbeda untuk setiap daerah tangkapan, dan sangat tergantung pada kompleksitas hidrologi dan tantangan air, tingkat kepastian yang tepat untuk memberikan solusi manajemen, serta informasi historis yang tersedia dari daerah tangkapan. Pemantauan daerah tangkapan merupakan komponen penting dari simulasi serta memprediksi aliran air melalui lanskap dan merupakan dasar untuk mengkalibrasi model. Jika lokasi pemantauan lebih jauh dari operasi, instalasi telemetri atau logger dapat mengurangi kebutuhan logistik.¹⁷

6.3 Mengidentifikasi fitur utama dan aset air

Pemahaman yang kuat dari fungsi hidrologis yang mendukung fitur air dan aset penting akan memastikan ditetapkannya ketentuan pengelolaan yang tepat dan yang sesuai untuk tujuan, pemicu, ambang batas dan target. Selain itu, membangun proporsi potensi dampak atau perubahan yang mempengaruhi reseptor oleh tambang atau oleh pihak ketiga juga memberikan kontribusi ke tingkat pemahaman yang tepat. Survei ekologi dan penilaian hidrologi, bersama-sama dengan budaya, masyarakat dan keterlibatan peraturan, merupakan kegiatan penting yang perlu untuk mendefinisikan nilai fungsional aset. Beberapa penelitian dan investigasi mungkin perlu diselesaikan dalam koordinasi dengan penambang lain dan masyarakat setempat.

Tidak semua penilaian berbasis daerah tangkapan difokuskan pada mengidentifikasi dan mengelola potensi bagi dampak air lingkungan atau pihak ketiga. Penilaian tersebut juga dilakukan untuk mengidentifikasi dan menetapkan kemungkinan sinergi, kontingensi dan pasokan air atau peluang dagang. Fitur air utama dan aset yang perlu diperhatikan dalam daerah tangkapan juga dapat mencakup sumber air alami atau sumber daya air yang telah diubah atau daur ulang yang tersedia dari penambang lainnya, utilitas dan proyek-proyek masyarakat. Menetapkan peluang tersebut serta menilai biaya dan desain untuk memindahkan air antara ujung pasokan dan permintaan adalah kunci untuk perencanaan awal yang sukses.

¹⁷ Lihat bagian 8.1 dan 8.2 untuk pengoperasian yang lebih rinci pada pemantauan dan pengumpulan data.

6.4 Mengevaluasi dan memprediksi perubahan hidrologis dan neraca-air

Metode dan teknik penilaian yang digunakan untuk mengevaluasi perubahan hidrologi pada skala daerah tangkapan biasanya mirip dengan alat yang digunakan di lokasi tambang (mis. model hidrologi konseptual di situs dan berskala daerah tangkapan lokal untuk mendukung pemodelan analitis dan numerik). Perbedaan utama adalah skala, tingkat ketidakpastian dan kebutuhan untuk berpotensi berbagi model dengan penambang lainnya. Ini dapat menimbulkan kompleksitas tata kelola dan berbagi data, beberapa di antaranya mungkin memerlukan pengendalian informasi oleh pihak ketiga yang netral atau regulator yang tepat.

Alat-alat penilaian dan prediktif dapat digunakan untuk mensimulasikan rezim aliran air permukaan, laju dan arah aliran air tanah, serta batas abstraksi berkelanjutan. Kemampuan memprediksi dari model-model kemudian digunakan untuk mendefinisikan berbagai skenario neraca air dan berbagai hasil dampak yang dapat diakibatkan dari efek individu dan kumulatif tambang. Para pendukung perlu mengakui bahwa ketidakpastian teknis dalam ketersediaan data dan kualitas dapat mengakibatkan keterbatasan output. Model berskala daerah tangkapan dan interpretasi hasil model-model harus sesuai dengan tujuan, dan beberapa skenario biasanya perlu dipertimbangkan dalam analisis untuk mendukung pengambilan keputusan yang efektif dan tepat. Model konseptual hidrogeologi diperlukan untuk mengidentifikasi area ketidakpastian dan fokus, yang setelah itu model analitis dan numerik dapat lebih memperjelas ketidakpastian dan menginformasikan pilihan pemantauan lokasi dan frekuensi.

Alat penilaian skala daerah tangkapan dapat digunakan untuk mensimulasikan berbagai teknik manajemen guna mengurangi atau menghindari dampak. Penerapan alat semacam itu untuk tujuan ini perlu mengenali keterbatasan data dan output pada reseptor yang jauh, terutama jika terdapat data yang terbatas pada interaksi tindakan manajemen tersebut dan reseptor yang relevan.

6.5 Dasar teknis untuk pengelolaan air berskala daerah tangkapan

Solusi pengelolaan air aktif untuk mencegah atau mengurangi dampak di luar masa guna (off-tenure) atau dampak berskala daerah tangkapan, dan bahkan untuk berbagi atau memperdagangkan sumber daya air, yang didukung oleh pengetahuan teknis berskala daerah tangkapan. Menyampaikan air ke pihak ketiga, menjaga pelepasan buatan musim semi atau membangun sistem perdagangan air fungsional, semua memerlukan pemahaman mendasar dari sumber daya air dan komponen utama lingkungan, ketidakpastian ilmiah dan rekayasa. Beberapa solusi akan dihasilkan melalui kolaborasi dengan para penambang lain dan pihak ketiga, investasi dalam penelitian dan pengembangan, serta kerjasama rencana operasi.

Ketidakpastian teknis skala daerah tangkapan di daerah pertambangan dapat cukup besar, dan pengelolaan sumber daya air pada skala ini membutuhkan pengetahuan tingkat kesalahan (margin of error) serta variabilitas temporal dan spasial, apakah karena varian iklim dan musim atau kontrol geologi lokal. Dengan tidak adanya riwayat dataset jangka panjang dan adanya kemampuan prediktif terbatas, mungkin pada mulanya perlu mempertimbangkan solusi manajemen konservatif dengan batas pencegahan. Yang penting, kendali manajemen harus mencerminkan berbagai ketidakpastian dan hasil akhir dampak yang mungkin timbul ini. Dengan perbaikan data dan pengetahuan melalui pengelolaan air adaptif (Bagian 7.2), pendekatan pengelolaan pencegahan dapat maju ke ambang batas yang lebih spesifik dan tindakan-tindakan pengelolaan yang ditetapkan dengan lebih baik.

Misalnya, pengelolaan memicu atau menentukan ambang batas untuk mencegah dampak pada ekosistem perairan dari pembuangan kelebihan air tambang selama musim hujan, mungkin perlu pada awalnya diatur dalam varians alam atau rentang dalam nilai-nilai parameter hidrologi kunci, seperti nutrisi, pH dan salinitas. Nilai-nilai tersebut biasanya dikembangkan melalui pemantauan selama beberapa tahun dan siklus musiman. Dengan pengetahuan teknis yang lebih luas yang dihasilkan dari penilaian ilmiah, pemicu pengolahan dapat beralih ke ambang batas berdasarkan ekologis yang lebih spesifik, yang memperhitungkan adaptasi dan ketahanan masyarakat untuk berubah.

Pendekatan manajemen adaptif yang diuraikan dalam Bagian 7 berlaku juga untuk pengelolaan air skala daerah tangkapan, terutama di mana terdapat data yang terbatas atau tidak sempurna atau pun kesenjangan dalam pengetahuan hidrologi. Peningkatan pengetahuan, didukung oleh pemantauan dan analisis yang memadai, biasanya mendorong hasil kurang yang konservatif dan memberikan transparansi tentang risiko dan dasar untuk kepercayaan yang lebih besar antara masyarakat lokal dan pengguna air lainnya.

Studi kasus: Pengelolaan air berskala daerah tangkapan di BHP Billiton Iron Ore

BHP Billiton mengoperasikan tambang bijih besi di wilayah Pilbara Western Australia yang mengakses bijih dari bawah permukaan air tanah. Perusahaan mengakui kebutuhan untuk mengelola penarikan dari akuifer dan pelepasan kelebihan air tawar untuk mengurangi dampak jangka panjang terhadap nilai-nilai lingkungan, budaya dan masyarakat, sementara mencapai target produksi dan memungkinkan pembangunan masa depan. Tambang ini telah mencapai tujuan tersebut melalui pelaksanaan rencana pengelolaan adaptif tiga berskala daerah tangkapan seluas 25.000 km² di daerah tangkapan Fortescue River atas.

Rencana tersebut mengidentifikasi nilai-nilai lingkungan, budaya dan sumber daya air (ditetapkan sebagai reseptor), konsolidasi pengetahuan teknis tentang sumber daya air dan ekosistem yang tergantung air, mengatur ambang manajemen hidrologi dan ekologi untuk setiap reseptor, dan kemudian memperkenalkan teknik manajemen untuk mengimbangi dampak dan meminimalkan tanah penarikan turun air tanah.

Rencana tersebut didukung oleh jaringan pemantauan hidrologi regional hingga 250 fasilitas pemantauan yang terletak di luar gerbang tambang. Sejumlah teknik (mis. pengisian ulang akuifer yang berhasil) telah berhasil diuji untuk mengembalikan kelebihan air tawar (lebih dari 60 ML/hari) dari 14 bawah lubang bawah permukaan air ke akuifer regional.



Dam Ophtalmia di hulu Sungai Fortescue dekat kota Newman di Pilbara (kiri) dan salah satu sumur suntikan air tanah BHP Billiton (kanan).

Pengelolaan air berskala daerah tangkapan efektif oleh karena:

- strategi air berbasis risiko yang diberi tahu oleh tujuan perusahaan dan memiliki kasus bisnis jangka panjang
- strategi air yang didukung oleh tiga rencana manajemen adaptif berskala daerah tangkapan
- tata kelola dan target pelaporan perusahaan yang mengelola kisaran perubahan hidrologi ke dalam hasil akhir yang berterima.

Sukses diukur dengan tiga sasaran, termasuk dua target pelaporan perusahaan:

- persentase total kelebihan volume pengeringan tambang yang dikembalikan ke akuifer guna meminimalkan dampak dan mengurangi daerah yang berpengaruh— target 50%, dapat mencapai 70%
- instalasi dan pemantauan jaringan 250 fasilitas pemantauan (air tanah, air permukaan dan cuaca) di luar gerbang tambang untuk memantau kondisi awal, memberikan peringatan dini akan perubahan dan mengidentifikasi potensi dampak
- kepatuhan terhadap ketentuan izin air untuk memastikan bahwa volume yang ditetapkan tidak melebihi.

Manfaat sedang diwujudkan melalui komitmen legislatif yang disederhanakan, fleksibilitas produksi dan hasil penatagunaan air secara keseluruhan. Sebagai tambahan:

- Dampak ke mata air dan sungai kecil yang secara budaya signifikan dicegah dengan pengembalian kelebihan air ke akuifer. Pendekatan manajemen surplus ini konsisten dengan harapan pemilik tradisional.
- Dampak pada tujuh ekosistem utama yang tergantung air tanah dan sumber daya air yang lebih luas diminimalkan melalui pengisian ulang akuifer yang berhasil sesuai target.
- Akses ke bijih bawah permukaan air tanah tidak dibatasi oleh tantangan air surplus, dan target produksi terus dicapai.

6.6 Perubahan iklim dan variabilitas iklim

Dampak perubahan iklim dan variabilitas iklim akan berbeda di berbagai daerah Australia. Beberapa daerah, seperti daerah barat-daya Western Australia, telah mengalami penurunan curah hujan yang secara luas diakui signifikan selama dekade terakhir, sementara lainnya, seperti northern Australia, mengalami cuaca buruk. Dampak-dampak tersebut tidak merata dan dalam banyak kasus sulit diprediksi. Namun demikian, efek ini memiliki potensi untuk mempengaruhi hidrologi daerah tangkapan tertentu dan untuk berkontribusi terhadap tekanan dan perubahan lingkungan.

Di banyak daerah di Australia, variabilitas dalam kondisi iklim hasil dalam siklus periode basah dan kering yang merentang beberapa tahun karena sistem-sistem seperti El Niño dan La Niña. Proses ini terkait dengan periode berkelanjutan (berbulan-bulan) pemanasan (El Niño) atau pendinginan (La Niña) dan dapat terjadi seiring rentang waktu satu sampai delapan tahun. Tambang yang berhasil mengatasi periode tersebut memerlukan baik rencana pengelolaan air rawan banjir maupun toleran pada kekeringan.

Seiring waktu, operasi individual mungkin mengalami perubahan iklim dan variabilitas iklim melalui peningkatan risiko operasional, seperti banjir yang lebih intens yang mengakibatkan kerusakan fisik prasarana pengelolaan air atau dampak pada akibat lubang tambang yang banjir. Operasi juga dapat mengalami risiko ketidak patuhan pada peraturan lewat dampak pengelolaan pembuangan dan pelepasan air banjir, dan seterusnya dampak pada lingkungan.

Penurunan ketersediaan air akibat perubahan iklim dapat mempengaruhi operasi melalui peningkatan persaingan untuk air jika tambang terletak dalam daerah tangkapan dengan alokasi hampir penuh atau penuh. Sebaliknya, operasi yang banjir dan kerusakan prasarana dapat terjadi karena badai yang lebih parah. Sebagian besar pengguna air memiliki persyaratan yang sama pada waktu yang sama. Sebagian besar pengguna di suatu daerah memiliki kelebihan air pada saat yang sama atau memerlukan peningkatan penarikan pada saat yang sama, sehingga efek kumulatif di wilayah ini diperburuk pada saat mengalami tekanan. Hal ini dapat mengakibatkan penempatan batasan pada volume total air yang tersedia untuk keperluan konsumtif atau untuk

penggunaan tambang. Perubahan iklim dan variabilitas iklim juga dapat mempengaruhi volume air yang tersedia untuk digunakan lingkungan atau mungkin memiliki dampak lingkungan lainnya, misalnya melalui perubahan suhu rata-rata.

Di mana kegiatan pertambangan sedang dipantau dan diukur dengan dampaknya terhadap aset lingkungan bernilai tinggi, penting untuk memastikan bahwa kinerja terhadap pemicu, target, batas dan ambang batas mencakup beberapa cadangan dampak yang eksogen berhubungan dengan kegiatan tambang, seperti perubahan dan variabilitas iklim. Mengaitkan dampak akibat perubahan iklim dapat menjadi tugas yang sulit, karena dapat terjadi dalam jangka panjang dan tidak mudah untuk mengukurnya. Misalnya, di anak sungai yang bersifat sementara, yang dapat menunjukkan variasi alami yang signifikan pada arus air yang memungkinkan suatu tingkat toleransi dan ketahanan di reseptor yang tergantung air, dampak perubahan iklim dan variasi iklim mungkin tersembunyi jika menumpuk perlahan-lahan. Perusahaan pertambangan perlu memantau penelitian tentang masalah ini dan menggunakannya untuk menginformasikan keputusan dan tindakan yang berkaitan dengan masalah regulasi guna memastikan regulator menyadari bahwa tidak semua dampak dapat dikaitkan dengan pengguna air.

6.7 Aliran lingkungan

Aliran lingkungan adalah rezim air yang tersedia dalam sungai, lahan basah atau zona pesisir untuk menjaga ekosistem dan manfaatnya di mana ada persaingan penggunaan air dan di mana alirannya diregulasi. Aliran lingkungan berkontribusi penting untuk kesehatan sungai, pembangunan ekonomi dan pengentasan kemiskinan.

Sebagai hasil dari tinjauan kebijakan sumber daya air di Australia oleh Dewan Pemerintah Australia (Council of Australian Governments (COAG 1994)), telah dikembangkan serangkaian prinsip nasional untuk penyediaan air bagi ekosistem. Ini menetapkan tujuan untuk menyediakan air ke lingkungan sebagai 'untuk mempertahankan dan bila perlu mengembalikan proses ekologi dan keanekaragaman hayati ekosistem yang tergantung air' (ANZECC-ARMCANZ 1996). Untuk mendukung prinsip-prinsip tersebut, eWater CRC dikembangkan dengan Paket Analisis Sungai (River Analysis Package), yang biasanya digunakan dalam hubungannya dengan model-model hidrologi.¹⁸

Pengelolaan air pada lokasi tambang dapat mengubah karakteristik aliran utama sungai hilir dengan:

- menyebabkan perluasan atau peninggian awal aliran karena pembuangan yang relatif konstan, seperti dari operasi penggilingan (mill) atau pengeringan
- waktu pergeseran curah limpasan hujan dan pelemahan puncak arus banjir, seperti dengan menangkap limpasan situs dan memrosesnya di kolam penyimpanan
- mengurangi limpasan situs, misalnya dengan menggunakan strategi zero-lepas atau meningkatkan penguapan air situs dari area yang berpotensi terkontaminasi
- meningkatkan puncak arus banjir dan mengurangi arus awal dengan mengurangi infiltrasi atau meningkatkan tingkat limpasan, yang diakibatkan dari hilangnya vegetasi alam dan lapisan tanah dari daerah atau dari pemadatan tanah dan lapisan tanah di bawahnya.
- mengganggu hubungan antara sistem air permukaan dan sistem air tanah
- mengalihkan air dari satu daerah tangkapan ke daerah tangkapan lain
- menukar perairan sementara menjadi perairan tahan lama atau sebaliknya.

¹⁸ Paket Analisis Sungai, <http://www.toolkit.net.au/Tools/RAP>.

Pengelolaan praktik kerja unggulan terhadap dampak aliran pelepasan air dari lokasi tambang harus kompatibel dengan kerangka kerja legislatif yang relevan dan memperhitungkan tujuan aliran lingkungan yang telah ditentukan untuk daerah tangkapan yang terkena dampak.

Misalnya, pengubahan arus singkat dan sementara ke aliran tahan lama sebagai hasil dari pelepasan berkelanjutan air tambang (mis. dari operasi pengeringan) akan mengganggu proses ekologi aliran alami yang tergantung pada variasi musiman dan dapat mengakibatkan berkurangnya keanekaragaman hayati pada skala lokal (dengan memajukan hanya spesies yang cenderung mendominasi di perairan tahan lama) dan pada skala regional (dengan mengurangi jumlah perairan yang sementara terendam). Membentuk aliran tahan lama dalam aliran alami atau sungai sementara juga dapat sangat mengubah komposisi vegetasi air dan riparian, sehingga zona riparian menjadi didominasi oleh spesies yang membutuhkan air sepanjang tahun. Saat aliran berhenti pada akhir periode pelepasan (yang dalam beberapa kasus dapat berlanjut selama bertahun-tahun), vegetasi riparian yang membutuhkan air sepanjang tahun akan mati, sehingga menjadikan tepian tidak stabil dan erosi meningkat. Dalam hal ini, mungkin diperlukan rehabilitasi tepian aliran.

Ekosistem yang tergantung air tanah dapat rusak karena perubahan aliran dan kualitas air (lihat Bagian 6.8 untuk contoh yang melibatkan spesies yang menghabiskan sebagian waktu hidup mereka di bawah tanah). Perubahan pada rezim aliran juga dapat meningkatkan risiko pembentukan dan penyebaran spesies invasif, seperti gulma air dan darat, yang dapat mengakibatkan kebutuhan manajemen jangka panjang. Terdapat atau tidaknya hasil di atas yang diakibatkan dari perubahan dalam aliran yang bisa diterima, akan tergantung pada implikasi bagi daerah tangkapan dan, khususnya, bagi setiap spesies yang peka, langka, terancam atau hampir punah, atau masyarakat yang tergantung pada siklus air alami.

Risiko ini perlu dipertimbangkan dan dikelola. Dalam beberapa situasi, perubahan pada arus lingkungan mungkin tidak selalu memiliki dampak jangka panjang yang sama. Efek jangka panjang perubahan tersebut dapat diredam oleh ketahanan sistem ekologi yang terkena. Sebagai contoh, sebuah studi longitudinal Robe River di wilayah Pilbara Western Australia menemukan bahwa efek dari pelepasan terus menerus kelebihan air tambang ke sungai sementara ini tidak merugikan keanekaragaman hayati air tawar, meskipun arus permanen dapat meningkatkan terjadinya flora baru (Dobbs & Davies 2009). Studi tersebut penting untuk mempertahankan rezim pemantauan dan penelitian tentang dampak perubahan rezim hidrologi yang diakibatkan dari kegiatan pertambangan serta untuk memberikan suatu tingkat informasi kepada regulator dan pemangku kepentingan utama lainnya yang memiliki kepentingan dalam dampak pengelolaan air pada tingkat daerah tangkapan.

Pengelolaan praktik kerja atas dampak aliran pelepasan air dari lokasi tambang juga mempertimbangkan implikasi yang lebih luas untuk daerah tangkapan penerima, bahkan jika kepatuhan dicapai pada titik tertentu dalam izin operasi tambang. Misalnya, bagian dari organisme akuatik (seperti ikan) melalui perairan dapat dihalangi atau seluruhnya terhalang oleh hambatan kimia yang disebabkan oleh kualitas air yang buruk. Pertimbangan untuk hambatan fisik sama-sama relevan, tetapi masalah pelepasannya adalah bahwa bahkan bagian pendek dari kualitas air yang buruk dalam aliran yang dihasilkan dari titik-sumber pelepasan mungkin memiliki implikasi yang lebih luas jika gerakan ke bagian lain dari daerah tangkapan terhambat. Hal ini dapat terjadi di mana zona pencampuran mencakup seluruh lebar sungai, bahkan jika kualitas air sesuai dengan ketentuan izin pelepasan di luar zona pencampuran.

6.8 Stygofauna: contoh spesies yang tergantung air tanah

Stygofauna adalah contoh spesies yang tergantung pada air tanah yang dapat terkena dampak melalui pertambangan. Stygofauna adalah fauna bawah tanah (terutama krustasea, cacing, siput, serangga, dan invertebrata lainnya) yang setidaknya bagian dari siklus umur mereka tergantung pada air tanah. Masyarakat tanah biasanya terdiri spesies yang hanya ditemukan di daerah yang sangat sempit (disebut 'short-range endemisme' (endemisme jarak dekat)); dan dalam beberapa kasus, seluruh spesies dapat rentan terhadap perubahan tingkat dan aliran air tanah.

Kesadaran telah muncul dari potensi dewatering yang terkait dengan kegiatan pertambangan air di bawah, misalnya, di tambang bijih besi Western Australia, memberi dampak stygofauna melalui dampak pada air tanah. Namun, ketidakpastian tentang distribusi spesies dan keanekaragaman, tingkat endemisme, dan spesies ketahanan telah mengakibatkan ketidakpastian tentang dampak. Hal ini telah menyebabkan kebutuhan untuk memperhitungkan dampak pada stygofauna sebagai bagian dari proses pengkajian lingkungan untuk tambang baru dan perkembangan lainnya yang mempengaruhi air tanah dan bahkan untuk pedoman khusus untuk pendekatan yang dapat diterima untuk penilaian (WA EPA 2013). Habitat bawah tanah stygofauna menyebabkan adaptasi yang sangat khusus, yang sangat meningkatkan kemungkinan jarak pendek endemisme (Otorita Perlindungan Lingkungan) Environment Protection Authority 2013)) dan karenanya peningkatan ketidakpastian dampak terhadap spesies endemik dan keanekaragaman hayati.

Perlindungan dan konservasi fauna bawah tanah (stygofauna dan troglifauna) diaktifkan di bawah kedua undang-undang lingkungan negara bagian dan Persemakmuran *Perlindungan Lingkungan dan Konservasi Keanekaragaman Hayati 1999* (*Environment Protection and Biodiversity Conservation Act 1999*), dan penting untuk diingat bahwa setiap proyek mungkin memiliki dampak pada air tanah yang harus menilik kewajiban penilaian hukum dan peraturan sebagai bagian dari proses perencanaan standar dan perizinan.

Survei yang memadai sangat penting untuk memahami spesies yang mungkin ada dan akan membantu untuk meminimalkan ketentuan izin, penundaan izin, serta biaya pemantauan dan kepatuhan. Namun, penilaian fauna bawah tanah sering kompleks karena keterbatasan pengetahuan tentang distribusi spesies dan persyaratan habitat serta kesulitan melakukan survei.

BAB IV: PENGELOLAAN PENGOPERASIAN AIR

Bab IV menguraikan unsur-unsur yang harus dipertimbangkan dalam mencapai praktik kerja unggulan atas pengelolaan pengoperasian air. Bagian 7 memperkenalkan kebutuhan untuk menetapkan tujuan yang jelas guna pengelolaan air yang selaras dengan tingkat risiko air yang dihadapi operasi. Sebuah kasus bisnis yang kuat untuk solusi air alternatif berdasarkan risiko dan toleransi risiko akan membantu perusahaan memahami biaya dan manfaat dari berbagai pilihan.

Memahami konteks biofisik daerah tangkapan untuk tambang (Bagian 8), mengembangkan dan mengoperasikan tambang (Bagian 9) serta mengoptimalkan sistem air tambang (Bagian 10) akan melibatkan berbagai tingkat kompleksitas, tergantung pada sifat dari operasi. Pemilihan pendekatan praktik kerja unggulan akan tergantung pada analisis manfaat biaya yang memperhitungkan besarnya risiko dan tingkat mitigasi yang diperlukan.

7.0 PERENCANAAN AIR DAN MANAJEMEN ADAPTIF

Pesan-pesan kunci

- Pengelolaan air untuk kegiatan pertambangan membutuhkan waktu mulai dan akhir (lead time) yang tepat untuk perancah dan harus berdasarkan risiko dan peluang.
- Pengelolaan air harus adaptif dan mengadopsi teknik pengelolaan air praktis dan layak yang menyertakan pembelajaran pokok.
- Diperlukan pemahaman yang baik tentang risiko dan toleransi risiko untuk menentukan biaya dan manfaat dari pilihan yang berbeda.
- Risiko dan peluang air dapat dikelola dengan menyusun perencanaan air berjangka lebih lama, yang terinformasi oleh pertimbangan operasional yang ada, dan mempersiapkan operasi untuk berbagai kemungkinan skenario pengembangan tambang dan hasil neraca air.
- Secara formal menetapkan tujuan dan penatagunaan serta proses-proses operasional, dan melaksanakan system pemantauan dan pelaporan untuk mereka, memungkinkan manajemen risiko air yang efektif dan peningkatan produktivitas.
- Rencana strategis air spesifik situs sangat penting untuk menetapkan target pengelolaan air dan harapan serta menguraikan akuntabilitas dan pengukuran kinerja.

7.1 Perencanaan pengelolaan air

Praktik kerja unggulan penatagunaan air memerlukan perencanaan yang baik serta persiapan dan pemilihan alat yang tepat, dan aplikasi untuk memungkinkan pengelolaan air menjadi pendorong produktivitas.

7.1.1 Kerangka kerja perencanaan dan persiapan

Air memberikan peluang sekaligus juga sebagai kendala bagi perusahaan tambang. Sebagai pemberi peluang, air merupakan persyaratan penting untuk pengolahan mineral dan penyemprotan debu. Sebagai kendala, pengelolaan air yang buruk dapat menyebabkan pengalihan tidak efektif, dampak dari masalah produksi dari pemompaan atau pengolahan, dampak lingkungan, dan kekhawatiran masyarakat, serta dapat memerlukan waktu manajemen dan biaya memperbaiki yang cukup. Upaya manajemen atas air berbeda untuk setiap perusahaan dan operasi. Masing-masing perusahaan perlu menentukan kejelasan tujuan pengelolaan air, prinsip dan langkah-langkah yang efektif yang merentang sampai perencanaan cakrawala operasional berjangka menengah sampai panjang, menangani profil risiko mereka, mempertimbangkan kompleksitas operasional dan yang penting, memperhitungkan biaya dan manfaat.

Meskipun pendekatan ad hoc untuk pengelolaan air dapat efektif untuk masalah air yang segera dan krisis, kurangnya tujuan yang jelas, prinsip-prinsip dan langkah-langkah lebih mungkin untuk meningkatkan biaya operasional dan mengurangi fleksibilitas dalam jangka menengah dan berkemungkinan berakibat penutupan awal, terpaksa dan tidak direncanakan, kehilangan reputasi dan dampak-dampak berjangka panjang. Pengelolaan air ad hoc juga dapat menjadi titik fokus untuk keluhan di antara masyarakat yang anggotanya ingin mengekspresikan ketidakpuasan yang lebih luas dengan perusahaan tambang. Sejauh mana perencanaan air terpadu dan manajemen yang diperlukan bervariasi tergantung pada berbagai faktor, seperti skala dan ukuran operasi, ketergantungan operasi pada sumber daya air yang terbatas, biaya kegiatan air, dan yang penting, kerentanan operasi ini bagi lingkungan, permasalahan berskala daerah tangkapan dan sosial.

Meskipun banyak tambang mengalami periode pengendalian air, secara umum telah diterima bahwa masalah air menjadi risiko bahan di suatu titik bagi kebanyakan operasi. Kebanyakan operasi akan mendapatkan manfaat dari memberikan lead time yang tepat untuk mempertimbangkan beberapa risiko air, antarmuka dan struktur pemerintahan yang berlaku pada perencanaan desain pengoperasian dan proses perbaikan.

Kerangka waktu untuk perencanaan pengelolaan air dan pelaksanaannya tidak selalu sejalan dengan pengembangan tambang atau jadwal perencanaan tambang; oleh karena itu, cakrawala perencanaan dan pendekatan operasional harus cukup adaptif dan lentur untuk mengatasi kebutuhan air yang tidak tetap dan berubah, volume pelepasan atau persyaratan dewatering. Jika pendekatan ad hoc diadopsi tanpa menetapkan tujuan strategis yang jelas, dampaknya dapat mahal dan tidak konsisten dengan praktik kerja unggulan penatagunaan air.

Misalnya, peningkatan produksi tambang dapat dikembangkan dalam waktu 1-3 tahun, terutama untuk operasi yang ada, sementara pasokan air yang mendukung bagi pertumbuhan setara baik dari tanaman desalinasi atau ladang pengeboran mungkin memerlukan penilaian, persetujuan dan pengembangan hingga lima tahun, sehingga menempatkan aktivitas pada jalur proyek-kritis. Setelah menyelesaikan analisis opsi pasokan dan rencana dalam konteks strategis akan memungkinkan untuk lebih cepat merealisasikan kemungkinan pilihan pertambangan di masa depan dan, pada saat yang sama, akan berfungsi sebagai kontingensi untuk pasokan yang sudah ada. Contoh tambahan menyangkut jangka waktu pasca-penutupan dan jeda waktu (lag-time) panjang untuk mewujudkan respons potensi air tanah.

Jika alternatif pengelolaan air yang luas tidak di tempat pada saat yang tepat dan dipetakan ke berbagai pilihan perencanaan tambang masa depan, maka setiap penyimpangan rencana tambang jangka panjang dan jadwal operasional mungkin memiliki dampak produksi. Modal dan biaya operasi membutuhkan investasi awal untuk mengurangi dampak tersebut. Atau, perusahaan perlu menerima posisi risiko yang lebih tinggi untuk potensi produksi dan dampak serta biaya yang dihasilkan dari penatagunaan.

7.1.2 Alat-alat teknis dan aplikasinya

Alat teknis dan metode yang dikembangkan untuk industri air yang lebih luas biasanya berlaku dan dapat dialihkan ke situasi kebanyakan pertambangan dan operasi, termasuk model numerik dan analitis, database air, instrumen pemantauan dan program pelaporan. Alat dan proses tersebut, khususnya akuntansi air (lihat Bagian 11.2), dapat digunakan untuk menyediakan kapasitas numerik guna mengatasi interaksi kompleks antara hasil air yang diamati dan diprediksi untuk mendukung kasus pengembangan tambang alternatif atau skenario operasional.

Pendekatan analitis ini dapat memberikan dasar untuk mengkomunikasikan ketidakpastian dan risiko teknis air (seperti output probabilistik), terutama saat informasi yang tersedia untuk pengambilan keputusan kurang sempurna. Suatu neraca air yang kuat dan terpelihara baik (dikalibrasi dan sesuai untuk tujuan) yang membentang cakrawala dalam jangka pendek dan jangka panjang serta memberikan masukan ke akun air merupakan alat penting untuk operasi praktik kerja unggulan.

7.1.3 Perencanaan pengelolaan air sebagai pendorong produktivitas

Perencanaan air yang tepat waktu dan pelaksanaannya dengan poin-poin keputusan investasi yang kuat memungkinkan baik peluang produksi maupun penatagunaan yang untuk dicapai dan dapat memfasilitasi penyelesaian proyek lebih cepat.

Sebuah kasus bisnis yang kuat untuk solusi air alternatif berdasarkan risiko dan toleransi risiko akan membantu perusahaan memahami biaya dan manfaat dari berbagai pilihan. Desain fasilitas pengelolaan air permukaan dan prasarana, seperti pengalihan saluran air pit dan konfigurasi pompaan in-pit, pada dasarnya bersifat mungkin (probabilistic), dan desain akan mencerminkan toleransi risiko rata-rata waktu perulangan peristiwa curah hujan tertentu (ARI). Misalnya, suatu kegiatan pertambangan terbuka berjangka pendek (2-5 tahun) dapat memilih desain manajemen cuaca basah yang mencerminkan waktu singkat operasi (katakanlah, 1 dalam 10-tahun peristiwa ARI) dan dalam melakukannya akan membawa probabilitas tinggi peristiwa curah hujan yang terjadi dan mengurangi produksi. Meskipun modal dan belanja operasional dapat dikurangi dengan desain ini, biaya potensi dampak harus disorot dan keputusan bisnis yang sadar dibuat untuk membawa toleransi risiko yang lebih tinggi. Atau, dapat memilih peristiwa ARI yang lebih jarang, yang akan membatasi risiko tetapi meningkatkan modal dan biaya operasional.

Pengeluaran operasional dan modal untuk prasarana air dapat sangat besar. Investasi air yang tertunda atau rancangan investasi air yang buruk dapat menjadi penyebab utama dari dampak produksi masa depan atau peningkatan biaya operasional. Desain dan operasi peralatan pompa memerlukan tinjauan terus-menerus, karena biaya modal pompa dapat sekitar 5% dari biaya LoM; sejauh ini proporsi terbesar dari biaya pemompaan berkaitan dengan penggunaan energi (Rea & Monaghan 2009). Karena kepala pompa dan volume berubah seiring waktu, biaya energi operasional dapat dikurangi secara signifikan dengan meninjau spesifikasi pompa dan kinerja hidrolik serta mengganti dengan pompa yang lebih tepat dan sesuai untuk tujuan pompa.

Penangguhan investasi dalam pengelolaan air dan prasarana memerlukan pertimbangan cermat. Setiap kasus bisnis untuk pengelolaan air yang signifikan harus secara jelas mengidentifikasi biaya langsung dan tidak langsung serta manfaat jangka-tengah dan jangka-panjang yang dapat diperoleh dengan investasi. Secara umum, prasarana air akhirnya digunakan untuk tujuan tambahan pada tujuan desain nominal, dan aplikasi yang lebih luas harus selalu dipertimbangkan selama pengembangan kasus bisnis.

Pengambilan keputusan pengelolaan air biasanya mengandalkan pada teknis dasar yang kuat. Investasi awal dalam sains dan teknik melalui pengeboran, pengujian dan pemantauan biasanya akan membahas ketidakpastian dan menyadari nilai melalui desain yang sesuai untuk tujuan dan pengurangan kerugian maksimal masa depan sejauh yang terlihat dalam tahap-tahap operasional. Rekayasa desain pengalihan air yang buruk dan estimasi pasokan air tanah yang kurang akurat telah menyebabkan meningkatnya biaya untuk kegiatan pertambangan di seluruh padang batubara Queensland dalam beberapa tahun terakhir, dan biaya-biaya dapat dikendalikan melalui penelitian ilmiah yang lebih baik dan investasi rekayasa.

Dokumen izin lingkungan yang dikembangkan dengan baik dan akurat atau penilaian dampak lingkungan dapat menghasilkan perizinan yang tepat waktu dengan ketentuan legislatif yang sedikit berkurang. Sebaliknya, pengembangan penilaian yang buruk dapat mengakibatkan persetujuan tertunda dan akhirnya mempengaruhi target produksi.

Investasi strategis pada penatagunaan air, didukung oleh ilmu pengetahuan yang baik dan keterlibatan proaktif, dapat berkorelasi dengan biaya produksi jangka panjang yang lebih rendah dan peningkatan keamanan persediaan air. Namun, manfaat langsung tidak selalu segera, dan membangun reputasi perusahaan sebagai penataguna air yang baik membutuhkan pesan yang konsisten, tujuan yang jelas dan komunikasi yang transparan. Manfaat ini dapat diwujudkan melalui peningkatan kecepatan izin lingkungan, terkadang dengan persyaratan yang sedikit berkurang terhadap pemantauan dan pelaporan. Untuk meningkatkan manfaat ini biasanya membutuhkan:

- pemantauan dan pelaporan kepatuhan yang kuat untuk ketentuan yang sudah ada guna membangun kepercayaan pada peraturan
- investasi dalam pengetahuan ilmiah tentang lingkungan daerah tangkapan yang lebih luas
- keterlibatan yang proaktif dan kesediaan untuk berbagi data serta menangani efek kumulatif dengan kegiatan pertambangan tetangga, masyarakat, pemilik tradisional dan industri lainnya.

7.2 Pengelolaan air yang berbasis risiko dan adaptif

Tantangan air tambang dapat dikelola dan peluang diwujudkan dengan menerapkan sejumlah pendekatan menyeluruh yang membahas risiko yang terkait dengan geografi, jangka waktu pembangunan dan kompleksitas operasional yang berbeda, antara lain:

- mengadopsi pendekatan berbasis risiko
- memadukan pengelolaan air adaptif untuk menggabungkan pembelajaran pokok ke dalam proses perbaikan
- beroperasi untuk tujuan, strategi, rencana dan prosedur yang telah disetujui.

7.2.1 Mengadopsi pendekatan berbasis risiko

Pendekatan berbasis risiko secara efektif dapat mengidentifikasi dan memitigasi berbagai masalah air yang berpotensi bersilang tindi yang secara individual maupun kolektif dapat mempengaruhi operasi atau lingkungan sekitarnya. Hal ini juga dapat mempersiapkan bisnis untuk membuat keputusan terinformasi dan tepat waktu pada berbagai hasil air, mungkin dengan menghadirkan berbagai tingkat kemungkinan risiko dan konsekuensi, serta juga biaya dan jangka waktu yang terkait dengan kendali pencegahan dan mitigasi. Idealnya, penilaian risiko yang telah berkembang dengan baik harus berlangsung dalam beberapa kerangka waktu dari perencanaan hingga operasi dan penutupan, mempertimbangkan dengan baik aspek lokasi tambang dan regional, serta menangani prakarsa penatagunaan dan pertimbangan regional atau daerah tangkapan, dan tanggung jawab perusahaan yang dapat mendorong beberapa hasil yang kompleks. Penilaian risiko juga efektif untuk keputusan taktis atau langsung, seperti menentukan titik pelepasan baru atau yang telah berubah dalam banjir atau mengevaluasi jangka pendek efek varians iklim pada pasokan air.

Sebagai bagian dari pendekatan berbasis risiko, tambang harus terus mengidentifikasi dan meninjau pertimbangan pengaruh air per tahun (minimal) dan mengembangkan dasar teknis dan bisnis untuk proses penilaian dan kendali risiko. Menggunakan pendekatan standar perusahaan atau industri yang ada, dianjurkan untuk konsistensi dan untuk perbandingan risiko yang lebih mudah. Dengan tidak adanya proses penilaian risiko formal, menetapkan kategori risiko air dan pertimbangan memaksa 'risiko yang kurang jelas' untuk diperdebatkan, seperti apakah untuk berinvestasi dalam persediaan air yang aman berjangka pendek atau panjang selama kehidupan proyek. Contoh risiko ini memiliki sejumlah saling ketergantungan yang mungkin perlu peninjauan terpisah dan kolektif, dan variabel risiko akan bervariasi sepanjang LoM. Selama tahap-tahap awal, pertimbangan risiko air utama mungkin adalah jadwal pengiriman dan izin. Sehubungan dengan semakin

matangnya operasi, profil risiko akan cenderung beralih ke pertimbangan-pertimbangan seperti mencapai komitmen izin, mencegah kegagalan prasarana dan mengelola potensi dampak lingkungan dari air asam atau limpasan air hujan.

7.2.2 Pengelolaan air adaptif

Pengelolaan air adaptif merupakan suatu pendekatan iteratif guna pengambilan keputusan di mana pembelajaran dan pemahaman pokok ditinjau secara aktif dan dimasukkan ke dalam rencana operasional pengelolaan tambang guna meningkatkan tujuan manajemen dan mengatasi tantangan (Gambar 5). Pendekatan ini berlaku untuk lingkungan pengelolaan air tambang karena ketidakpastian yang cukup besar yang timbul dari pengembangan tambang dan tidak diketahuinya secara logistik serta varians teknis, yang dapat terjadi di sepanjang LoM. Pendekatan ini juga dapat memperkenalkan kapasitas dan kelenturan operasional untuk mengakomodir perubahan pada rencana tambang atau persyaratan peraturan.

Gambar 5: Pendekatan manajemen adaptif, dimodifikasi untuk mengatasi tantangan pengelolaan air tambang dan peluang



Kelenturan operasional yang lebih besar dan sistem air yang lebih baik dapat diperkenalkan seiring waktu dengan perencanaan untuk berbagai skenario serta memasukkan data pemantauan dan pembelajaran pokok ke dalam rencana dan kegiatan operasional. Manajemen adaptif tidak memerlukan posisi manajemen awal dengan informasi yang cukup untuk membuat keputusan yang nalar, kadang-kadang berdasarkan data yang terbatas, sementara menetapkan untuk tujuan perbaikan jangka waktu menengah sampai panjang. Dengan tidak adanya informasi yang memadai, dapat dipertimbangkan pendekatan pengelolaan air yang berhati-hati dimana desain awal atau model operasi menyarankan pendekatan konservatif.

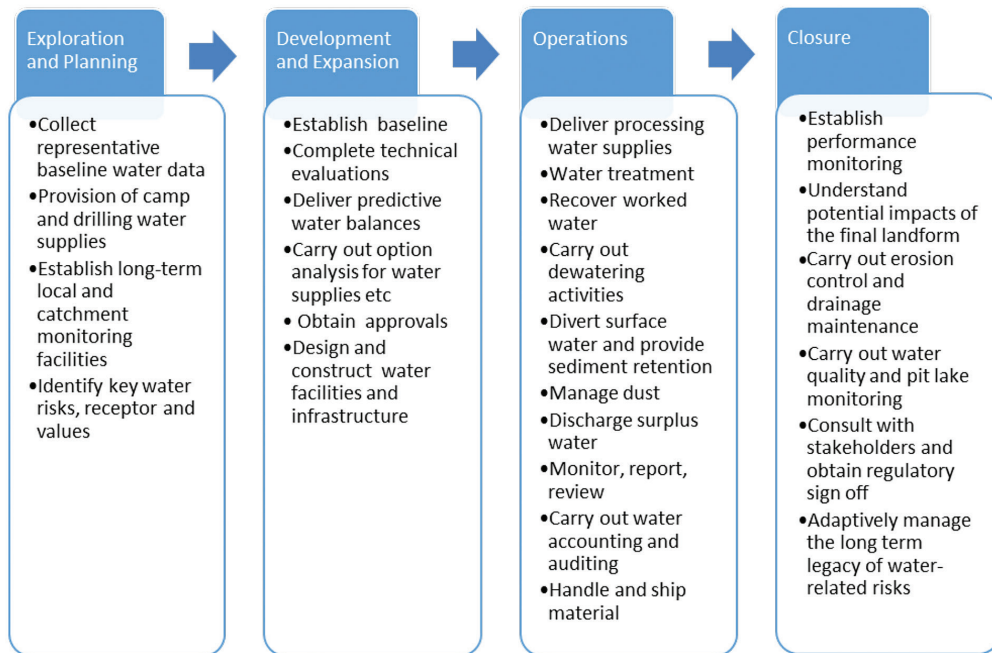
Sebagai contoh, informasi dini pengeringan tambang mungkin tidak cukup (mungkin karena ilmu yang kurang sempurna) guna menentukan tarif memompa jangka menengah; dengan demikian, tahap awal neraca air situs yang terintegrasi mungkin perlu mempertimbangkan berbagai volume dan kualitas air potensial. Akibatnya, pasokan air tambang dan rencana pengelolaan air surplus mungkin perlu untuk mengakomodir varians tersebut. Demikian pula, saat menilai dampak lingkungan, seri waktu (time-series) data awal mungkin tidak sesuai untuk memprediksi tren jangka panjang dan perubahan, sehingga ambang pencegahan dan pemicu mungkin perlu diperkenalkan untuk mengelola ketidakpastian dampak.

Manajemen adaptif dapat menjadi sangat kuat saat digabungkan dengan manajemen risiko. Kelemahannya adalah bahwa investasi yang berlebihan mungkin terjadi sedikit banyak karena ketidakpastian, serta standar desain dan belanja modal mungkin harus lebih tinggi dari yang dibutuhkan.

7.2.3 Rencana strategi dan pengoperasian air

Kegiatan pengelolaan air yang perlu dipertimbangkan selama tahap-tahap penambangan yang berbeda, diuraikan pada Gambar 6.

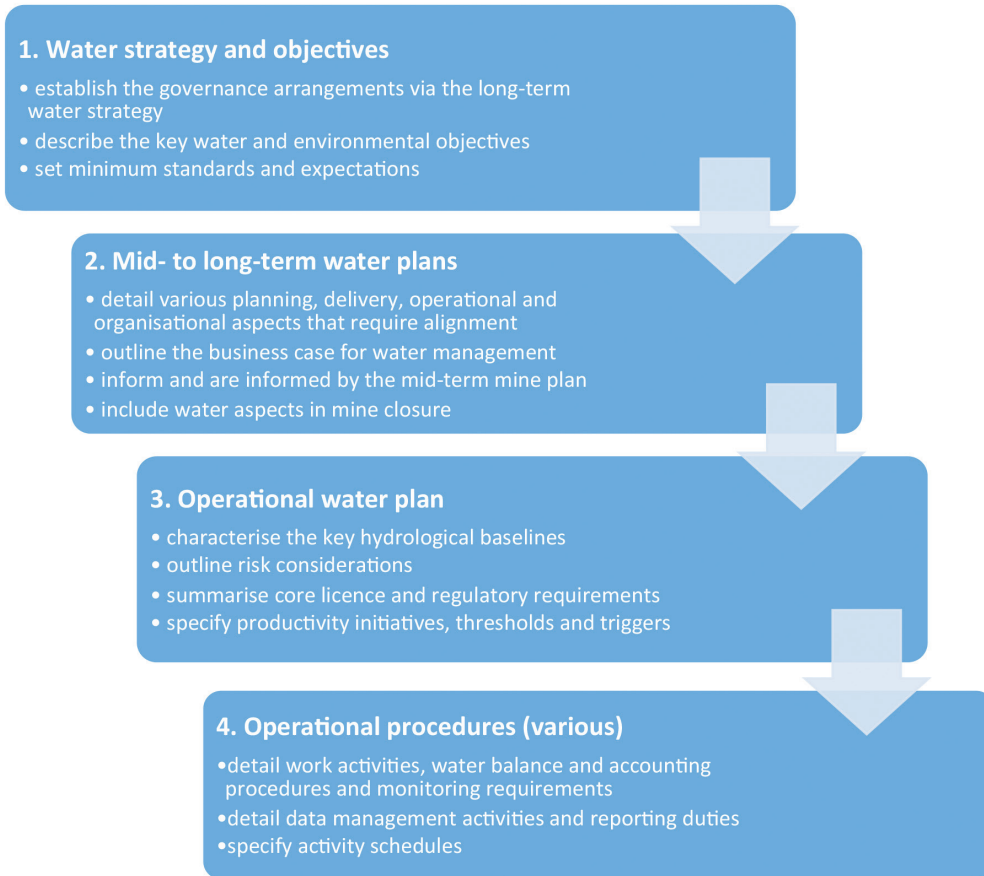
Gambar 6: Kegiatan pengelolaan air pada berbagai tahap LoM



Sejumlah penurunan strategi pokok, rencana dan prosedur (ditunjukkan pada Gambar 7) selaras dengan tahapan-tahapan yang ditunjukkan pada Gambar 6 dan dapat menjadi dasar untuk mempersiapkan dan mencapai hasil pengelolaan air yang sukses, antara lain:

- strategi air dan tujuan
- rencana air berjangka menengah sampai panjang, mencakup aspek air rencana penutupan
- rencana pengoperasian air
- prosedur pengoperasian.

Gambar 7: Komponen utama dari perencanaan dan proses yang diperlukan untuk praktik kerja unggulan pengelolaan air



Strategi air

Sebuah strategi air menetapkan tujuan penatagunaan air terarah dan menyeluruh, merangkum risiko air utama, peluang dan hubungan organisasi yang luas, serta menguraikan perencanaan mendasar, penyampaian proyek dan kerangka operasional untuk memastikan bahwa pengelolaan air diperhitungkan dalam semua tahapan perencanaan tambang. Strategi air harus diperbarui atau ditinjau setiap tahun atau lebih sering jika bisnis memerlukannya.

Strategi air yang menyeluruh efektif bagi perusahaan dengan beberapa operasi mencari keuntungan produksi yang dapat dicapai melalui pendekatan yang konsisten dan standar untuk pengelolaan air. Strategi air biasanya menangani aspek yang berhubungan dengan air dari target produksi, visi dan nilai-nilai perusahaan; regulasi dan kebijakan negara bagian dan nasional; serta pedoman praktik kerja unggulan. Operasi yang lebih kecil dapat mengambil manfaat dari menyiapkan strategi air tetapi dapat memilih untuk menyertakan aspek yang berhubungan dengan air dalam dokumen perencanaan yang lebih luas yang membahas perencanaan cakrawala yang sesuai, seperti rencana tambang atau rencana lingkungan.

Studi kasus: Strategi Air Newmont menetapkan arah untuk peningkatan kinerja

Selama lima tahun terakhir, industri pertambangan telah mengalami tantangan yang berkaitan dengan air yang signifikan karena perubahan persyaratan peraturan, aktivisme masyarakat, serta insiden air tak terduga dan tidak dianggarkan, atau masalah di seluruh wilayah. Akses, ketersediaan dan kualitas air telah menjadi pelantar (platform) politik dan sosial yang memiliki kekuatan untuk menunda atau menghentikan proyek atau ekspansi pertambangan.

Pada tahun 2013, Newmont mengembangkan Strategi Global Air yang resmi disetujui oleh pimpinan eksekutif dan dewan direksi. Strategi ini didasarkan pada lima pilar, masing-masing dengan program sesuai untuk tujuan untuk mendorong implementasi:

- Keamanan air—mengambil pendekatan daerah tangkapan
- Manajemen dampak dan peluang
- Pengoperasian unggul
- Keterlibatan eksternal dengan para pemangku kepentingan
- Keterlibatan internal atas air.

Tahap implementasi untuk Strategi Air Global secara resmi dimulai pada bulan Januari 2014 dengan lokakarya perencanaan yang membawa praktisi dan pimpinan operasional air perusahaan dari masing-masing daerah untuk berupaya atas pengembangan rencana pelaksanaan dan tonggak utama untuk tahun 2014 dan seterusnya. Sesi memfasilitasi input daerah secara langsung dalam perencanaan untuk memastikan keterlibatan aktif dan keselarasan dari tim. Pemimpin eksekutif terlibat dalam sejumlah sesi lokakarya, mengirimkan pesan dukungan yang kuat terhadap kepemimpinan untuk strategi air.

Pada tahun 2014 rencana implementasi mencakup program keterlibatan, serta lokakarya regional dan situs di mana Strategi Global Air tingkat tinggi disempurnakan untuk mencerminkan kondisi regional dan spesifik lokasi, sementara menjaga semua elemen strategi. Beberapa manfaat utama yang direalisasikan dan didukung sejak tahap awal adalah peningkatan tata kelola, satu titik akuntabilitas untuk keputusan air dan penciptaan sistem yang tepat guna memahami biaya penuh air dalam perencanaan bisnis.

Rencana pengelolaan air situs strategis yang dikembangkan menjelang akhir tahun mencakup peran dan tanggung jawab rinci, serta rencana tindakan untuk mengatasi risiko jangka panjang dan peluang. Untuk pengelolaan air Newmont, tahun 2014 adalah tahun yang signifikan saat organisasi berpindah dari strategi tingkat tinggi menjadi strategi regional sesuai untuk tujuan dan rencana air spesifik lokasi. Kerja yang didefinisikan dalam rencana implementasi perusahaan dan regional, serta dalam rencana aksi situs, diperkirakan berlanjut selama tiga sampai lima tahun ke depan.



Tambang Boddington Newmont di barat-daya Western Australia. Tambang memisahkan air berpotensi terkontaminasi, yang dikeringkan dari pembuangan limbah dari fasilitas penyimpanan air baku di latar belakang. Air dipompa kembali ke pabrik pengolahan untuk digunakan terutama dalam penempatan air baku.

Rencana jangka menengah, jangka panjang dan pengelolaan pengoperasian air

Minimal, rencana pengelolaan pengoperasian air merupakan dasar untuk pengelolaan air praktik kerja unggulan. Besar dan kompleksitas rencana tergantung pada sifat dari operasi, hidrologi, serta masyarakat dan kepekaan lingkungan dari daerah sekitarnya. Ini adalah ringkasan dari penggunaan, penyimpanan dan distribusi air dan mengidentifikasi semua masalah proyek pengelolaan air, risiko dan kendali yang terkait dengan pengembangan, pengoperasian dan dekomisioning proyek. Rencana tersebut dipandu oleh strategi air atau dengan rencana air jangka menengah atau rencana tambang, dan menentukan bagaimana mengelola dan mengendalikan potensi dampak buruk pada sumber daya air lokal dan regional. Kegiatan air utama yang akan dibahas pada setiap tahap siklus umur tersebut dirangkum dalam Gambar 6.

Meskipun dalam banyak kasus rencana pengelolaan air operasional dianggap penting, beberapa rencana air berurutan mungkin diperlukan guna memastikan rencana pengelolaan pengoperasian air dan kegiatan yang diusulkan secara efektif selaras dengan berbagai tahapan perencanaan tambang dan urutan. Secara khusus, rencana air jangka panjang akan menguraikan kegiatan air dan langkah-langkah persiapan serta investasi yang dibutuhkan guna mendukung pelaksanaan rencana tambang jangka panjang dan pasokan air berkelanjutan. Misalnya, jadwal pertambangan yang diusulkan dan tata letak dapat dibatasi oleh pengeringan tubuh bijih yang dapat dicapai atau persyaratan penanganan batu limbah, serta rencana air jangka panjang akan mendokumentasikan kasus bisnis untuk aspek-aspek pengelolaan air situs tersebut dan menginformasikan rencana pengelolaan pengoperasian air. Dalam skenario ini, rencana pengelolaan pengoperasian air akan selaras pada perencanaan cakrawala dan kerangka waktu proyek agar meminimisasi risiko air dan memberi hasil target produksi sementara mencapai tujuan lingkungan.

Rencana pengelolaan pengoperasian air mengintegrasikan kuantitas dan kualitas air dan biasanya menyediakan lokasi untuk mengkonsolidasikan pengaturan hidrologi konseptual dan ikhtisar fungsi sistem prasarana air. Rencana ini memperinci tindakan-tindakan pengelolaan air yang berada di tempat dan menyatakan siapa yang bertanggung jawab untuk menerapkannya. Rencana ini mencatat tujuan air situs tertentu yang kinerjanya dapat dinilai. Juga mencatat persyaratan untuk pelaporan kinerja air internal dan eksternal, memastikan pelaporan berkala dicatat dalam prosedur pengoperasian dan ditautkan ke manual operasional. Ini harus sering digunakan dan dapat diakses oleh semua staf melalui intranet perusahaan dengan hak mengedit terbatas guna mempertahankan kendali versi.

Rencana pengelolaan pengoperasian air bukan merupakan dokumen statis, karena operasi harus secara teratur menghadapi perubahan dan perbaikan, serta harus secara teratur diperbarui dan ditinjau sebagai persyaratan peraturan dan skenario pengembangan perubahan tambang atau dimodifikasi. Meskipun dengan perencanaan yang baik perubahan tersebut seharusnya tidak terjadi setiap hari atau setiap minggu, perubahan cenderung mengakibatkan kebutuhan untuk memodifikasi rencana pengoperasian setidaknya setiap tahun atau dalam beberapa kasus kuartalan.

Prosedur pengoperasian

Prosedur pengoperasian memberikan daftar periksa persyaratan inti dan arah untuk kegiatan kerja yang terkait dengan air, yang biasanya membutuhkan pelaksanaan harian atau kuartalan, seperti jadwal pemantauan kualitas air bulanan untuk fasilitas pemantauan air tanah bendungan tailing. Prosedur menggambarkan tujuan pengoperasian yang diperlukan serta kegiatan pengamatan dan pengumpulan data, dan juga dapat mendefinisikan tanggung jawab, pelaksanaan target air dan pengelolaan catatan. Prosedur biasanya dimaksudkan untuk menjadi dokumen internal dan biasanya bagian dari sistem manajemen lingkungan. Penting untuk menempatkan sistem manajemen guna memastikan prosedur ditindaklanjuti; jika tidak, prosedur mungkin tidak bekerja sebagaimana dimaksud.

Prosedur pengoperasian juga dapat digunakan untuk mendefinisikan asumsi yang mendasari akun air situs ini, dan konsekuensinya di mana keputusan manajemen dibuat. Prosedur juga dapat menggambarkan kegiatan terkait, seperti proses perencanaan cakrawala atau tata kelola serta audit daftar periksa dan pelantar untuk informasi dan sosialisasi pembelajaran.

Bagian penting dari prosedur pengoperasian situs adalah untuk mencirikan dan mendefinisikan jenis air yang berbeda, yang mungkin harus dikelola di situs. Ini memberikan dasar untuk akuntansi air jernih dan memastikan penafsiran output dari akun situs air secara konsisten. Akun air adalah buku besar (ledger) air hasil operasional sebenarnya, yang dapat ditinjau dan dibandingkan terhadap neraca air prediktif. Pada dasarnya, air memiliki dua kondisi—mentah (sebelumnya tidak melewati suatu tugas) dan yang sudah dikerjakan (melewati tugas setidaknya sekali). Mengingat pentingnya berkomunikasi dengan masyarakat dan regulator tentang penggunaan air tawar, operasi harus memiliki definisi atribut kualitas yang merupakan air tawar dan catatan sumbernya. Kerangka Kerja Akuntansi Air untuk Industri Mineral MCA memberikan pendekatan yang konsisten dengan akuntansi air berdasarkan jenis air (MCA 2014).

Seperti halnya dengan rencana pengelolaan pengoperasian air, prosedur perlu dijaga sesuai saat berjalan (current) dan relevan melalui tinjauan-tinjauan teratur.¹⁹

¹⁹ Bagian 9 dan 11 merangkum beberapa persyaratan khusus dari prosedur pengoperasian.

8.0 INTERAKSI ANTARA SISTEM PENGOPERASIAN AIR TAMBANG DAN DAERAH TANGKAPAN

Pesan-pesan kunci

- Langkah pertama praktik kerja unggulan dalam mengembangkan sistem pengoperasian air tambang yang melibatkan pemahaman sumber daya air dari daerah tangkapan dan wilayah yang lebih luas serta interaksi antara sumber daya air dan kegiatan pertambangan.
- Pemahaman tersebut biasanya diperoleh selama tahap pengkajian dan pengembangan tambang (eksplorasi, pra-kelayakan dan studi kelayakan, konstruksi), tetapi merupakan proses yang berkembang di mana pengumpulan informasi lebih mengarah ke peningkatan pemahaman.
- Pada tahap pertama ini sangatlah penting untuk memahami sistem air permukaan di daerah tangkapan, sumber daya air tanah dan kebutuhan pasokan air untuk operasi dan penutupan.
- Guna memastikan pengendalian risiko air praktik kerja unggulan, situs perlu melakukan perencanaan yang komprehensif dan studi teknis serta untuk berinvestasi di bidang prasarana.
- Situs-situs perlu memahami dampak dari bentuk alam pasca-penutupan pada sumber daya air dan kualitas air.

Air merupakan sumber daya penting dalam banyak proses tambang, seperti pengolahan sumber daya dan pengelolaan debu, dan dapat sulit untuk mengamankan di lingkungan air yang dibatasi. Hal ini juga dapat menjadi kewajiban saat interaksi tambang dengan badan air menimbulkan tantangan untuk penyedotan dan produksi, atau menimbulkan dampak pada ekosistem sekitarnya. Misalnya pada tahun 2010, Queensland memiliki iklim yang terekam paling basah dalam bulan Desember dan mengalami banjir yang amat meluas. Lubang tambang yang kebanjiran dan tidak dapat dikosongkan karena ketentuan peraturan; akses ke tambang ditutup karena banjir; jalan angkut tidak dapat digunakan karena terlalu basah dan licin; serta banyak karyawan tambang yang terkena dampak, karena rumah mereka terendam banjir.

Dampak iklim dan perubahan yang terkait peraturan secara signifikan meningkatkan waktu yang didedikasikan untuk masalah yang berhubungan dengan air. Beban kerja tim produksi dan teknis dapat ditingkatkan dengan persyaratan untuk mengeringkan lubang, menyatakan tambang yang terpengaruh air pada penyimpanan dan menangani jalan raya basah. Ada alasan ekonomi yang jelas untuk meningkatkan pendekatan guna pengelolaan air untuk pengendalian yang lebih baik dari risiko tersebut.

Kegiatan bervariasi, tergantung pada tahap siklus umur tambang. Dalam arti luas, pemahaman risiko berskala daerah tangkapan perlu ada di tahap eksplorasi dan perencanaan sebelum pengoperasian dibangun, langkah-langkah mitigasi untuk risiko operasional perlu dipasang sementara pengoperasian sedang dibangun atau diperluas dalam tahap pengembangan dan perluasan, dan masing-masing komponen dapat dioptimalkan selama tahap operasi. Penutupan tambang harus mempertimbangkan warisan risiko yang terkait dengan air.

Bagian 7 sampai 10 dari buku pegangan ini memberikan panduan tentang bagaimana memilih metode terbaik dari yang tersedia, dan bukan preskriptif tentang alat khusus yang harus digunakan. Langkah pertama dalam mengembangkan pengoperasian sistem air tambang praktik kerja unggulan melibatkan pemahaman sumber daya air daerah tangkapan dan wilayah yang lebih luas serta interaksi antara sumber daya air dan operasi (lihat juga bagian 4 sampai 6 untuk risiko daerah tangkapan). Pekerjaan ini umumnya diselesaikan selama tahap penilaian dan pengembangan tambang (eksplorasi, pra-kelayakan dan studi kelayakan, konstruksi), tetapi merupakan proses yang berkembang di mana di dalamnya kumpulan informasi yang lebih banyak menuntun ke peningkatan pemahaman.

8.1 Air permukaan

Memahami sistem air permukaan di daerah tangkapan sangat penting untuk pengoperasian tambang.²⁰ Operasi perlu mengumpulkan data dasar yang cukup untuk memprediksi dan memantau dampak pada sistem air. Situs juga perlu memahami dampak dari bentuk alam pasca-penutupan pada sumber daya air dan kualitas air.

Pertanyaan yang akan memandu pemahaman tentang konteks air permukaan adalah:

- Apakah ada tantangan spesifik yang terkait dengan karakteristik hidrologi daerah tangkapan, seperti variabilitas aliran ekstrim, atau dengan bentuk alam pasca-penutupan?
- Bagaimanakah kualitas air permukaan?
- Apakah kerangka kerja yang mengatur interaksi dengan air permukaan itu?
- Apakah komunitas ekologi dan sosial yang didukung oleh DAS?
- Apakah daerah sensitif itu?

Konsekuensi tidak memahami konteks air permukaan dapat:

- bersifat keuangan: kegagalan untuk memperoleh izin dan ketentuan yang tepat dapat menunda proyek; kegagalan untuk memahami dan risiko mitigasi banjir dapat memiliki dampak bencana pada prasarana dan produksi; kegagalan untuk memahami dan mengurangi risiko kekeringan dapat mengurangi produksi
- bersifat lingkungan: dampak yang tidak dapat diterima pada masyarakat ekologis penting atau pengguna lain
- bersifat hukum dan reputasi: dampak yang tidak dapat diterima pada pengguna lain.

Untuk memastikan praktik kerja unggulan terhadap risiko tersebut, situs perlu melakukan perencanaan yang komprehensif dan studi teknis serta untuk berinvestasi di bidang prasarana. Topik teknis yang perlu dieksplorasi untuk memperoleh tingkat yang sesuai pemahaman risiko berskala daerah tangkapan untuk pengoperasian dibahas di bawah.

Contoh: Konsekuensi tidak memahami konteks air permukaan

Konsekuensi tidak memahami lingkungan di mana tambang dikembangkan tidak lebih jelas daripada kasus tambang Mount Polley Mine di British Columbia, Canada.²¹ Pada tanggal 4 Agustus 2014, tanggul danau tailing gagal, menumpahkan 10.000 megaliter air dan 4,5 juta meter kubik limbah tailing ke Hazeltine Creek, Lake Polley dan Quensel Lake. Sebuah panel pakar yang independen menemukan bahwa fasilitas penyimpanan tailing gagal karena lapisan glaciolacustrine sekitar 8 meter di bawah dasar bendungan di daerah pelanggaran itu tidak sekuat seperti yang telah diasumsikan dalam desain fasilitas penyimpanan tailing.

Estimasi biaya restorasi dan pemeliharaan sebesar C\$ 67 juta.

²⁰ Lihat Bagian 6 untuk ikhtisar hidrologi daerah tangkapan.

²¹ Contoh ini berdasarkan IMC (2015).

8.1.1 Kumpulkan data

Susun data dari jaringan pemantauan yang ada, antara lain:

- informasi geografis, termasuk model elevasi digital serta informasi topografi, vegetasi dan tanah
- data iklim dan curah hujan dari Badan Meteorologi dan database SILO Pemerintah Queensland²²
- informasi cuaca dari stasiun cuaca terdekat yang dipegang oleh perusahaan swasta, jika tersedia
- data arus sungai dari lembaga negara atau pemegang data lainnya²³
- informasi tentang izin penggunaan air dan hak volume pengguna lain di daerah tangkapan, melalui regulator air yang relevan
- data lingkungan yang relevan dalam domain publik.

8.1.2 Pasang alat pemantauan dan dapatkan data tambahan

Tinjauan data akan mengungkapkan kesenjangan data yang signifikan yang dapat diisi hanya dengan memasang peralatan pemantauan di daerah yang ditentukan:

- stasiun cuaca: jika stasiun cuaca diperlukan untuk pemodelan kualitas udara atau untuk memenuhi ketentuan izin, mungkin memiliki tapak yang spesifik dan persyaratan pengukuran (seperti kepatuhan terhadap AS 2923, yang dibutuhkan oleh EPA Victoria)
- stasiun pengukuran: bendungan V-notch, saluran (flume) dan kendali alami (dalam beberapa kasus, menjaga saluran untuk ikan mungkin menjadi kendala desain)
- pemantauan kualitas air dasar: memahami variasi dalam kualitas air memerlukan catatan yang baik dari sampel-sampel air²⁴
- dasar pemantauan ekologi air: mungkin diperlukan di mana kualitas air lebih rendah dari ANZECC-ARMCANZ (2000a) nilai default atau ekosistem terdegradasi.

8.1.3 Penilaian lengkap awal

Melengkapi penilaian awal membutuhkan kerja lebih lanjut pada air permukaan hidrologi, pengalihan aliran air, drainase dan kualitas air.

Hidrologi air permukaan

Studi hidrologi diperlukan untuk memahami berbagai aliran. Pekerjaan ini memiliki tiga aspek dengan bidang teknis yang berbeda:

- menilai potensi yang amat besar dan dampak dari curah hujan ekstrim dan banjir
- menilai ketersediaan air
- menilai potensi dampak dari pengeringan dan pelepasan kelebihan air.

²² 'Data iklim SILO', The Long Paddock Pemerintah Queensland, <https://www.longpaddock.qld.gov.au/silo/>.

²³ Kantor Air NSW memiliki 5.000 stasiun pemantauan air, 900 dari stasiun tersebut memberi informasi waktu nyata. Pemerintah Queensland mengoperasikan jaringan besar stasiun pemantauan pelepasan sungai (<https://water-monitoring.information.qld.gov.au/>). Badan Meteorologi juga memegang data untuk penilaian sumber daya air (<http://www.bom.gov.au/water/awra/index.shtml>).

²⁴ *Pedoman Australia dan Selandia Baru untuk kualitas air tawar dan laut (Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality)* (ANZECC-ARMCANZ 2000a) memerlukan dua tahun data kualitas air bulanan untuk menangkap variabilitas temporal saat menentukan kondisi dasar.

Hidrologi mengandalkan penilaian tingkat curah hujan dengan probabilitas tertentu terjadinya. Hidrologi menggunakan konsep 'probabilitas terlampaui tahunan' (AEP), yang merupakan kemungkinan suatu peristiwa dengan besaran tertentu yang terjadi dalam jangka waktu tertentu. Sebagai contoh, sebuah peristiwa dari 1:100 AEP memiliki 0,01 probabilitas yang terjadi dalam setahun. AEP adalah konstruksi statistik dan dihitung sesuai dengan metode spesifik yang diuraikan dalam manual hidrologi (lihat rujukan di bawah). Interpretasinya dalam domain publik dapat menyesatkan, karena banyak rujukan yang mungkin dibuat untuk 'fakta' bahwa 1:100 AEP peristiwa hanya 'dapat' terjadi sekali dalam 100 tahun. Tidak demikian halnya. Karena peristiwa memiliki probabilitas rendah untuk terjadi, tidak berarti bahwa hal itu tidak dapat terjadi. Hal ini penting untuk tim rekayasa dan lingkungan untuk menerangkan dengan gamblang apa yang diwakili oleh AEP sehingga tingkat risiko dimengerti oleh semua orang yang terlibat.

Total curah hujan untuk berbagai AEP dihitung dengan menggunakan metode yang ekstrapolasi data historis ke dalam domain yang kurang mungkin terjadi. Untuk AEP dengan probabilitas yang cukup tinggi (biasanya turun ke 0,01), kurva durasi frekuensi intensitas yang digunakan.²⁵ Untuk probabilitas rendah (AEP <0,01), kemungkinan metode curah hujan maksimal yang digunakan.²⁶

Karena variasi yang besar dalam distribusi curah hujan dan kesulitan dalam membangun dengan keyakinan bahwa suatu peristiwa mungkin atau tidak mungkin terjadi selama LoM, strategi mitigasi dirancang untuk memberikan perlindungan terhadap AEP tertentu. Biasanya, konsekuensi peristiwa dengan berbagai AEP dianalisis dan dihitung biayanya, dan strategi mitigasi untuk menghindari konsekuensi setiap peristiwa juga dirancang dan dihitung biayanya. Tingkat risiko yang dipilih terhadap tambang yang akan dilindungi berdasarkan analisis manfaat-biaya menyeluruh dari masing-masing skenario. Semakin rendah AEP yang dipilih, semakin tinggi biayanya.

Hal ini penting untuk memahami konsep ini: dalam banyak kasus, tidak akan ada regulasi yang menegakkan toleransi risiko, yang harus dipilih oleh tim proyek setelah analisis manfaat-biaya menyeluruh dan keterlibatan dengan berbagai pemangku kepentingan untuk memastikan bahwa semua aspek risiko (keselamatan, lingkungan, produksi, masyarakat dan reputasi risiko, serta persyaratan peraturan) diperhitungkan. Perhatikan bahwa tidak semua bagian dari tambang perlu dirancang untuk toleransi risiko yang sama. Sebuah fasilitas penyimpanan air tambang yang menghadirkan risiko tinggi dengan mengekspor air yang terkontaminasi ke lingkungan, akan dirancang dengan AEP lebih rendah dari prasarana drainase standar.

Untuk penilaian curah hujan ekstrim dan banjir, rujukan utama adalah curah hujan dan limpasan Australia (IEAust 1987), edisi revisi yang diharapkan akan diterbitkan pada tahun 2015. Metodologi penilaian dapat berkisar dari aplikasi sederhana metode rasional sampai pemodelan hidrologi dan hidrolik yang kompleks (menggunakan alat seperti RAFTS, RORB dan Urbs untuk hidrologi atau HEC-RAS dan MIKE FLOOD untuk hidrolik). Dalam semua kemungkinan, penilaian akan memerlukan masukan dari para pakar teknis (insinyur yang mengkhususkan diri dalam hidrologi dan konsultasi hidrolika).

Penyampaian penting adalah penentuan apakah prasarana berisiko banjir. Seperti dibahas di atas, toleransi risiko tergantung pada jenis prasarana: toleransi akan berbeda untuk jalan jauh (haul road) dan untuk wilayah pertambangan. Jika banjir membutuhkan kendali, kiriman juga harus mencakup rencana mitigasi yang berkemungkinan akan mencakup prasarana guna mengarahkan banjir (tanggul). Dalam beberapa yurisdiksi, struktur pengendalian banjir diregulasi. Misalnya di Queensland tanggul di bawah pengawasan jika kegiatan pertambangan diperkirakan mengganggu pada kantong banjir dari peristiwa 1: 1.000 AEP.

Berbagai alat yang tersedia untuk menilai ketersediaan air sehari-hari, termasuk model air permukaan seperti misalnya model neraca air Australia, tapi, sama halnya dengan banjir, aspek ini mungkin butuh masukan spesialis. Hasil kerja utama adalah seri waktu arus yang diprediksi setiap hari dan kemungkinannya. Selama penilaian ini, potensi erosi dari lahan bentukan alam dan yang dibangun juga harus diperhitungkan.

²⁵ Lihat Badan Meteorologi, Intensitas-frekuensi-durasi, <http://www.bom.gov.au/water/designRainfalls/ifa/>.

²⁶ Lihat Badan Meteorologi, *Kemungkinan curah hujan maksimal*, <http://www.bom.gov.au/water/designRainfalls/pmp/index.shtml>.

Pengalihan badan air

Endapan sumber daya mineral sering mengalir sampai ke bawah aliran perairan dan sungai. Kelangsungan hidup proyek sumber daya dapat mengandalkan kelayakan pengalihan aliran air untuk memungkinkan akses ke deposit sumber daya. Pengalihan aliran air mungkin langgeng jika layak secara ekonomis (berdasarkan total biaya selama umur pengalihan aliran air) dan di mana dampak pengalihan aliran perairan dapat dimitigasi dan dikendalikan secara memadai. Sungai merupakan komponen penting dari lanskap, dan masyarakat menghargainya untuk pasokan air, rekreasi dan nilai-nilai lingkungan, serta untuk alasan estetika dan budaya mereka. Proposal untuk mengalihkan endapan tersebut dapat menimbulkan kekhawatiran masyarakat dan memerlukan izin pemerintah. Pada tahun 2014, Pemerintah Queensland menerbitkan pedoman yang memberikan saran teknis pengalihan aliran air yang terkait dengan kegiatan sumber daya (DNRM 2014). Banyak isi pedoman yang didasarkan pada penelitian yang didukung oleh Program Penelitian Asosiasi Batubara Australia.

Drainase

Tambang terbuka dapat mempengaruhi drainase regional, dan dampaknya mungkin menimbulkan kebutuhan untuk mengalihkan aliran perairan dan melindungi prasarana dari banjir. Dampak potensi drainase lain terkait dengan penurunan/amblesan yang dibuat oleh penambangan bawah tanah. Besarnya dampak tergantung pada ukuran lubang dan proses penambangan bawah tanah. Khususnya, di terowongan panjang bawah tanah pertambangan batubara, strata atap di atas lapisan batubara semakin runtuh untuk mengisi rongga (void) yang diakibatkan oleh penambangan. Hal ini menyebabkan perkembangan progresif dangkal cekungan palung seperti pada permukaan atas setiap panel terowongan panjang yang digali. Amblesan permukaan ini dapat mempengaruhi fitur drainase, saluran air lokal dan luasnya dataran banjir. Tingkat tanah di bawah dan berdekatan dengan perairan dan saluran banjir dapat turun, yang mungkin dapat mempengaruhi karakteristik geomorfik saluran sungai kecil.

Potensi banjir dan dampak geomorfik amblesan di sungai dan fitur drainase harus dinilai melalui studi teknis rinci dan perlu menyertakan potensi untuk:

- meningkatkan frekuensi dan durasi banjir di lokasi proyek dan sekitarnya
- meningkatkan genangan air banjir di tepian
- terpenggalnya saluran akibat perubahan arah arus banjir di tepian
- meningkatnya erosi dan sedimentasi di perairan yang terkena dampak
- mengurangi aliran hilir di dalam saluran atau genangan tepian.

Penilaian efek amblesan pada air permukaan (dan air tanah) membutuhkan keterampilan teknis khusus.

Kualitas air

Data kualitas air perlu dihimpun untuk memahami potensi risiko kualitas kesehatan sungai dan air tanah serta memantau efektivitas tindakan mitigasi. Pemahaman tentang risiko yang terkait dengan data geokimia harus menginformasikan kriteria desain dan tindakan manajemen, dan karenanya risiko terhadap lingkungan penerima.

Penilaian geokimia dari lingkungan penerima diperlukan untuk mendefinisikan unsur-unsur yang secara alami terkandung dalam lingkungan penerima. Pedoman ANZECC-ARMCANZ (2000a) memberikan metode untuk menentukan apakah ekspor air tambang yang terkena dampak memiliki potensi untuk mempengaruhi kesehatan air. Geokimia limbah tambang dan bahan kimia yang digunakan dalam pengolahan mineral menunjukkan bahwa unsur-unsur atau zat bias terdapat di limpasan. Analisis semua data geokimia menentukan apakah ekspor air tambang untuk lingkungan penerima dapat menimbulkan risiko jika tidak terkendali. Neraca air mengidentifikasi apakah air perlu dilepaskan, baik secara rutin atau sebagai akibat banjir. Risiko untuk kesehatan aliran tergantung pada aliran dan kualitas air yang dilepaskan serta aliran dan kualitas lingkungan penerima. Dalam banyak yurisdiksi, hal ini diatur secara ketat.

Untuk informasi lebih lanjut tentang dampak kualitas air dari drainase tambang asam, rujuk pada buku pegangan praktik kerja unggulan *Drainase asam dan logam* (DIIS 2016).

Prinsip utama manajemen risiko praktik kerja unggulan adalah untuk memahami dampak jangka panjang pada kualitas dan aliran air serta untuk melampaui pengidentifikasian kontaminan utama guna memahami proses potensi dampak dan tahap sensitif atau komponen dalam menerima ekosistem. Tanpa memahami proses fisik, geokimia dan biologis yang dapat menyebabkan toksisitas pada reseptor utama, praktik kerja unggulan mungkin tidak akan tercapai. Untuk perairan tambang yang terkena dampak dengan berbagai kontaminan, mungkin sulit untuk memprediksi toksisitas untuk ekosistem penerima. Bagaimana campuran kontaminan berinteraksi dan mempengaruhi toksisitas kurang dipahami. Pengukuran konsentrasi zat tunggal tidak efektif. Pedoman ANZECC-ARMCANZ (2000a) menggunakan konsep penilaian toksisitas langsung, yang dapat digunakan untuk menilai toksisitas air tambang yang terkena dampak dalam berbagai organisme. Sebuah strategi pelepasan kemudian dapat dirancang untuk menghindari dampak pada ekosistem penerima, memungkinkan manajemen proaktif tingkat pelepasan dan ketepatan waktu. Selain itu, dapat jauh lebih praktis untuk menggunakan penilaian toksisitas langsung sebagai alat prediksi guna mengatur pelepasan ke perairan sementara daripada mencoba untuk memantau dampak pelepasan setelah peristiwa terjadi, sehingga remediasi dampak mungkin sulit dicapai.

Pelepasan air tambang yang terkena dampak dalam sistem air permukaan dan air tanah sering berisi partikulat terlarut, tersuspensi serta bermuatan lapisan (bed-load) dan bahan permukaan yang terangkut. Bahan-bahan tersebut mungkin langsung beracun atau mengakibatkan efek lingkungan fisik, seperti abrasi atau penyesakan, atau mengubah struktur habitat. Lingkungan geokimia dan lingkungan fisik (mis. dengan mengekspos air tanah ke atmosfer atau di lahan basah) yang berubah dapat menyebabkan reaksi yang memperburuk atau pun memperbaiki kondisi lingkungan air atau lingkungan penerima.

Contoh: Konsekuensi tidak memahami kualitas air

Pada bulan Januari 2008, pusat Queensland mengalami curah hujan yang deras.²⁷ Air yang ditangkap di Fairbairn Dam dekat Emerald mencapai ketinggian banjir kanal (spillway) dan melewati atas bendungan. Beberapa jam kemudian, hilir bendungan, arus besar di Nogoa River memecahkan retribusi pinggir sekitar tambang Ensham dan air tertuang masuk ke dalam beberapa pit operasional. Dalam tambang terkumpul lebih dari 150 GL air dari tambang yang terkena dampak.

Regulator mengeluarkan izin program transisi lingkungan guna memungkinkan tambang untuk melepaskan sebagian air ke Nogoa River, tapi pelepasan menyebabkan peningkatan salinitas di hilir. Persediaan air minum yang terpengaruh dan kekhawatiran tentang dampak ekosistem perairan dimunculkan. Penilaian kualitas air yang dilakukan sebelum pelepasan yang telah diresmikan tidak cukup kuat. Pemerintah Queensland merespons dengan menerapkan berbagai strategi untuk lebih memprediksi dan mengatur rilis air tambang, termasuk penilaian dampak kumulatif.

27 Contoh ini berdasarkan Delzoppo (2011).

8.2 Air tanah

Dalam kebanyakan kasus, pertambangan melibatkan interaksi dengan air tanah, yang perlu dikaji dan dikelola untuk mencegah dampak pada operasi dan lingkungan sekitarnya, pengguna lain dan sumber daya air. Pengkajian dan pengelolaan air tanah dapat sulit karena ketidakpastian teknis dan tantangan dalam menggambarkan kontrol hidrogeologi dan mekanisme aliran.

Pertanyaan tentang tanah yang memandu perkembangan pertambangan, antara lain berikut ini:

- Apakah karakteristik akuifer (termasuk kedalaman air, parameter hidrolik, arah aliran, distribusi, lokasi resapan, lokasi pelepasan dan mekanisme aliran) yang perlu dipahami untuk mengevaluasi risiko air dan peluang?
- Apakah persyaratan dan tujuan pengelolaan air tanah?
- Apakah kualitas, variabilitas vertikal dan lateral air tanah?
- Apakah dampak pertambangan pada kualitas air tanah?
- Apakah ada fitur geologi struktural dan pengendapan yang dapat memfasilitasi kompensasi migrasi kontaminan?
- Apakah ada hubungan antara air permukaan dan air tanah (seperti mata air, anak sungai musim semi (spring-fed) atau anak sungai dari aliran dasar (baseflow-fed)?)
- Dapatkah akuifer menghasilkan volume air tanah yang cukup untuk operasi?
- Apakah kerangka kerja peraturan pengendalian gangguan dan perizinan air tanah?
- Apakah orang lain tergantung pada air tanah untuk mata pencaharian mereka?
- Berapakah nilai komersial pasokan air yang aman untuk pemilik tanah swasta dan publik?
- Ekologi dan komunitas sosial apa sajakah yang didukung oleh air tanah, dan adakah ekosistem air tanah tergantung dan situs budaya yang signifikan?
- Informasi apa sajakah yang diperlukan untuk menentukan hasil berkelanjutan dan tingkat maksimal atau laju perubahan tanah yang akan perlu diatur dan dikelola untuk melindungi nilai-nilai sosial, lingkungan dan ekonomi?
- Apa sajakah efek potensi kumulatif?
- Apa sajakah dampak jangka panjang dari kontaminasi air tanah, dan saat mungkin mereka terjadi?
- Apakah ada tantangan khusus dalam mendapatkan informasi yang mencirikan akuifer dan aliran air tanah?
- Berapa banyak pengetahuan hidrogeologi yang dibutuhkan untuk mengelola berbagai efek dan dampak?

Konsekuensi tidak memahami konteks tanah cukup baik, dapat secara:

- Keuangan: kegagalan untuk memperoleh izin dan ketentuan yang tepat dapat menunda proyek; kegagalan untuk memahami dan mengelola persyaratan pengeringan air tanah atau kegagalan untuk menjaga stabilitas lereng pit dapat menyebabkan penundaan yang mahal atau dampak bencana pada prasarana dan produksi; kegagalan untuk memahami dan mengurangi penarikan akuifer tetangga dapat mempengaruhi kemampuan tambang untuk tetap beroperasi.
- Lingkungan: dampak yang tidak diterima pada masyarakat ekologis penting (seperti ekosistem dan stygofauna yang tergantung pada air tanah).
- Hukum dan reputasi: dampak yang tidak diterima pada pengguna lain.

Banjir di tambang Browns Creek di wilayah barat-daya New South Wales adalah contoh konsekuensi yang mungkin terjadi jika risiko tanah tidak dipahami. Pada tahun 1999, kegiatan pertambangan silang menyilang dengan akuifer batu kapur. Dalam beberapa jam tambang kebanjiran dan kemudian diabaikan.²⁸

Risiko utama tidak memahami sistem air tanah adalah:

- ketidakpastian tentang volume air tanah yang mengalir ke tempat kerja tambang
- ketidakpastian stabilitas geoteknik dari tempat kerja tambang
- ketidakpastian tentang kontrol kualitas air tanah yang terkait dengan kerja tambang dan aliran limbah, khususnya limbah batu sisa dan tailing
- degradasi atau kerusakan ekosistem yang tergantung pada air tanah lewat perubahan aliran atau pada kualitas
- ketidakpastian tentang respons akuifer terhadap pemompaan, dengan implikasi terhadap modal dan belanja operasional
- kemungkinan perancangan sebuah proyek yang tidak mendapat izin atau persetujuan
- dampak yang tidak berterima pada properti pasokan air tetangga
- risiko bisnis yang tidak berterima yang disebabkan oleh tingkat keamanan pasokan air yang rendah.

Kendali risiko praktik kerja unggulan adalah perencanaan awal, studi teknis (seperti penelitian dasar dan studi variasi temporal, tanggapan terhadap peristiwa ekstrim dan kondisi geokimia), dan prasarana. Sangat penting bahwa tim multidisiplin ilmu (termasuk insinyur pertambangan, pakar geologi tambang, insinyur geoteknik, ekologi, pakar geokimia dan spesialis air tanah dan spesialis air permukaan) dibentuk untuk mengidentifikasi dan mengakomodir risiko yang terkait air tanah dan untuk memberikan informasi awal guna memastikan minimisasi peraturan dan risiko perizinan, serta manajemen yang lebih baik dari harapan pemangku kepentingan. Mengatasi masalah-masalah seperti risiko kegagalan kemiringan, termasuk konsekuensi keamanan bagi personil dan peningkatan biaya kepada pemilik, membutuhkan keterampilan teknis khusus. Jika diperlukan pelepasan air tanah dari situs, akan membutuhkan perizinan pemerintah, sehingga perlu mencadangkan kebutuhan untuk studi lapangan, analisis dan pelaporan. Keterlibatan tim multidisiplin ilmu secara dini dalam LoM akan memberikan rencana yang tepat, sehingga menawarkan penghematan biaya yang signifikan.

Sistem air tanah yang kompleks, dan penyelidikan yang ditargetkan dengan pemantauan komprehensif dan berkelanjutan, sering diperlukan untuk secara memadai memahami proses-proses yang membentuk sumber daya air tanah dan keterkaitan dengan sumber air lainnya dan lingkungan. Pengelolaan air tanah membutuhkan pengumpulan dan tinjauan data serta perbaikan berkesinambungan pada konseptualisasi hidrogeologi untuk mendukung peningkatan sistem pengelolaan air. Topik teknis yang perlu dieksplorasi sebagai bagian dari tahap ini dan kegiatan terkait dibahas di bawah.

Pembahasan dalam Bagian 8.1.3 tentang kualitas air dan drainase juga berkaitan dengan air tanah dan harus ditinjau.

²⁸ Lihat ANL Pty Ltd, Browns Creek mine, <http://anlscape.com.au/browns creek>.

8.2.1 Mengumpulkan informasi publik yang tersedia

Akses pada informasi dan data penting untuk memahami sistem air tanah, dan amat penting untuk pengelolaan air tanah dan penggunaan yang efektif. Khususnya juga penting untuk kesiapan akses data temporal dan spasial guna memantau tren dalam kondisi air tanah dan mengevaluasi efektivitas rencana manajemen, strategi dan tindakan.

UU Air 2007 menuntut Biro Meteorologi dengan tugas untuk menyusun, standardisasi, dan menyebarluaskan data air nasional, termasuk data air tanah utama seperti dijelaskan dalam Peraturan Air 2008. Undang-undang menyediakan mekanisme untuk mengembangkan keseragaman dalam dataset antara yurisdiksi, yang merupakan dasar untuk mengembangkan pendekatan pengelolaan air tanah yang konsisten.

Biro tersebut sedang mengembangkan Sistem Informasi Sumber Daya Air Australia guna menghimpun, menstandarisasi dan menempatkan air tanah dan data terkait serta menyusun data kontekstual penting untuk konstruksi tanah bor dan stratigrafi hidrogeologi melalui Sistem Informasi Tanah Nasional. Kedua sistem mencakup:

- pendaftaran umum bor air tanah (seperti orang-orang dari Kantor Air NSW)
- rencana sumber daya air dan rencana penggunaan air bersama
- Ekosistem yang Tergantung pada Air Tanah National Atlas (National Atlas of Goundwater Dependent Ecosystems (CSIRO))
- kebijakan pemerintah yang berlaku, seperti Perlindungan Lingkungan dan pemicu air UU Perlindungan Lingkungan dan Konservasi Keanekaragaman Hayati, kebijakan gangguan akuifer NSW dan pedoman Western Australia Water dalam Air di pertambangan
- penilaian air tanah dari proyek-proyek
- sensus bor air tanah

8.2.2 Memasang bor-bor pemantau

Dalam banyak kasus, data yang tersedia kurang cukup untuk mengevaluasi kondisi hidrologi dan mengembangkan rencana dan tujuan manajemen praktis. Data tambahan perlu dikumpulkan untuk program penilaian, yang akan membutuhkan:

- pengeboran untuk mengidentifikasi akuifer dan akitar serta sifat fisik dan kimianya
- memasang bor-bor pemantau air tanah²⁹
- mengumpulkan data awal, termasuk tingkat air tanah (tekanan) dan data kualitas air, terhadap serangkaian kondisi musiman.

8.2.3 Melengkapi penilaian awal lengkap

Melengkapi penilaian dasar:

- Menentukan fitur geologi dan menetapkan domain hidrogeologi, akuifer dan sifat akuifer.
- Menentukan kedalaman air, tekanan air, arah aliran, tingkat resapan dan pengaruh curah hujan serta ciri-ciri kualitas air.
- Mengembangkan model hidrogeologi konseptual air tanah pada skala lokal dan daerah tangkapan yang mempertimbangkan ulang dan pelepasan, interaksi antara unit akuifer dan interaksi dengan air permukaan, ekosistem yang tergantung air tanah dan pengguna air tanah lainnya.

²⁹ Lihat persyaratan konstruksi minimum untuk pengeboran air di Australia (NUDC 2012).

- Mengembangkan model tanah analitis atau numerik, jika relevan, yang menguji model konseptual (rincian lebih lanjut disediakan di bawah ini).
- Program pemantauan yang telah disempurnakan berdasarkan hasil pemodelan konseptual dan analitis atau numerik.
- Memahami interaksi antara tambang dan air tanah (penipisan sumber daya air signifikan, pengeringan, persyaratan depresurisasi). Jika pengeringan diperlukan, mengembangkan rencana untuk prasarana yang diperlukan dan pembuangan atau penyimpanan air tersebut (apakah suntikan ulang hilir dimungkinkan?). Selain itu, memahami potensi reaksi geokimia yang mungkin terjadi sebagai akibat dari pengeringan.
- Memahami perizinan air dan sensus bor. Salah satu aspeknya adalah untuk memastikan bahwa mereka yang menggunakan sumber daya yang jelas tentang status hukum hak air. Proses di mana akses ke air tanah diaktifkan, status hukum akses tersebut, serta aturan-aturan dan biaya yang berlaku untuk ekstraksi harus transparan dan dapat dipertanggungjawabkan.
- Meninjau kebijakan gangguan akuifer bilamana relevan.
- Jika deplesi diprediksi, mengembangkan rencana mitigasi (mis. dengan menetapkan perjanjian yang tepat) yang memperhitungkan kebijakan dan perizinan persyaratan.

Dalam kebanyakan kasus, penilaian awal air tanah akan dilakukan oleh spesialis teknis (pakar hidrogeologi dan hidrokimia, serta hidrologi dan ekologi). Hal ini penting untuk mendokumentasikan metode guna mengumpulkan semua data, termasuk data yang terkait dengan kuantitas dan kualitas air dalam sistem akuifer.

8.2.4 Memperediksi perubahan kondisi air tanah

Besarnya respons sistem air tanah untuk perubahan yang ditimbulkan oleh pertambangan tergantung pada berbagai faktor: durasi dan jangkauan pertambangan, properti hidrogeologis, kaitannya dengan fitur air permukaan seperti sungai, dan pengoperasian bentuk alam dan pasca-penutupan.

Terdapat berbagai pilihan yang tersedia untuk memprediksi tingkat dan kuantum perubahan yang terkait dengan tekanan air tanah. Model empiris, analitis dan numerik dapat diterapkan untuk memberikan berbagai tingkat kepercayaan dan akurasi untuk skenario model atau berbagai kemungkinan hasilnya. Sebuah model prediktif yang baik memerlukan pemahaman konseptual yang nalar tentang kondisi air tanah dan kemungkinan berbagai variabel dan parameter yang dapat terjadi. Ketidakpastian yang terkait dengan pengetahuan hidrogeologi dan perubahan operasional seiring waktu yang memodifikasi volume dan tingkat perubahan.

Model air tanah adalah metode komputasi yang mewakili perkiraan sistem air bawah tanah. Sementara model air tanah, menurut definisi, penyederhanaan sistem nyata, telah terbukti menjadi alat yang berguna untuk mengatasi berbagai masalah air tanah, seperti menilai dampak proyek pada akuifer dan ketersediaan air tanah, mengukur efektivitas strategi mitigasi dan memilih lokasi pemantauan yang paling tepat, serta alat yang efektif untuk mendukung pengambilan keputusan.

Pemodelan numerik telah maju secara signifikan selama dekade terakhir, dan model-model elemen hingga (fine element) dan model beda hingga (finite difference) yang tepat untuk simulasi dan memprediksi hasil di tahap lingkungan yang paling hidrogeologis dan fasa air. Namun, model air tanah harus sesuai dengan tujuan, dan margin untuk kesalahan perlu dipahami saat menafsirkan hasil. Tidaklah mungkin model yang dikembangkan untuk mengatasi kebutuhan spesifik atau tujuan akan tepat untuk aplikasi yang lebih luas tanpa kalibrasi lanjut dan peningkatan. Penerapan model numerik dibahas dalam pedoman pemodelan air tanah Australia (NWC 2012).

Pengembangan model air tanah memerlukan langkah-langkah berikut:

- Mendefinisikan tujuan pemodelan dan menggunakan data yang tersedia untuk membangun tingkat kepercayaan yang akan dicapai.
- Mengkonsepkan sistem hidrogeologi, yang melibatkan proses mengidentifikasi dan menggambarkan yang mengendalikan atau mempengaruhi pergerakan dan penyimpanan air tanah. Ini mencakup analisis interaksi air permukaan-air tanah.
- Mengembangkan model tersebut, yang menerjemahkan konseptualisasi ke pemodelan lingkungan matematika dan numerik.
- Mengkalibrasi model, yang merupakan proses berulang guna mendapatkan parameter dan ketentuan batas yang membuahkan hasil yang tepat dengan pengamatan sejarah.
- Menguji keakuratan prediksi model di bawah kondisi yang mewakili skenario prediksi sedekat mungkin. Dalam praktiknya, sulit untuk mencapai sebelum operasional tambang dan sering diganti dengan proses validasi setelah terdapat cukup informasi dari sistem yang terkena dampak atau tekanan.
- Mengembangkan skenario prediksi yang dirancang untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diajukan dalam tujuan modeling. Misalnya, jika tujuannya untuk menentukan penyedotan maksimal yang berlanjut dari akuifer, model dapat digunakan untuk menurunkan perkiraan penarikan, hilangnya aliran dasar dan pengurangan ketersediaan air bagi ekosistem yang tergantung air tanah untuk berbagai tingkat penyedotan air tanah dan asumsi masa depan tentang iklim. Jika tujuannya untuk merancang skema pengeringan tambang, model dapat digunakan untuk mengoptimalkan tingkat air tanah yang harus dipompa keluar, jumlah bor dan lokasinya.
- Mendokumentasikan berbagai tahap pengembangan model, menggambarkan semua data yang dikumpulkan dan informasi yang dibuat melalui proses modeling.

Hal ini penting untuk memahami keterbatasan model, kesalahan model dan kepekaan dan ketidakpastian model utama sebelum menafsirkan hasil untuk menyampaikan tujuan dan solusi pengelolaan air tanah, seperti untuk pengeringan, pasokan air dan kontaminasi bendungan tailing. Model numerik harus diperbarui dan sering-sering dikalibrasi dan, dalam beberapa kasus, digunakan untuk menetapkan persyaratan penyelidikan lebih lanjut.

8.3 Nilai-nilai lingkungan

Nilai-nilai lingkungan sistem air permukaan dan air tanah perlu dihimpun. Nilai-nilai adalah kualitas dari sistem yang perlu dilindungi dari efek operasi guna memastikan ekosistem air dan saluran air yang pentingnya telah disepakati untuk dipertahankan, dampak pada layanan ekosistem diminimalkan dan saluran air yang aman dan tepat untuk penggunaan yang dimaksudkan. Nilai-nilai lingkungan mencerminkan nilai-nilai ekologi, sosial dan ekonomi dan penggunaan (seperti untuk berenang, memancing atau pertanian) sumber daya air. Nilai-nilai lingkungan dari sistem air tanah juga penting bagi ekosistem yang tergantung air tanah, dan banyak sistem air permukaan yang didukung oleh aliran dasar air tanah. Nilai-nilai juga mencerminkan terganggu atau tidaknya kegiatan pertambangan di daerah tangkapan.

Tujuan mutu air harus dihimpun jika relevan untuk lokasi. Tujuan merupakan indikator terukur dari karakteristik yang diperlukan untuk melindungi nilai-nilai saluran air tertentu. Tujuan dapat didefinisikan untuk berbagai parameter fisik (seperti kekeruhan, sedimen dan suhu), parameter kimia (logam terlarut, fosfor, nitrogen, kebutuhan oksigen biokimia, racun) dan parameter biologi (ganggang, diatom, makro-invertebrata, ikan), serta langkah-langkah lain dari kondisi daerah tangkapan (tingkat erosi, vegetasi riparian, saluran morfologi).

Untuk ekosistem yang tergantung air, kemungkinan terdapat dampak yang signifikan jika perubahan diprediksi dalam kualitas air lebih besar dari yang di sistem 'cukup terganggu sampai sedikit terganggu'. Indikator kualitas air yang diprediksi harus sedemikian rupa sehingga tetap dalam 80% sampai 95% dari pedoman nilai perlindungan ekosistem yang tercantum dalam *Pedoman Australia dan Selandia Baru untuk kualitas air tawar*

dan laut (ANZECC-ARMCANZ 2000a). Perhatikan bahwa ambang batas lainnya mungkin berlaku di mana perubahan kualitas air dapat mempengaruhi hal-hal lingkungan national penting lainnya, seperti spesies atau komunitas ekologi terancam.

8.4 Sumber daya dan pasokan air

Dalam banyak kasus, kegiatan pertambangan akan perlu mengimpor air dari sumber eksternal untuk menyeimbangkan perbedaan antara kebutuhan (seperti untuk pengolahan atau penyemprotan debu) dan ketersediaan air dari curah hujan dan limpasan yang dikumpulkan dan intersepsi air tanah, atau harus menyediakan air dari kualitas tertentu. Akan terdapat variasi dalam banyak input dan output dari sistem air tambang. Variasi akan menentukan apakah ada potensi kekurangan air, surplus, atau keduanya pada waktu yang berbeda. Penyimpanan air memberikan kapasitas penahan untuk saat-saat ketika pasokan lebih besar dari permintaan dan sebaliknya.

Persyaratan kualitas air dari industri mineral berbeda dengan utilitas, pertanian atau industri lainnya. Industri mineral sering dapat menggunakan air berkualitas rendah, yang berarti tidak selalu perlu untuk bersaing dengan pengguna lain untuk alokasi air. Ada juga potensi untuk mengimpor air berkualitas rendah dari industri lain atau tambang, sehingga mengurangi kebutuhan penjual untuk menemukan strategi guna pengelolaan atau pembuangan air tersebut.

Contoh: Manfaat penggunaan air tambang

Di wilayah Middelmount di Queensland, tambang Capcoal, dioperasikan oleh Anglo Amerika, memasok air tambang yang terkena dampak tambang berkualitas rendah kepada Middelmount, perusahaan patungan antara Peabody Energy dan Yancoal.³⁰

Tambang Middelmount telah mengidentifikasi kebutuhan tambahan pasokan air untuk pabrik pengolahan, yang tidak memerlukan air berkualitas tinggi. Tambang Capcoal memegang kelebihan air tambang yang terkena dampak. Tambang memutuskan untuk mendirikan sebuah pengaturan dimana Capcoal memasok volume air tambang yang terkena dampak selama persediaan masih di atas target yang telah didefinisikan sebelumnya. Pemodelan neraca air dilakukan untuk mengukur probabilitas terhadap kurang cukupnya persediaan yang rendah di Capcoal.

Skema ini memiliki manfaat ganda: tambang Middelmount mengamankan pasokan airnya dengan biaya rendah (satu-satunya biaya yang terkait dengan prasarana dan pemompaan), dan Capcoal mengurangi kewajibannya terkait dengan persediaan air tambang lebih.

Pertanyaan yang mengarahkan pengembangan strategi pasokan air adalah:

- Apakah ada tantangan khusus dalam memahami input dan output sistem air dan tuntutan air tambang, baik dari segi volume dan kualitas?
- Permintaan cakrawala apakah, dan di mana pilihan pasokan air yang lebih luas? Apakah ada kesempatan untuk berbagi atau menukar air dengan pihak ketiga?
- Siapakah pengguna lain di daerah tangkapan, dan di manakah sumber air mereka? Apakah akan ada persaingan dengan pengguna lain, atau ada peluang untuk sinergi?

³⁰ Informasi ini disediakan oleh Anglo American.

- Kerangka peraturan apakah untuk perencanaan sumber daya air dan alokasi? Apakah daerah tersebut memiliki rencana sumber daya air atau setara?
- Berapakah nilai komersial pasokan air yang aman untuk pemilik tanah swasta?
- Apakah kerangka peraturan untuk pengelolaan kelebihan air? Apakah pelepasan air tambang yang terkena dampak diperbolehkan? Jika demikian, dalam keadaan apa?

Konsekuensi kurang memahami sumber daya air dan konteks pasokan dapat berupa:

- Keuangan: kegagalan untuk memahami kebutuhan pasokan air dapat menyebabkan kekurangan air dan menghentikan produksi; kegagalan untuk memahami potensi kelebihan air dapat menghentikan produksi dan dapat menyebabkan mahalnya (suboptimal) investasi dalam penyediaan air untuk membuat perbedaan
- Lingkungan: Dampak tidak berterima di masyarakat ekologis penting atau pengguna lain dari penggunaan air atau pada nilai-nilai lingkungan dari pelepasan air tambang yang terkena dampak yang disebabkan oleh kelebihan air
- Hukum dan reputasi: dampak yang tidak berterima pada pengguna lain; kelebihan air dapat menyebabkan ketidakpatuhan pelepasan.

Risiko tidak mengembangkan strategi pasokan air yang tepat adalah bahwa:

- tidak adanya cukup air untuk memenuhi kebutuhan
- terlalu banyak air menyebabkan dampak pada produksi karena sumber daya tidak dapat diakses (lubang produksi tergenang air) atau dampak yang tidak berterima pada ekosistem melalui pelepasan air yang tidak patuh, menyebabkan hilangnya izin pemerintah dan sosial untuk beroperasi
- izin yang diperlukan dan perjanjian tidak di tempat atau tidak dapat dijamin
- persaingan dengan pengguna lain menghalangi akses ke sumber daya air.

Kontrol risiko praktik kerja unggulan ini merupakan investasi dalam pengetahuan awal tubuh bijih, perencanaan, studi teknis, prasarana dan keterlibatan pemangku kepentingan.

Keseimbangan situs air perlu dianalisis untuk memahami dan mengukur input, output, dan tuntutan internal sistem air tambang. Tingkat detail dan pemilihan alat yang tepat tergantung pada kompleksitas sistem dan target yang ditetapkan untuk keandalan pasokan air (mis. tambang harus memiliki air yang cukup tersedia untuk operasi 95% saat itu). Kebutuhan untuk menarik tambahan pada sumber air baru di luar sirkuit air yang ada harus sepenuhnya dapat dibenarkan. Ini mencakup analisis biaya dan pertimbangan persyaratan LoM.

8.4.1 Mengumpulkan data

Data yang diperlukan adalah:

- konteks air permukaan dan air tanah, seperti yang dibahas di atas
- proses perencanaan sumber daya air untuk daerah yang dimaksud, dengan rencana sumber daya air jika tersedia
- semua izin dan persyaratan hukum dan proses alokasi air dan aturan untuk daerah
- persyaratan kualitas air setiap permintaan internal dan konsekuensi tidak memenuhi persyaratan tersebut
- informasi tentang pasar air dan potensi perdagangan air.

Perdagangan air adalah area yang berkembang dan sejauh ini sebagian besar terbatas pada perdagangan air untuk irigasi. Namun, pasar air diperkirakan untuk semakin luas dan mungkin memberikan peluang untuk mengamankan sumber-sumber baru air atau menjual kelebihan air. Pialang air memfasilitasi pembelian dan penjualan air permanen dan sementara di New South Wales, Queensland, South Australia dan Victoria.

8.4.2 Buatlah model neraca air

Dalam kebanyakan kasus, model perlu dikembangkan untuk mewakili sistem tambang air dan mengkalkulasi, pada interval waktu tertentu, input, output, tuntutan internal dan karakteristik kualitas air (lihat juga Bagian 11.2.1). Model desain ditentukan oleh kompleksitas sistem dan tingkat kehandalan yang dibutuhkan. Dalam beberapa kasus, lembar kerja sederhana memenuhi persyaratan dan pekerjaan dapat dilakukan secara internal oleh tim proyek. Untuk masalah yang lebih kompleks, diperlukan perangkat lunak dan keterampilan khusus, dan bantuan harus dicari dari spesialis teknis.

Model ini harus mencakup semua komponen utama dari sistem pengelolaan air:

- variabilitas iklim, diambil sebagai seri waktu data lama curah hujan dan penguapan data³¹
- limpasan dan pengumpulan tangkapan
- input dari pengeringan tambang
- transfer pompa dan gravitasi
- informasi desain tentang pit (luas permukaan dan volume untuk berbagai tingkat air, dari kosong ke penuh, sering disebut sebagai 'kurva tahap-simpanan')
- kebutuhan air internal (penyemprotan debu, pencucian, pengolahan dan sebagainya)
- tujuan untuk sistem air tambang—keandalan pasokan untuk kebutuhan air internal, pelepasan cadangan (seperti kondisi ada atau tidaknya pelepasan), target kualitas-air.

Model harus digunakan untuk menilai kinerja sistem dengan menganalisis beberapa indikator kinerja utama, yang akan situs-spesifik tetapi mungkin mencakup:

- keandalan pasokan untuk memenuhi tuntutan internal di bawah berbagai skenario iklim dan volume air tambahan yang harus diimpor dari sumber eksternal
- frekuensi di mana kapasitas penyimpanan terlampaui dan volume kapasitas penyimpanan tambahan yang diperlukan untuk mengurangi frekuensi ke tingkat yang berterima
- frekuensi di mana tambang akan melepaskan air sesuai dengan kewajiban lingkungan, jika ada
- dampak strategi pengelolaan potensi air pada kinerja sistem (mis. penggunaan agen penyemprot debu dapat mengurangi kebutuhan air untuk menyemprot debu dan menyebabkan peningkatan keandalan pasokan).

8.4.3 Analisis hasil dan kembangkan strategi

Hasil dari berbagai skenario dalam model neraca air perlu dianalisis untuk memilih strategi pengelolaan air yang paling tepat. Sebuah tim multidisiplin ilmu harus memeriksa hasil dan mencapai konsensus dengan membandingkan keuntungan dan kerugian dari masing-masing pilihan pasokan air. Biaya penyediaan air harus disertakan untuk memberikan analisis manfaat-biaya lengkap. Dalam pendekatan praktik kerja unggulan, pertimbangan biaya pasokan air juga memperhitungkan dampak ekonomi pada pihak lain, serta non-keuangan dampak sosial dan lingkungan (Evans et al. 2006). Selanjutnya, setiap kewajiban yang terkait dengan pengaturan pasca-penutupan untuk pasokan air untuk masyarakat harus dihitung biaya keseluruhan untuk memastikan bahwa perusahaan menyadari sepenuhnya komitmen tersebut.

31 Sebagian besar stasiun cuaca yang dipasang di lokasi tambang mengukur radiasi matahari. Pengukuran tersebut dapat digunakan untuk mendapatkan data penguapan, daripada mengandalkan rata-rata bulanan dari stasiun cuaca yang jauh. Lihat Organisasi Pangan dan Pertanian Perserikatan Bangsa-Bangsa (FAO), *Pedoman komputasi kebutuhan air tanaman: Bab 3, Data meteorologi*, <http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e07.htm>.

8.5 Dampak kumulatif

Banyak kegiatan pertambangan yang ada di daerah-daerah di mana terdapat konsentrasi kegiatan karena aset mineral atau batubara yang luar biasa, dekat dengan transportasi dan prasarana ekspor, serta adanya sumber energi yang cukup untuk mendukung kegiatan ini. Dampak kumulatif timbul sebagai akibat dari kegiatan beberapa operasi (pertambangan dan non-pertambangan) dan dapat mempengaruhi masyarakat, lingkungan, prasarana dan ketersediaan perumahan. Sebagaimana dibahas dalam Bab 5, dampak kumulatif paling sering perlu ditangani melalui perencanaan kolektif dan tindakan, dan ini dapat memberikan tantangan yang signifikan untuk operasi individu. Untuk pertambangan operasi di daerah di mana terdapat konsentrasi kegiatan, akan ada dampak kumulatif terhadap air, misalnya dalam bentuk dampak pada kualitas air atau pada tingkat air tanah. Di Hunter Valley di New South Wales, partisipasi industri batu bara di Hunter River Salinitas Trading Scheme adalah contoh yang baik dari peraturan pemerintah yang mendukung perencanaan dan tindakan kolektif (lihat studi kasus pada Hunter River Bab 5).

Pemahaman, penilaian dan pengelolaan dampak lingkungan kumulatif menjadi area perhatian yang lebih besar oleh kalangan industri dan pemerintah. Sementara konsep penilaian dampak kumulatif tidak baru, desain penilaian tersebut dan persyaratan proyek terkait terus berkembang. Konsekuensi penilaian dampak kumulatif dan pendekatan manajemen yang tidak terancang baik atau tidak tepat dapat signifikan, termasuk peningkatan biaya yang tidak perlu, keterlambatan proyek, hilangnya kepercayaan masyarakat dalam pengelolaan air perusahaan, ketidakpastian proyek yang lebih besar bagi para pendukung dan imbalan ekonomi dan keuangan akhirnya suboptimal ke daerah dan negara bagian.

Pertanyaan yang akan memandu pemahaman potensi dampak kumulatif adalah:

- Apakah penilaian dampak kumulatif yang dibutuhkan? Penilaian dampak kumulatif hanya boleh dilakukan di mana ada kemungkinan dampak yang signifikan terhadap aset lingkungan, sosial atau ekonomi diidentifikasi dan disepakati dari lebih dari satu aktivitas.
- Apakah ada pengguna air lainnya di daerah tertentu? Penilaian dampak kumulatif harus didasarkan pada kemungkinan efek kumulatif dari beberapa pengguna air untuk menyebabkan dampak yang signifikan pada aset teridentifikasi atau reseptor sensitif.
- Apakah mungkin untuk berkolaborasi dengan berbagai pemangku kepentingan yang berkaitan dengan aset utama berisiko dampak? Penilaian dampak kumulatif membutuhkan proses kolaboratif dengan keterlibatan berkelanjutan dari semua pihak terkait dan mungkin memerlukan pendekatan kolaboratif untuk berbagi data, pemantauan dan, jika diperlukan, tindakan mitigatif.
- Apakah ada pemahaman teknis yang memadai dari potensi dampak kumulatif?

Konsekuensi tidak memahami potensi dampak kumulatif dapat berupa:

- Keuangan: kegagalan untuk mempertimbangkan dampak kumulatif dari sumber daya air dapat menunda proyek.
- Lingkungan: dampak tidak diterima di masyarakat ekologis penting atau aset penting lainnya dari dampak kumulatif dari pengelolaan air.
- Hukum dan reputasi: dampak yang tidak diterima pada pengguna lain, atau dampak yang tak dapat dipulihkan pada aset utama.

Kendali risiko praktik kerja unggulan ini adalah perencanaan, studi teknis dan strategi mitigasi. Analisis dampak kumulatif dari pengelolaan air harus mencakup:

- Tata Ruang dan batas-batas temporal.
- Interaksi air permukaan–air tanah.
- Sebuah proses berbasis risiko yang kuat untuk menentukan aset atau reseptor sensitif yang mungkin secara material dipengaruhi oleh kegiatan yang diusulkan.
- Perjanjian kerja bersama tentang lingkungan bernilai tinggi, aset sosial dan ekonomi yang berisiko dampak kumulatif.

- Berbagai kegiatan untuk dipantau dan dikelola, dan pengaturan yang disetujui untuk akses ke informasi yang berkaitan dengan semua kegiatan.
- Prakiraan dampak dari semua kegiatan; akuntabilitas dan prakiraan dampak kegiatan pihak ketiga dapat sulit jika informasi yang tidak cukup tetapi disediakan untuk menginformasikan penilaian atau mengaktifkan asumsi yang kuat untuk dibuat.

8.6 Penutupan tambang

Rencana penutupan tambang berkembang dan direvisi selama masa operasi. Sering akan ada berbagai aspek yang berhubungan dengan air yang perlu diperhatikan untuk memastikan bahwa tidak ada risiko residual potensi untuk nilai-nilai lingkungan dan masyarakat. Bagi kebanyakan tambang, dengan asumsi bahwa risiko kontaminasi yang berkaitan dengan fasilitas penyimpanan tailing, pembuangan batuan sisa dan daerah industri telah ditangani³², risiko utama penutupan yang berhubungan dengan air adalah terjadinya interaksi di antara rongga (lubang tambang yang ditinggalkan oleh pertambangan), bentuk alam final dan semua di sekitar badan air. Pertanyaan penting untuk dijawab adalah apakah keseimbangan air akhir akan positif (rongga terus terisi air), dalam hal ini ada risiko dengan nilai-nilai lingkungan sekitarnya, atau apakah itu akan menjadi negatif (rongga kehilangan air), dalam hal ini tujuan untuk menjaga rongga sebagai danau tidak dapat dipenuhi.

Tujuan inti rehabilitasi rongga pertambangan harus untuk:

- membuat rongga dan bentuk alam akhir yang aman, stabil dan non-polusi, tidak terpapar pada risiko lingkungan, keselamatan atau kesehatan (satu aspek kunci terkait dengan ekspor air yang terkontaminasi ke lingkungan)
- memaksimalkan penggunaan potensi masa depan daerah, jika memungkinkan
- mengembangkan solusi berkelanjutan dan tidak memerlukan manajemen yang berlangsung intensif, seperti pengolahan air berkelanjutan (yang mungkin sulit dicapai dengan keseimbangan air positif atau tambang yang terkena dampak air tanah).

Perlu dilakukan studi guna menunjukkan rencana rehabilitasi akan memastikan bahwa rongga dan bentuk alam akhir aman, stabil dan tidak menimbulkan polusi. Studi tentang interaksi rongga akhir dengan air permukaan dan air tanah sangat penting.

Pertanyaan yang memandu pemahaman tentang potensi interaksi antara akhir rongga dan sumber daya air adalah:

- Apakah rongga yang saat ini telah direncanakan menampung air permukaan atau air tanah cukup untuk mempertahankan tubuh air permanen? Jika demikian, apakah ada risiko pembuangan air tambang yang terkena dampak mencemari air permukaan atau air tanah? Jika demikian, apakah AEP tumpahannya? Bagaimana kualitas air yang diharapkan selama jangka waktu menengah dan panjang? Apakah air akan mempengaruhi stabilitas rongga jangka panjang?
- Apakah rongga akan mengumpulkan air tanah dari akuifer sekitar atau mengeksport air ke sekitarnya? Apakah dampak yang diharapkan pada akuifer atau pengguna lain?
- Jika ada dampak dan perlu dikelola dengan investasi tambahan, bagaimana biaya solusi perbaikan dibandingkan dengan solusi lain, seperti penimbunan rapat rongga atau meningkatkan daerah tangkapan untuk mempertahankan tingkat air dan meningkatkan kualitas air? Rongga umumnya tidak benar-benar ditimbun semasa umur tambang karena biaya mahal operasi pekerjaan tanah, tetapi apakah ada pilihan lain untuk memberikan hasil penutupan yang lebih baik?
- Apakah ada perencanaan, keterlibatan dan rehabilitasi solusi yang lain yang dapat memberikan kegunaan yang bermanfaat atau memfasilitasi pelepasan sewa pada penutupan? Apakah izin dan persetujuan akan diperlukan?

Banyak kegiatan pertambangan terbuka memilih untuk membiarkan rongga pit mereka berisi air dari hujan atau dari pengalihan sumber air ke dalam rongga tersebut untuk membuat sebuah danau baru. Membuat badan air pasca-tambang tampaknya menjadi solusi praktis yang dapat memberikan kemanfaatan bagi masyarakat

³² Lihat buku pegangan praktik kerja unggulan *Penutupan tambang* (DIES 2016).

sekitarnya, namun menimbulkan berbagai masalah dan tantangan, terutama di mana kondisi iklim sangat bervariasi, tingkat penguapan yang tinggi dan air tambang yang terkena dampak berkualitas buruk. Keseimbangan air dan bahan kimia akan diperlukan untuk memahami risiko yang ditimbulkan oleh rencana rehabilitasi.

Pertambangan sering mengakibatkan perubahan permanen pada lanskap dan fungsi hidrologisnya. Hal itu pada gilirannya dapat memiliki konsekuensi jangka panjang yang signifikan bagi lingkungan sekitarnya setelah penutupan. Kegiatan pertambangan praktik kerja unggulan merencanakan bentuk alam akhir, mendesain bentuk dan atribut geokimia dan geofisika, serta membangun dengan maksud untuk meminimalkan dampak jangka panjang dari kegiatan pertambangan. Operasi perlu mengelola dan meninjau kinerja air dari bentuk alam akhir atas siklus umur tambang, bukan hanya memanipulasi lanskap setelah tambang berhenti.

Konsekuensi penutupan tambang yang perencanaannya buruk atau tidak tepat, karena berkaitan dengan rongga final dan interaksi air, dapat berbentuk:

- Keuangan: meningkatnya kewajiban keuangan dari perencanaan yang buruk atas rehabilitasi rongga atau persyaratan untuk pengolahan air untuk waktu yang tidak menentu.
- Lingkungan: dampak tidak berterima atas kuantitas atau kualitas air
- Hukum: tambang tidak dapat dilepaskan sampai tujuan dasar dari rehabilitasi terpenuhi.

Kendali risiko utama praktik kerja unggulan tersebut ialah studi teknis dan pengembangan rencana penutupan tambang yang sesuai. Langkah-langkah untuk rehabilitasi rongga final dan pelepasannya adalah sebagai berikut:

- Melakukan analisis spasial rinci, termasuk rencana LoM dan profil rongga yang diusulkan serta semua rongga daerah tangkapan.
- Mengembangkan model konseptual dari interaksi antara rongga dan akuifer sekitarnya menggunakan informasi yang dihimpun sebagai bagian dari penilaian tanah dasar.
- Menganalisis neraca air. Idealnya, model neraca air yang digunakan untuk mengembangkan strategi air harus disesuaikan untuk mempelajari aspek-aspek penutupan tambang.
- Mengembangkan berbagai skenario neraca air dan zat terlarut untuk beberapa skenario iklim (mis. skenario kering, basah dan median) atau melakukan pemodelan timbunan stokastik. Meninjau pemodelan iklim terbaru untuk menentukan bagaimana memasukkan dampak perubahan iklim (mis. peningkatan jumlah curah hujan untuk skenario basah).
- Menganalisa apakah rongga akhir stabil, aman dan non-polusi dengan menurunkan seri waktu dari tingkat air rongga dan perkiraan kualitas air rongga untuk berbagai skenario iklim. Menggunakan data untuk menilai risiko limpasan dan pemakaian air yang tercemar ke air permukaan atau air tanah. Terlibat dengan personil yang relevan untuk menilai potensi masalah stabilitas yang disebabkan oleh air. Pastikan bahwa semua asumsi yang digunakan dalam pemodelan baik untuk didokumentasikan dan garis penyelidikan lebih lanjut yang diperlukan untuk mengatasi pokok-pokok yang tidak diketahui.
- Di mana risiko diidentifikasi, melakukan penelitian untuk mengidentifikasi strategi manajemen, seperti akuifer penyegelan (menggali tanah/grouting, hambatan hidrologi permukaan, sering disebut sebagai teknologi 'netral penghalang'), lubang dinding penyegelan (shotcrete), menurunkan atau meningkatkan daerah tangkapan (pekerjaan tanah) dan mengendalikan kerugian penguapan (hambatan mengambang, aditif air). Mendokumentasikan risiko dan peluang yang terkait dengan setiap strategi dalam risiko dan peluang matriks. Memperoleh perkiraan biaya untuk strategi dan membandingkannya dengan biaya nyata penimbunan rongga.
- Menggunakan prediksi tingkat air rongga utama untuk menilai berapa banyak tambahan aliran masuk air permukaan (jika ada) akan diperlukan untuk mempertahankan sebuah danau pit permanen. Menilai potensi dampak atau manfaat hilir (seperti pengurangan banjir).
- Menentukan potensi penggunaan yang menguntungkan dari danau pit (seperti budidaya).
- Menilai risiko lainnya dari menjaga danau pit, seperti limpasan ke lingkungan penerima, risiko keselamatan terkait dengan akses yang tidak terkontrol, atau dampak pada fauna.

Rencana penutupan tambang juga dapat mencakup komitmen untuk memenuhi tuntutan yang sedang berlangsung dari pengguna air lainnya. Saat tambang dibangun, dalam beberapa kasus, pengaturan yang dibuat untuk menyediakan air untuk masyarakat sekitar. Rencana penutupan tambang harus mencakup semua komitmen yang berhubungan dengan air, termasuk prasarana yang akan dibutuhkan untuk memasok kebutuhan air masyarakat di masa depan.

Studi kasus: Proyek Akuakultur Danau Tambang Ngalang Boodja

Inovasi dan visi lokal telah menyebabkan Yancoal Premier Coal mengambil peran kepemimpinan dalam pembentukan Proyek Akuakultur Danau Tambang Ngalang Boodja—suatu penelitian budidaya air (aquafarm) yang mengimplementasikan teknologi terkemuka untuk rehabilitasi berkelanjutan dan penggunaan komersial masa depan rongga tambang.

Tujuan utama proyek ini adalah mengembangkan jangka panjang, solusi yang ramah lingkungan untuk rongga tambang yang ada dengan masalah pengasaman air dan untuk memulai kerja, peluang usaha komersial dan bisnis untuk masyarakat Collie di Western Australia.

Prakarsa ini mengaitkan rehabilitasi tambang skala besar dengan pendidikan dan pelatihan Aborigin untuk menciptakan sebuah pusat baru yang layak, berkelanjutan dan semarak untuk budidaya marron (semacam udang berwarna biru) di Collie.

Proyek ini melibatkan pemompaan air masam dari danau tambang ke dalam sistem pengolahan batu kapur. Proyek budidaya air telah menggunakan air limbah yang jika tidak digunakan untuk itu tidak berguna, untuk penelitian, membangun dan mengoperasikan bisnis budidaya marron secara komersial. Hal ini juga mengurangi tekanan pada dan penggunaan air berkualitas baik.

Proyek ini telah mengembangkan teknik pengolahan air sekaligus meningkatkan produksi marron Western Australia dan memberikan manfaat tambahan pendidikan dalam budidaya air untuk usaha Aborigin setempat.

Proyek ini juga akan meningkatkan kualitas air dengan meningkatkan konsentrasi nutrisi dan kadar pH dalam budidaya air. Hal ini secara langsung akan menguntungkan kualitas air dan ekologi asam danau tambang batubara melalui peningkatan algae, menyediakan dasar energi yang lebih besar untuk kehidupan air yang lebih tinggi dalam rantai makanan.

Proyek ini mendemonstrasikan bagaimana budidaya air dapat berintegrasi dengan kegiatan pertambangan guna memberikan manfaat nyata kepada masyarakat lokal dan secara lebih luas. Hal ini juga memiliki potensi untuk menciptakan pembangunan keramaian industri air tawar yang akan memainkan peran penting dalam pertumbuhan dan profitabilitas industri ini di Western Australia.



Phil Ugle, CEO Ngalang Boodja Enterprises, di pembudidayaan air Collie.

9.0 MERANCANG DAN MEMBANGUN SISTEM AIR TAMBANG

Pesan-pesan kunci

- Desain rinci dari sistem air tambang diperlukan sehingga ketentuan izin proyek, izin lingkungan, izin air dan persyaratan hukum lainnya terpenuhi.
- Prasarana pengelolaan air utama—seperti misalnya pengalihan aliran sungai, penyimpanan air tambang dan pengeringan tambang, erosi dan pengendalian sedimen, pengeringan air tanah, penyimpanan air tambang, dan pasokan air berkualitas tinggi atau air tambang yang terkena dampak untuk berbagai tuntutan—yang akan melindungi operasi terhadap risiko utama berskala daerah tangkapan harus benar-benar diidentifikasi, dirancang untuk toleransi risiko yang disepakati dan ada di tempat sebelum pertambangan dapat berlanjut.
- Pengumpulan dan pemantauan data amat penting pada tahap operasional ini.

Setelah konteks daerah tangkapan dipahami dengan baik dan didokumentasikan dan semua perizinan yang diperlukan telah diperoleh, desain rinci dan konstruksi operasi dapat dilanjutkan. Persyaratan untuk prasarana pengelolaan air utama, seperti misalnya pengalihan aliran sungai, penyimpanan air tambang dan pengeringan tambang, yang akan melindungi operasi terhadap risiko utama berskala daerah tangkapan harus benar-benar diidentifikasi dan dirancang serta harus ada di tempat sebelum pertambangan dapat berlanjut.

Bagian ini berkenaan dengan kegiatan terkait air yang harus terjadi selama desain rinci, konstruksi dan komisioning operasi baru atau perluasan operasi. Desain rinci diperlukan agar sistem air tambang dapat memenuhi ketentuan izin proyek, izin lingkungan, izin air dan persyaratan hukum lainnya. Pada tahap ini, kriteria desain berbasis risiko diselesaikan dan keputusan desain berdasarkan analisis manfaat-biaya yang dibuat. Kegiatan utama yang harus diselesaikan antara lain desain dan instalasi semua prasarana yang akan digunakan untuk mengelola tambang yang terkena dampak limpasan, erosi dan dasar sedimen; ekspor, pengeringan air tanah dan penyimpanan air tambang; serta pasokan air berkualitas tinggi atau air yang terkena dampak tambang untuk berbagai kebutuhan. Instalasi prasarana sering terjadi dalam pendekatan bertahap yang sejalan dengan tahap pertambangan.

9.1 Air permukaan

Air permukaan harus dipisahkan dari air lainnya, serta erosi dan sedimen harus dikendalikan.

9.1.1. Pemisahan efektif air yang terkena dampak tambang dan air yang tidak terkena dampak tambang

Di kebanyakan yurisdiksi, aliran limpasan yang tidak bersentuhan dengan kegiatan tambang dianggap air berkualitas tinggi yang dapat secara pasif dilepaskan ke lingkungan, asalkan struktur pengendalian erosi dan sedimen yang memadai ada di tempat. Pada praktiknya, ini berarti aliran yang terkena dampak tambang dan yang tidak terkena dampak tambang harus dipisahkan secara efektif. Perencanaan air tambang dan perencanaan tambang umum harus terintegrasi dengan jelas mendefinisikan pemisahan antara komponen air berkualitas tinggi dan air berkualitas rendah, yang didasarkan pada luasnya lahan yang terganggu dan yang tidak terganggu, serta untuk memilih sifat, ukuran dan lokasi pengalihan dan infrastruktur drainase. Prinsip-prinsip yang mendukung pemisahan yang efektif adalah:

- meminimalkan gangguan tanah, menunjuk jalan raya dan *laydown* (tempat sementara untuk menaruh peralatan dan pasokan) serta membatasi akses ke daerah-daerah yang tidak terganggu
- secara progresif merehabilitasi dan menstabilkan wilayah yang terganggu oleh tambang
- mengalihkan aliran yang terpengaruh non-tambang jika mengarah ke penurunan yang signifikan dari daerah tangkapan yang melapor ke daerah-daerah terganggu.

Pembangunan air pengalihan dan saluran, biasanya di atas lereng (*upslope*) dari daerah yang terganggu, meminimalkan tingkat aliran limpasan yang bersentuhan dengan kegiatan pertambangan. Kriteria desain untuk saluran air dan saluran sangat tergantung pada kompleksitas dan persyaratan hukum lokal tetapi didasarkan pada kriteria rekayasa standar, seperti kebutuhan untuk dengan aman menyampaikan arus yang berkemungkinan terjadi.

Sebuah penyampaian penting dari kegiatan ini harus menjadi gambaran yang akurat dari daerah tangkapan dan sub-daerah tangkapan, penggunaan lahan dalam setiap sub- daerah tangkapan, sifat arus terkait (terpengaruh oleh tambang versus tidak terpengaruh oleh tambang) dan titik outlet setiap sub-daerah tangkapan; dan verifikasi lapangan dari batas sub-daerah tangkapan dan poin saluran (mis. pipa atau gorong-gorong di bawah jalan angkutan untuk pemindahan hilir, erosi dan pengendalian struktur sedimen untuk pelepasan ke lingkungan atau untuk menangkap ke dalam penyimpanan).

Pekerjaan harus didukung oleh verifikasi lapangan yang luas dan lebih lanjut guna memperoleh keyakinan bahwa pemetaan daerah tangkapan dengan akurat mencerminkan kualitas arus limpasan dan nasib mereka (pasif dilepaskan ke lingkungan, ditangkap di penyimpanan air tambang dan lain sebagainya). Informasi harus tersedia sebagai peta rinci daerah tangkapan di lingkungan GIS, menampilkan berbagai atribut: foto udara, kontur, daerah tangkapan dan batas-batas sub- daerah tangkapan, jalur aliran utama yang menunjukkan arus air yang terkena dampak tambang dan aliran air yang tidak terkena dampak tambang serta apakah aliran ditangkap dalam sistem air tambang atau tidak.

Peta kemudian dapat digunakan untuk mendokumentasikan daerah tangkapan yang berkontribusi terhadap persediaan air tambang dan untuk mendokumentasikan daerah tangkapan yang tidak menghasilkan air yang terkena dampak dan akan dikelola melalui rencana pengelolaan sedimen dan erosi.

9.1.2 Pengendalian erosi dan sedimen

Bahkan di daerah tangkapan yang tidak terganggu, sedimen yang ditemui di tingkat latar belakang alam dan lingkungan penerima telah menyesuaikan pada beban sedimen tersebut. Namun, sedimen dapat menjadi kontaminan jika melebihi batas perubahan yang berterima dalam perairan penerima, menyebabkan degradasi lingkungan. Sedimen biasanya terdiri dari bahan halus (terdiri dari tanah liat dan lumpur berukuran partikel) dan bahan kasar (terdiri dari lumpur kasar dan partikel berukuran pasir). Sementara tambang berkembang, lahan baru terganggu dan drainase diubah. Pengendalian erosi dan sedimen perlu di tempatkan jauh sebelum gangguan terjadi.

Contoh: Konsekuensi tidak mengelola kendali sedimen dan erosi

Selama pembangunan Dargues Reef Mine pada tahun 2013, air hujan berlumpur dibuang dari situs pada tiga kesempatan terpisah sehabis hujan. Otorita Perlindungan Lingkungan NSW (NSW Environment Protection Authority) berhasil menuntut operator tambang karena gagal untuk memasang kendali yang memadai terhadap sedimen dan erosi, dan operator diperintahkan untuk membayar denda dan ongkos-ongkos sebesar \$196.000 (NSW EPA 2014).

Mencegah tingkat sedimen yang tidak memenuhi syarat sejak meninggalkan operasi dan memasuki saluran air merupakan fungsi yang paling penting dari pengendalian erosi dan sedimen. Tiga prinsip utama tersebut adalah:

- pengendalian drainase: mencegah atau mengurangi erosi tanah yang disebabkan oleh arus terkonsentrasi dan dengan tepat memisahkan aliran yang terkena dampak tambang dan aliran yang tidak terkena dampak tambang (seperti dijelaskan di atas)
- pengendalian erosi: mencegah atau meminimalkan erosi tanah dari bahan dispersif, non-dispersif atau kompeten disebabkan oleh dampak hujan dan memperburuk aliran darat pada permukaan yang terganggu
- pengendalian sedimen: sedimen yang terperangkap atau yang terkandung dalam arus limpasan.

Pengendalian erosi dan sedimen yang efektif dapat dicapai dengan mengikuti langkah-langkah standar sebagai berikut:

- Identifikasi potensi sumber sedimen melalui pemetaan penggunaan lahan yang akurat. Hal ini harus dilakukan saat menilai arus air yang terkena dampak tambang. Pemetaan penggunaan lahan perlu didasarkan pada definisi standar penggunaan lahan. Ini akan bervariasi dengan operasi, dapat mencakup kegiatan eksplorasi, tanah perifer, wilayah yang telah direhabilitasi, daerah amblesan, daerah yang rusak (pengaliran eksternal atau internal), daerah yang lapisannya terabrasi, timbunan stok, daerah tolakan, jalan angkut, pekerjaan konstruksi, dan penyimpanan tailing. Kegiatan yang berpotensi untuk menyebabkan atau meningkatkan erosi dan akibatnya meningkatkan dasar sedimen dari operasi termasuk paparan tanah selama pembangunan prasarana tambang (pembersihan vegetasi, pembersihan dari tanah dan pekerjaan tanah) dan kegiatan pertambangan berkelanjutan yang melibatkan pembukaan lahan serta pembersihan dan penimbunan bahan tambang. Meminimalkan jumlah lahan terganggu sewaktu-waktu, mengurangi skala sistem pengendalian erosi dan sedimen untuk situs. Rehabilitasi progresif dapat dimulai sesegera konstruksi selesai, menciptakan bentuk alam yang stabil, tidak terkena risiko yang sama dari erosi seperti yang tidak stabil.

- Menilai potensi erosi, yang dipengaruhi oleh kemiringan, jenis tanah, seberapa luas dan lama gangguan tanah, lokasi di dalam daerah tangkapan dan dekat dengan saluran air. Semua aspek ini perlu dipertimbangkan dan dipadukan guna menetapkan risiko erosi untuk setiap daerah. Suatu penyampaian penting akan menjadi peta risiko erosi, dengan jelas menunjukkan situs yang berisiko tinggi dan yang berisiko rendah. Contoh penilaian erosi sederhana tersedia di IECA (2008). Untuk menentukan jenis tanah, diperlukan pengambilan sampel dan pengujian tanah. Kebanyakan laboratorium NATA-terakreditasi menawarkan jasa untuk pengukuran distribusi partikel tanah ukuran, pH, konduktivitas listrik dan kasi yang dapat ditukar. Pengukuran tersebut digunakan untuk menilai apakah tanah dispersif atau tidak, dan apakah itu berisiko tinggi untuk terjadinya erosi.
- Mengidentifikasi kebutuhan untuk tindakan pengendalian dan memilih jenis yang paling sesuai dengan tindakan, tergantung pada apakah diperlukan drainase, erosi atau pengendalian sedimen (Tabel 5).

Tabel 5: Contoh tindakan pengendalian drainase, erosi dan sedimen yang efektif

PENGENDALIAN DRAINASE	PENGENDALIAN EROSI	PENGENDALIAN SEDIMEN
Penampungan air saluran Pemeriksaan bendungan Penyerap energi	Selimut pengendali erosi Mulsa (mulching) Sistem kurungan Geoselular Pengkasaran permukaan Geobinder (pengikat tanah) Pelapisan dengan batu Kasur-kasur batu	Vegetatif penyangga Pagar sedimen Perangkap sedimen Cekungan atau bendungan sedimen

Kombinasi yang paling efektif dari tindakan tergantung pada kendala tertentu operasi ini. IECA (2008) mencakup lembar fakta untuk desain rinci tindakan pengendalian.

- Memelihara daftar tindakan pengendalian, termasuk peta lokasinya serta rincian kebutuhan pemantauan dan pemeliharaannya. Inspeksi dan pemeliharaan tindakan pengendalian rutin harus dilakukan secara teratur terhadap tindakan-tindakan agar tetap efektif. Secara umum, pemeriksaan dan pengobatan rutin yang dilakukan sebelum musim hujan (jika operasi berlokasi di daerah yang bermusim hujan) dan setelah hujan yang signifikan yang mungkin mempengaruhi fungsi dari tindakan.

9.2 Air tanah

Selama tahap operasi, tambang berkaitan dengan pengelolaan aliran air tanah yang mengganggu kegiatan pertambangan atau mempengaruhi kemampuannya untuk mengakses sumber daya dengan aman, dan dengan memenuhi kewajiban lingkungan untuk mengelola potensi dampak terkait air tanah. Tujuan manajemen operasional yang jelas harus ditetapkan sebelum investigasi, penilaian dan desain untuk menguraikan persyaratan mendasar dari kegiatan dan menetapkan target manajemen tercapai dan praktis. Misalnya, pengeringan diselesaikan untuk mengatasi berbagai tujuan, seperti mempertahankan kondisi operasi kering atau kondisi ledakan kering, menurunkan tekanan lereng pit atau mencapai kelembaban optimal kadar bijih. Desain, kerangka waktu, volume dan operasi tergantung pada tujuan pengelolaan air yang berbeda ini.

9.2.1 Air tanah mengalir masuk ke bawah ke tambang terbuka

Jika bahan pembentuk dinding pit memiliki permeabilitas rendah atau akuifer yang mengelilingi lubang memiliki hasil yang rendah, arus air tanah ke pit terbuka cenderung rendah. Dalam hal ini, mungkin hanya diperlukan sump (kolam kecil di dasar tambang) sederhana untuk menampung air yang mengalir masuk agar kemudian dapat dipompa ke luar. Sistem 'Pump-sump' dapat sesederhana menurunkan sump tingkat air di dasar lubang dengan kapasitas pompa yang cukup untuk mencegah banjir di lantai pit sampai tingkat ketinggian tertentu. Perhatikan bahwa sistem pump-sump sering ditetapkan untuk mengelola kedua aliran, aliran masuk air tanah rendah dan aliran limpasan. Dalam hal ini, mungkin sistem pump-sump akan dirancang untuk berjaga-jaga terhadap peristiwa hujan, seperti 1:10 badai AEP. Akan ada kompensasi (trade-off) antara ukuran sump dan kapasitas pemompaan: semakin besar sump, semakin kecil pompa yang diperlukan dan sebaliknya. Ada juga kompensasi antara biaya sistem dan kehandalan. Analisis manfaat-biaya sering diperlukan, tetapi dalam banyak kasus kerugian produksi akan lebih besar daripada biaya pompa. Dengan meningkatnya kompleksitas kompensasi, harus dicari keahlian teknis khusus.

Di luar pertimbangan desain, ada aspek praktis untuk dipertimbangkan. Jika lantai pit tidak dapat dilintasi mesin-mesin berat karena bahan basah (seperti tanah liat yang melunak bila dilintasi berulang-ulang), produksi akan terpengaruh. Bahan yang lembut dan basah pada dan di bawah air tanah bisa sulit dikelola karena mungkin memiliki permeabilitas yang rendah dan tidak tepat dengan pengeringan sederhana dengan memompa. Dalam situasi seperti itu, pendekatan yang paling tepat adalah untuk menguras lantai dengan memompa dari daerah yang lebih dalam yang dapat ditembus atau dari sump yang dalam.

9.2.2 Aliran masuk air tanah tinggi: menurunkan muka air

Suatu keputusan untuk merancang dan mengoperasikan sistem pengeringan guna menurunkan air tanah harus hasil dari penilaian tanah, bukan asumsi awal. Investigasi dan desain program yang dikelola dengan baik mengidentifikasi tujuan pengeringan, solusi pengeringan yang paling praktis dan hemat biaya serta pemilihan peralatan yang optimal dan konstruksi jadwal. Penengrigan dapat dicapai dengan beberapa cara, antara lain dengan:

- sumur atau sump yang dalam di dalam lubang yang dipompa
- sumur luar pit yang dipompa
- free-flowing drillhole (lubang bor alir bebas) dalam lubang, aliran masuk yang dikumpulkan dan dipompa dari satu atau lebih sump
- galeri drainase dengan kipas lubang bor
- memompa dari pekerjaan tambang yang lebih tua dan lebih dalam.

Tergantung pada ukuran tambang dan kondisi air tanah, satu atau lebih sump akan diperlukan, sering secara paralel dengan sumur yang dipompa.

Masalah praktis yang perlu dipertimbangkan saat memilih metode mencakup:

- akses ke lokasi yang tepat untuk menginstal dan mengoperasikan sumur pengeringan
- menjaga pemompaan yang hampir terus menerus pada tingkat yang tepat
- menampung perubahan dalam rencana tambang
- merancang pemompaan dan pemipaan sesuai sistem untuk kemungkinan berbagai tingkat pemompaan dan, di beberapa situs, untuk mengakomodir kimia air agresif, terutama jika terdapat kondisi pembangkit-asam
- kemungkinan tingkat air tanah pasca-operasional kembali naik setelah pengeringan dihentikan
- potensi pelepasan kelebihan air, jika ada, ke lingkungan alam luar sewa guna pertambangan, termasuk, jika perlu, pengolahan air.

9.2.3 Memelihara stabilitas dinding pit: depresurisasi dinding pit

Desain lereng pit sering tergantung pada tekanan air tanah dalam bahan di balik dinding. Tekanan air tanah pada suatu titik biasanya sebanding dengan kedalaman titik bawah air tanah tersebut. Untuk tambang terbuka lebih dalam dari 100 meter, tekanan air tanah bisa mencapai megapascal, mendekati atau melebihi kekuatan dari beberapa bahan yang ditambang.

Tekanan air tanah adalah satu-satunya properti dari massa batuan yang dalam praktiknya dapat diubah dengan kegiatan rekayasa. Tekanan kemungkinan dapat diturunkan dengan pemompaan atau, biasanya, free-flowing drillhole. Dalam beberapa kasus, hal ini dapat mengakibatkan lereng pit curam tanpa peningkatan risiko kegagalan.

Mengurangi tekanan adalah cara yang efektif untuk mencapai lereng tanpa risiko kegagalan lereng yang tidak berterima. Alternatif menciptakan lereng yang tidak perlu datar untuk stabilitas yang diperlukan mungkin memakan ratusan juta dolar dari biaya tambahan selama LoM tambang besar.

Untuk pit-pit dengan bahan berpermeabilitas tinggi dalam dinding, pengeringan lantai tambang juga dapat menguras dan depresurisasi dinding. Namun, dalam banyak situasi, batu dinding mungkin tidak begitu mudah didepresurisasi. Contohnya, antara lain, sedimen berlapis batuan di tambang batu bara dan bijih dengan permeabilitas tinggi dikelilingi oleh batuan induk (host rocks) berpermeabilitas rendah, seperti pada banyak tambang bijih besi di Western Australia.

9.2.4 Suntikan ulang

Suntikan ulang adalah praktik menempatkan air tanah yang disedot sebagai bagian dari proses penambangan ke dalam akuifer yang sama atau di dekatnya. Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan prasarana rekayasa atau reinfiltrasi pasif melalui sungai setempat. Dalam beberapa situasi, lebih baik untuk melepaskan air ke dalam sistem air permukaan. Penyuntikan ulang membutuhkan kondisi geologi dan hidrogeologi tertentu dengan persyaratan tambahan yang layak secara ekonomis. Sebuah operasi penyuntikan kembali harus berada:

- di geologi yang memiliki kapasitas untuk menerima air pada tingkat yang cukup tinggi (yaitu, geologi yang menunjukkan setidaknya berpermeabilitas sedang)
- di daerah dengan air tanah alami yang cukup dalam
- di daerah di mana kualitas yang disuntikkan dan penerima perairan kompatibel
- dalam jarak yang wajar dari sumber abstraksi untuk meminimalkan biaya prasarana, tapi tidak begitu dekat sehingga operasi pengeringan terhambat karena resirkulasi.

Tidak semua ketentuan ini dapat dipenuhi dalam semua situasi di mana mungkin suntikan ulang ingin digunakan.

Studi kasus: Pengisian ulang akuifer di tambang Cloudbreak

Tambang bijih besi Cloudbreak, yang dioperasikan oleh Fortescue Metals Group, berlokasi di pinggiran utara Fortescue Marsh, lahan basah yang luas di wilayah Pilbara Western Australia. Lahan basah, dianggap signifikan secara nasional, adalah situs perkembangbiakan penting bagi populasi burung asli dan pada National Wetland Register.

Sekitar 90% dari tubuh bijih Cloudbreak terletak di bawah air tanah, sehingga diperlukan pengeringan untuk menambang bijih. Izin kapasitas pengeringan saat ini adalah 125 GL/tahun, dan sekitar 80% dari air yang disuntikkan kembali sebagai bagian dari pendekatan isi ulang akuifer (MAR) yang terkelola. Pendekatan MAR telah dirancang untuk mengurangi dampak lingkungan dari abstraksi untuk pengeringan dan proses pasokan air sekaligus melestarikan sumber daya air untuk penggunaan masa depan.

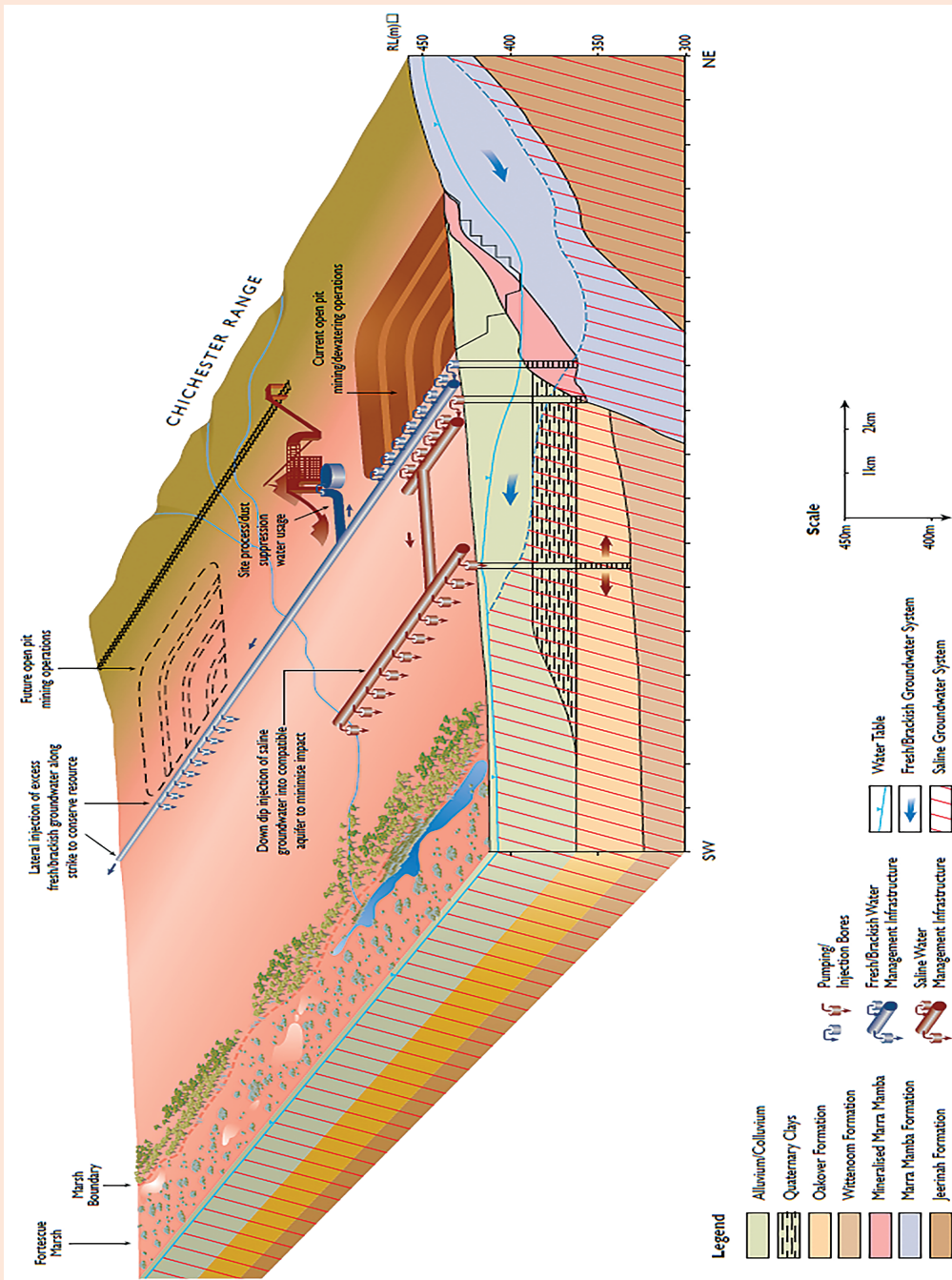
Sistem pengelolaan air di lingkungan yang kompleks dan hidrologis sensitif, dan dirancang untuk memelihara pemisahan air tanah payau dari sistem yang mendasari air tanah hipersalin yang meluas di bawah Fortescue Marsh.

Air garam (saline) yang diabstraksi dari pengeringan tambang disuntikkan kembali ke dalam akuifer garam di bawah rawa untuk mempertahankan tingkat air pra-pertambangan di akuifer permukaan. Kelebihan air payau disuntikkan kembali dan disimpan di daerah pertambangan masa depan untuk penggunaan di masa depan untuk memaksimalkan sumber daya air tanah dan menjaga sekecil mungkin jejak proyek dalam lingkungan.

Sistem ini telah berjalan sukses selama tujuh tahun terakhir. Mengingat bahwa sistem tersebut mengelola baik air garam maupun air payau dan kapasitas saat ini, hal itu merupakan salah satu skema MAR terbesar dan paling kompleks di Australia.

Pengelolaan air beroperasi di bawah strategi pengoperasian Cloudbreak yang berizin, yang mencakup jaringan luas poin pemantauan dengan level pemicu spesifik untuk memperingatkan terhadap potensi dampak reseptor ekologi. Sampai saat ini, manajemen proaktif dari sistem telah berhasil untuk tidak adanya pelanggaran tingkat pemicu.

Pendekatan MAR menyediakan kesempatan berkelanjutan untuk memajukan pemahaman ilmiah dan pengembangan keterampilan terapan pengelolaan air pada tantangan pengelolaan sumber daya air skala besar. Penelitian telah dilakukan dalam hubungannya dengan University of Western Australia untuk mengembangkan pemahaman tentang Fortescue Marsh, dan hasilnya digunakan untuk meningkatkan simulasi model air tanah dari pengelolaan air LoM.



Skema MAR skematik Cloudbreak yang disederhanakan.

Sumber: Fortescue Metals Group.

9.2.5 Pemantauan air tanah

Pekerjaan lapangan hidrologis dan program pemantauan biasanya diperlukan untuk mengelola potensi dampak pertambangan pada air tanah dan untuk mengumpulkan data guna meningkatkan efektivitas kegiatan operasional seperti pengeringan dan suntikan ulang. Program tersebut membutuhkan instalasi instrumen untuk memantau tingkat air tanah dan kualitas dalam akuifer, memberikan perkiraan sifat hidrolik dari akuifer, memantau dasar dan pengoperasian kepala tekanan air tanah pada kedalaman yang telah ditentukan dan memantau kualitas air tanah. Lokasi pemantauan harus dipilih dalam konsultasi dengan spesialis air tanah dan pakar hidrogeologi untuk memastikan bahwa pemantauan sesuai dengan tujuan dan menangani kegiatan utama pengendalian hidrogeologis dan tekanan. Untuk mencapai tujuan tersebut membutuhkan:

- melakukan pengeboran sumur dan menginstal Piezometer, memantau bor dan bor uji
- melakukan uji pemompaan
- pengambilan sampel air tanah untuk mengukur kualitas parameter, seperti pH, konduktivitas listrik, alkalinitas, padatan yang ditangguhkan dan terlarut, kation dan anion utama, nutrien, logam total dan terlarut, hidrokarbon dan senyawa organik yang mudah menguap
- merekam semua informasi tentang program pemantauan dalam dokumen yang sesuai.

Pemantauan air tanah merupakan bagian dari persyaratan pengumpulan data yang dibahas dalam Bagian 9.4.

9.3 Sistem air tambang

Operasi harus memiliki sistem-sistem di tempat untuk dialihkan, mengarahkan dan menyampaikan air permukaan dan air tanah untuk ketentuan operasi normal dan untuk memenuhi toleransi risiko yang telah disepakati. Kondisi iklim mempengaruhi kinerja sistem. Mengelola arus air tambang yang terkena dampak untuk memenuhi harapan para pemangku kepentingan membutuhkan pemahaman menyeluruh tentang dampak variasi iklim pada limpasan arus dan volume yang dikumpulkan oleh sistem air tambang (pemodelan neraca air dan pelaporan); membutuhkan sistem air tambang yang dirancang untuk meminimalkan tingkat arus tambang yang terkena dampak dan yang mengandung semua air tambang yang terkena dampak untuk mematuhi ketentuan lingkungan; serta membutuhkan pemantauan ekstensif dari sistem lingkungan penerima dan data yang sesuai sistem manajemen untuk menyusun, menanyai dan melaporkan informasi yang dikumpulkan.

Contoh: Konsekuensi merancang sistem air tambang untuk tingkat resiko yang kurang memadai

Di Queensland, curah hujan pada tahun 2010 dan awal tahun 2011 mengakibatkan bagian-bagian penting dari sejumlah kegiatan pertambangan batubara menjadi tidak dapat dioperasikan. Produksi batubara pun sedikit banyak terpengaruh. Beberapa faktor yang berkontribusi terhadap penurunan produksi termasuk akses jalan ditutup, lubang terbuka dan daerah bawah tanah menampung air berlebihan, kapasitas pemompaan dan sistem pipa yang melewati batas, konveyor batubara terendam, beberapa bendungan penadah air tidak terkendali lagi dan tambang tidak dapat memompa air dari tambang ke sungai setempat karena peraturan lingkungan.

Kegiatan utama sebagai berikut:

- Merekam dan memantau masukan air dari sumber eksternal.
- Memahami berapa banyak air tambang yang terkena dampak yang akan disimpan di situs, baik dari limpasan dan dari air tanah. Idealnya, model neraca air yang dikembangkan untuk memahami hubungan antara operasi dan daerah tangkapannya dapat digunakan atau disempurnakan untuk melakukan tugas ini. Model harus ditinjau secara teratur dan harus berisi tingkat detail sepadan dengan kompleksitas tambang air sistem dan risiko utama. Karena variasi iklim merupakan hal utama yang tidak diketahui, model harus memiliki kemampuan untuk menjalankan beberapa skenario iklim atau melakukan analisis timbunan stokastik.
- Memahami kualitas air yang akan disimpan, dan menetapkan setiap jenis kualitas air ke tempat-tempat penyimpanan tertentu, jika relevan. Misalnya, pembuangan batuan sisa atau tumpukan yang rusak sering merupakan sumber signifikan air tambang yang terkena dampak di lokasi tambang, serta kualitas limpasan dari pembuangan mungkin memerlukan penyimpanan dengan struktur tertentu. Sering terjadi penundaan panjang antara jatuhnya hujan pada batuan sisa atau kerusakan dan volume limpasan yang dikumpulkan dalam penyimpanan, yang dapat menimbulkan kesulitan saat berupaya untuk menyesuaikan neraca air selama interval pendek (minggu atau bulan). Jika asam tambang merupakan risiko, lihatlah buku pegangan praktik kerja unggulan *Drainase asam dan logam* (DIIS 2016), yang memberikan pedoman tentang drainase asam tambang.
- Memahami dan mengembangkan prakiraan persediaan dan membandingkannya dengan tuntutan tugas. Tuntutan umum termasuk penyemprotan debu di pertambangan tanah dan di pabrik pengolahan, penyemprotan debu untuk kegiatan permukaan (jalan angkut dan timbunan stok), pencucian kendaraan dan berbagai tuntutan industri lainnya. Tuntutan harus dipantau, idealnya melalui pengukuran yang memadai dan mengunggah (upload) data pengukuran ke perangkat lunak yang sesuai (contoh adalah sistem CitectSCADA, dengan ekspor data untuk perangkat lunak pemroses sejarahnya). Metode yang lebih sederhana mungkin sesuai. Kualitas air yang dibutuhkan oleh masing-masing permintaan harus dicatat. Toleransi kualitas air untuk setiap permintaan operasional harus didefinisikan dan dicatat, serta respons manajemen yang tepat terhadap perubahan ketentuan tersebut harus didokumentasikan dalam prosedur pengoperasian.
- Definisikan tingkat kritis yang jelas berkomunikasi saat ada risiko pasokan yang tidak memadai. Akan ada tingkat kritis untuk setiap sumber kualitas air tertentu. Misalnya, tuntutan yang mengandalkan pasokan air tambang yang terkena dampak akan mengacu pada tingkat kritis yang ditetapkan untuk persediaan air tambang. Tuntutan yang mengandalkan pasokan air eksternal akan mengacu pada kendala operasional yang ditetapkan oleh pihak ketiga yang memberikan air.
- Laporkan neraca air pada waktu interval yang telah disepakati. Saat tidak ada peristiwa tekanan tertentu, pelaporan bulanan neraca air cenderung mungkin telah tepat. Pada saat tekanan, seperti curah hujan yang amat tinggi, neraca air mungkin perlu lebih sering diperbarui. Untuk menyeimbangkan neraca air, data persediaan air harus dikumpulkan secara teratur. Metode yang paling umum adalah mengukur tingkat air di pit dan bendungan, dan kemudian mengkonversikannya ke volume dan luas permukaan (yang terakhir untuk perhitungan kerugian penguapan). Survei batimetri perlu dilakukan secara rutin (setiap dua atau tiga tahun biasanya tepat) pada struktur penyimpanan penting untuk memperbarui hubungan antara tingkat air, volume dan luas permukaan. Teknologi baru kini menawarkan metode pengukuran yang baru dan lebih hemat biaya. Sebagai contoh, drone sekarang dapat diterbangkan dengan cepat mengukur luas permukaan badan air, yang kemudian dapat diubah menjadi volume. Neraca air perlu ditinjau untuk menilai risiko kelebihan persediaan dan risiko tidak cukup persediaan. Tentukan pilihan manajemen untuk keduanya.
- Secara teratur melakukan analisis neraca air untuk berbagai skenario yang memperhitungkan potensi dampak untuk pasokan air operasi, seperti perubahan geokimia yang mempengaruhi kualitas air, proyeksi iklim yang mempengaruhi kuantitas air, perubahan seiring waktu dalam ketersediaan air, kerentanan terhadap kekurangan, dan kendala kualitas.
- Menilai risiko tertentu yang terkait dengan masing-masing struktur penyimpanan: risiko tidak memenuhi persyaratan freeboard (jika ada) dan risiko ketidakpatuhan pelepasan, tetapi untuk struktur individu daripada situs secara keseluruhan. Desain struktur penyimpanan bervariasi di seluruh yurisdiksi dan ketentuan lingkungan, namun biasanya ditentukan oleh kemampuan untuk mencakup desain terhadap peristiwa badai

yang memenuhi syarat tanpa membuang air ke lingkungan dan kemampuan untuk menampung limpasan suatu musim hujan dengan probabilitas tertentu tahunan atas kelebihan air.

- Dalam beberapa yurisdiksi, terlepas dari persyaratan desain, ketentuan pelepasan harus selalu dipenuhi. Dalam kasus-kasus tersebut, mungkin ada selisih tipis antara desain struktur penyimpanan dan kemampuan untuk memenuhi penetapan pelepasan.
- Mengoptimalkan, menguji dan mencatat strategi pelepasan, bersama dengan prosedur pengoperasian yang rinci untuk melakukan pelepasan. Pelepasan terkendali membutuhkan prasarana yang memadai untuk menangkap dan menahan air yang ditanggihkan. Ketentuan dikenakan oleh kewajiban lingkungan. Karena dapat menjadi kompleks dan harus memenuhi berbagai ketentuan, maka prosedur pengoperasian rinci, dengan pengujian ekstensif amat penting. Kinerja dan dampak pelepasan air harus ditinjau setelah setiap musim hujan (atau peristiwa curah hujan) untuk menangkap setiap perubahan operasi dan lingkungan penerima, dan strategi pelepasan harus disesuaikan. Data pemantauan memberikan informasi yang dapat digunakan untuk menilai dampak pelepasan dan dapat menyebabkan penilaian ulang program monitoring. Siklus yang kembali ke informasi manajemen pelepasan ini seringkali terlewatkan kecuali terjadi situasi ketidakpatuhan, yang bukan manajemen proaktif dan bukan praktik kerja unggulan.

9.4 Pengumpulan dan pengelolaan data

Manajer operasional diperlukan untuk mengumpulkan berbagai macam data guna mendukung pengelolaan air mereka dan untuk melaporkan efektivitas prosedur pengelolaan air mereka. Luas program pengumpulan data tergantung pada operasinya, tetapi terdapat prinsip-prinsip praktik kerja unggulan utama untuk pengumpulan dan pengelolaan data. Dalam kebanyakan kasus, pengambilan sampel dilakukan untuk memastikan dipatuhinya kewajiban lingkungan, untuk menilai kinerja lingkungan dari operasi dan memantau lingkungan penerima. Dalam kasus air, secara luas, hal ini membutuhkan pengukuran:

- karakteristik air permukaan dan air tanah lingkungan penerima (parameter aliran dan kualitas air), yang sering menggunakan perangkat otomatis untuk pemantauan sampling, serta sampling air di tempat untuk analisis oleh laboratorium yang berkualitas
- tingkat dan kualitas air tanah
- kualitas air yang terkena dampak tambang
- tuntutan internal dan arus lain digunakan untuk menghitung atau mengestimasi input dan output situs.

Tujuan program sampling harus ditentukan dan didokumentasikan dan sespesifik mungkin, menetapkan batas-batas spasial sampling (ukuran daerah yang akan dinilai), skala temporal (untuk berapa lama) dan frekuensi (seberapa sering). Masalah utama yang menjadi perhatian (seperti nutrisi, beban logam dan logam bioavailable) harus diketahui dari pemahaman konteks operasi, termasuk lingkungan penerima. Idealnya, saat memutuskan jumlah sampel untuk dikumpulkan dan frekuensi pengambilan sampel yang dibutuhkan, sampel dan ulangan yang cukup dikumpulkan untuk mewakili berbagai variabilitas dalam ruang dan waktu ke waktu. Fitur penting strategi sampling adalah memastikan bahwa bahan sampel merupakan perwakilan yang benar dari tubuh materi dari yang dikumpulkan, dan bahwa dalam pengukuran di tempat dapat diandalkan, integritas material yang dikirim untuk analisis laboratorium belum diganggu oleh kontaminasi, degradasi, transformasi atau kerugian. Rezim pengambilan sampel harus mewakili kepentingan sistem dan parameter. Program pemantauan harus ditinjau secara teratur untuk menilai apakah lokasi pemantauan perlu dipindahkan dan apakah program ini masih memenuhi persyaratan kerangka peraturan.

Teknik umum, metode dan standar untuk pengumpulan sampel, penanganan, jaminan dan pengendalian mutu, perwalian dan pengelolaan data dijelaskan dalam manual yang diterbitkan oleh berbagai badan pemerintah. Sebuah contoh yang baik adalah Manual pemantauan dan sampling oleh Departemen Perlindungan Lingkungan dan Warisan Queensland (Queensland Department of Environment and Heritage Protection) (DEHP 2013), yang menyediakan prosedur untuk desain pengambilan sampel; sampel di lapangan; pengujian di tempat dan pengukuran kualitas air; sampel untuk penilaian kualitas air, sedimen dan biota; melestarikan dan menyimpan

sampel untuk penilaian kualitas air; mengangkut sampel; mengatur analisis laboratorium; serta menganalisis dan menafsirkan data.

Jaminan dan kendali mutu sangat penting baik dalam sampling maupun analisis. Analisis laboratorium harus dilakukan oleh laboratorium terakreditasi oleh NATA (atau setara). Hanya sejumlah laboratorium komersial yang menawarkan batas analitis deteksi yang cukup untuk memenuhi persyaratan kepatuhan (seperti kemampuan untuk mengukur kepatuhan dengan pedoman untuk perlindungan 95% terhadap ekosistem air yang terganggu dengan tingkat sedikit sampai sedang.) Pemantauan biologi semakin diperlukan. Beberapa laboratorium pengujian ekotoksikologi dapat menguji toksisitas air tambang yang terkena dampak pada berbagai organisme uji, dan beberapa konsultan biologis dapat memberikan penilaian lokal dengan menggunakan alat pemantau ekosistem yang tepat.

Banyak tambang juga memasang jaringan pemantauan otomatis, yang membutuhkan peralatan telemetri yang luas untuk mengunduh (download) pengukuran sensor jarak jauh (biasanya sumber daya listrik, logger, modem dan antena). Berbagai perusahaan mengkhususkan diri dalam instalasi pemantauan otomatis.

Rezim pengambilan sampel menghasilkan sejumlah besar data yang harus dikelola dengan alat yang tepat, idealnya database lingkungan terpusat (lihat studi kasus Anglo American Coal, menggunakan EnviroSys, dalam Bagian 12). Hal ini juga penting untuk mengelola metadata (mis. perubahan yang dibuat untuk ketinggian casing bore sebagai tambang berkembang) dan untuk menyimpan dataset yang tidak lagi aktif (seperti yang dari membosankan eksplorasi). Sistem manajemen data berkinerja tinggi juga mampu untuk mendeteksi perubahan dan mengirim peringatan guna memicu respons manajemen. Dengan pengelolaan data terpusat, data dapat dianalisis untuk mengidentifikasi tren, terutama tren yang jauh dari dasar; memantau kinerja lingkungan operasi; dan menyusun laporan untuk komunikasi ke berbagai pemangku kepentingan.

Studi kasus: Data dasar kualitas-air menciptakan nilai di Newcrest

Operasi Cadia Lembah Newcrest berada di kawasan barat tengah New South Wales dalam daerah tangkapan Cadiangullong Creek. Tambang terbuka sangat dekat dengan sungai, dan sepanjang 2 km dari sungai telah dialihkan di sekitar tambang. Menjaga kualitas air di Cadiangullong Creek hilir operasi merupakan tujuan kunci pengelolaan air.

Pengambilan sampel kualitas air dimulai pada tahun 1994, dan pemantauan ekosistem perairan dua tahunan dimulai pada tahun 2006. Sampai tahun 2012, Newcrest melaporkan pelampauan dari nilai-nilai kualitas air pemicu ANZECC-ARMCANZ (2000a) di lokasi pemantauan hilir. Pelampauan tersebut dikaitkan dengan geologi alam dan dampak pertanian. Namun, konsentrasi di mana terdapat potensi dampak pada kesehatan sungai belum ditetapkan.

Pedoman ANZECC-ARMCANZ memberikan nilai pemicu untuk enam tipe ekosistem yang berbeda, bersama dengan kategori untuk kondisi mereka (konservasi tinggi, dengan modifikasi sedikit sampai sedang, sangat terganggu). Di Cadia, jenis ekosistem sungai dataran tinggi dengan sejarah pertambangan, pertanian dan kehutanan dan ketergangguhan tersebut diklasifikasikan sebagai sedikit sampai sedang. Pedoman menyediakan metode untuk mengembangkan situs-spesifik nilai-nilai pemicu (SSTV) berdasarkan catatan sampel hulu. Misalnya, konsentrasi fosfor hulu yang biasanya 0,04 mg/L dibandingkan dengan nilai pemicu untuk sungai-sungai dataran tinggi di New South Wales dari 0,02 mg/L. Dalam hal ini, persentil ke-80 dari nilai-nilai hulu terseleksi sebagai SSTV hilir. Atau, konduktivitas listrik hulu itu biasanya 70 mikrodetik/cm dibandingkan dengan default pemicu 350 mikrodetik/cm. Dalam hal ini, pemicu standar digunakan sebagai SSTV tersebut. Penyesuaian juga dilakukan untuk beberapa logam berat berdasarkan kesadahan air.

SSTV tersebut dibandingkan dengan kualitas air di hilir untuk menilai dampak situs pada kesehatan aliran. Dengan pengecualian dari konduktivitas listrik, hanya beberapa hasilnya di atas SSTV. Pedoman memungkinkan untuk penilaian lebih lanjut, dengan hasil pertimbangan dari pemantauan ekologi perairan. Pemantauan ekologi berjangka panjang pada perairan hulu dan hilir situs menunjukkan kesehatan aliran setara di kedua lokasi. Hal ini, dikombinasikan dengan tidak adanya tren jangka panjang dalam konduktivitas listrik, berarti terdapat bukti yang cukup untuk mendukung peningkatan SSTV untuk persentil ke-80 dari lokasi pemantauan hilir dari default pemicu 350 mikrodetik/cm untuk 931 mikrodetik/cm. Untuk pertama kalinya, operasi Cadia kini dapat menggunakan hasil SSTV guna menyediakan sarana untuk menilai potensi dampak kesehatan aliran, baik dari peristiwa tunggal atau tren jangka panjang. Hal ini dimungkinkan dengan jangka lebih panjang kualitas data-air dan pemantauan ekologi akuatik dari lokasi hulu dan hilir.



Pemantauan kualitas air di Cadiangullong Creek hilir Tambang Cadia Newcrest.

10.0 MEMELIHARA DAN MENGOPTIMALKAN SISTEM AIR TAMBANG

Pesan-pesan kunci

- Setelah operasi selesai dirancang untuk mengendalikan semua risiko tingkat tinggi dan dibangun untuk mengendalikan dan mengelola semua risiko tingkat operasional, mungkin terdapat peluang untuk mengoptimalkan komponen individu dan menerapkan berbagai pilihan praktik kerja unggulan.
- Praktik pengelolaan air disesuaikan dengan kondisi iklim. Dalam kondisi kemarau, mereka fokus pada efisiensi air. Dalam kondisi musim hujan, pada pengelolaan banjir dan pemantauan kualitas air.
- Operasi praktik kerja unggulan mengembalikan sebanyak mungkin air bermanfaat (seperti air bersih atau, untuk beberapa penggunaan, air yang mengandung reagen yang tidak terpakai)
- Mengoptimalkan isi air tailing dapat membantu meminimalkan kebutuhan air.
- Air yang digunakan untuk mengurangi debu dibutuhkan untuk keamanan dan efisiensi produksi, serta untuk menghindari dampak kualitas udara pada pengguna lahan dan masyarakat sekitarnya.

Setelah operasi selesai dirancang untuk mengendalikan semua risiko tingkat tinggi dan ditetapkan untuk mengendalikan dan mengelola semua risiko tingkat operasional, mungkin terdapat peluang untuk mengoptimalkan komponen individu dan menerapkan berbagai pilihan praktik kerja unggulan. Secara umum, dalam kondisi kering, pengelolaan air berfokus pada pengendalian kerugian penguapan dengan meminimalkan luas permukaan yang terpapar pada penguapan, menyimpan air di sejumlah kecil tempat penyimpanan dalam dan meningkatkan efisiensi penggunaan air. Dalam kondisi basah, pengelolaan air berfokus pada pengelolaan banjir, pemantauan kualitas air (untuk mengelola risiko kepatuhan pelepasan), dan memaksimalkan luas permukaan yang terpapar penguapan dengan menyimpan air di sebanyak mungkin tempat penyimpanan. Dalam beberapa kasus, tambang harus mempersiapkan untuk kedua skenario pada waktu yang berbeda. Guna mencapai tujuan tersebut, teknik tertentu dapat diterapkan untuk berbagai metode penambangan serta pengolahan dan penambangan yang khas.

10.1 Peran dan tanggung jawab

Risiko yang berhubungan dengan air melintasi sejumlah batasan manajemen. Seperti dibahas lebih rinci dalam Bab 3.1, pengelolaan air dapat menjadi terpecah-pecah, dengan implikasi untuk beberapa akuntabilitas, dan rentan terhadap duplikasi layanan atau perencanaan yang tidak efektif. Pengelolaan air harus diintegrasikan di semua departemen terkait, idealnya dengan badan koordinasi dipimpin oleh orang yang memiliki kewenangan dan pertanggungjawaban yang memadai.³³

³³ Lihat Tabel 4 untuk ikhtisar tugas dan tanggung jawab tim situs air.

10.2 Pertambangan di bawah tanah

Tuntutan untuk air di tambang bawah tanah perlu dianalisis secara rinci, bersama dengan persyaratan kualitas air. Dalam beberapa kasus, kualitas air tertentu akan diperlukan untuk memenuhi ketentuan jaminan untuk peralatan mahal. Misalnya, longwall pertambangan batubara bawah tanah, air untuk penyemprotan debu di muka batubara (coalface) harus selalu tersedia, tidak dapat dikurangi dengan aman dan harus berkualitas sangat tinggi untuk memenuhi persyaratan jaminan peralatan.

Analisis permintaan juga perlu berfokus pada identifikasi kebocoran, kerugian dan kebutuhan conveyor. Tidak perlu menyemprot debu pada conveyor saat conveyor tidak beroperasi. Komponen khusus untuk penyemprot debu, pencegah kebakaran dan semua aspek pengendalian air di tambang bawah tanah tersedia untuk secara otomatis menghentikan pasokan air saat tidak diperlukan. Saat sistem conveyor tidak bekerja, semprotan bisa berhenti secara otomatis.

Dalam operasi tambang batu bara, penukar panas motor sering disemprot terus menerus, dengan air yang disemprotkan mengalir ke tanah dan menciptakan kondisi tanah yang basah dan acak-acakan. Hal ini dapat menimbulkan kebutuhan untuk tugas-tugas pemeliharaan tertentu yang menyebabkan gangguan pergeseran ke longwall, dengan biaya tinggi. Interupsi karena pemeliharaan juga dapat secara langsung mempengaruhi indikator kinerja utama produksi. Air yang disemprotkan ke penukar panas dapat dipulihkan dan dikembalikan ke dalam sistem air yang telah dioperasikan untuk digunakan kembali, membuahkan peningkatan kinerja yang signifikan.

Biasanya, alasan utama untuk menggunakan air berkualitas tinggi untuk menyemprot debu pada sabuk conveyor adalah sistem jaringan yang dirancang untuk menyediakan air berkualitas tinggi saja. Sistem sirkulasi dapat dirancang atau didesain ulang guna memasok air tambang yang terkena dampak untuk semprotan pada ban berjalan.

Untuk memastikan sistem pasokan air dioperasikan secara optimal dan data yang dikumpulkan untuk analisis kinerja, harus dipasang penghitung modern dengan menggunakan teknologi elektronik. Penghitung tersebut memiliki kemampuan untuk berkomunikasi melalui jaringan ke titik pusat. Data waktu-nyata dapat dikumpulkan menggunakan paket perangkat lunak industri (seperti CitectSCADA) yang juga menyediakan tampilan grafis untuk terus memantau parameter operasional. Hal ini memungkinkan deteksi dini potensi kegagalan dan memungkinkan masalah ditangani dengan cepat.

10.3 Penggunaan kembali daur ulang

Sirkulasi air ulang dapat membantu mengurangi kebutuhan untuk mengimpor air dari sumber eksternal. Contoh yang paling umum adalah resirkulasi internal dalam pabrik pengolahan dan air kembali dari fasilitas penyimpanan tailing. Hampir semua operasi telah menerapkan beberapa bentuk resirkulasi. Salah satu tantangan adalah untuk masing-masing operasi mengidentifikasi potensi untuk lebih resirkulasi, guna membangun kasus bisnis untuk perbaikan, dan untuk mengamankan anggaran untuk sumber daya yang dibutuhkan untuk menerapkan skema resirkulasi baru. Operasi praktik kerja unggulan mengembalikan air sebanyak mungkin dan sedapat mungkin memberi manfaat. Misalnya, air tailing dan kembalian dari clarifier (tangki pembersih sedimen) dan unit proses lainnya yang mungkin mengandung reagen yang tidak digunakan, seperti frothers flotasi.

Tantangan kedua adalah untuk mencoba menemukan air dari situs yang dikenal bersih atau, setidaknya, berkualitas yang dikenal dan dapat dikelola; yaitu, dapat digunakan tanpa tanaman kompromi, mineral pemulihan atau persyaratan manajemen situs air lainnya. Suatu fitur penting untuk mencapai ini adalah komunikasi antara berbagai bagian dari situs. Sebagai contoh, jika tambang bawah tanah untuk mengeringkan area dengan air dari kualitas yang berbeda dari rata-rata (yang mengandung gel atau beban sedimen yang tinggi) dan yang tidak dikomunikasikan ke pabrik, kerugian pemulihan yang signifikan dapat terjadi. Jika itu terjadi pada sejumlah kesempatan, dapat menjadi semakin sulit untuk memastikan bahwa penggunaan kembali situs air dioptimalkan.

Ini adalah sifat manusia bagi operator pabrik untuk memprioritaskan penggunaan air bersih atas penggunaan air situs lain untuk menghindari gangguan operasi.

Resirkulasi air dapat mencakup pengolahan tambang yang terkena dampak air (daur ulang air) atau tidak (penggunaan ulang air). Pengolahan air mencakup berbagai teknologi dan teknik operasional dan mencakup kedua pendekatan pasif maupun aktif.

Sistem pengolahan pasif umumnya memiliki modal dan biaya pemeliharaan yang lebih rendah daripada sistem pengolahan aktif. Sistem-sistem tersebut memiliki potensi untuk sukses jangka panjang, tetapi terdapat biaya terus menerus yang terkait dengan pemantauan dan pemeliharaan, seperti untuk secara berkala mengganti batu kapur atau kompos, pembilasan sistem atau menghapus lumpur. Pengolahan aktif relatif lebih tinggi modal dan biaya pemeliharaannya, dan membutuhkan tingkat pemantauan yang lebih intensif. Keuntungan pengobatan aktif ialah tingkat kinerja yang tinggi prediktabilitas LoM tambang dan kemampuan untuk mengatasi di kedua aliran dan komposisi kimia dengan variasi yang lebih luas. Sistem pasif cenderung lebih menarik daripada sistem berbasis kimia aktif untuk pengolahan air setelah penutupan, saat diminta untuk melakukan peran pemolesan akhir.

Pendekatan pengolahan yang optimal tergantung pada persyaratan kualitas air baik untuk digunakan kembali atau pelepasan. Sebagai contoh, sebagian pengolahan mineral tidak memerlukan air bermutu air minum. Praktik kerja unggulan melibatkan pencocokan kualitas air yang sesuai dengan tugas-tugas air tertentu. Kombinasi komponen perlakuan pasif dan aktif dapat digunakan untuk menangani masalah kualitas air yang sulit atau kompleks.

Studi kasus: Efisiensi air pada situs Prominent Hill OZ Mineral

Situs Prominent Hill terletak di daerah yang gersang di South Australia dengan curah hujan tahunan rata-rata kurang dari 200 mm/tahun. Prominent Hill menggunakan air tanah yang diambil dari unit geologi Boorthanna Formation dari Arckaringa Basin. Tujuan pengelolaan air situs adalah untuk meningkatkan efisiensi air yang diambil dari sumber air tanah dan menampung air limbah.

Pada tahun 2013, situs menggunakan 6150 ML, mencakup untuk eksplorasi, penambangan dan pengolahan. Air juga digunakan untuk minum dan fasilitas desa setelah pemurnian melalui tanaman osmosis balik, serta dalam pit terbuka dan daerah penambangan bawah tanah.

Untuk memaksimalkan efisiensi air, di mana mungkin air direklamasi dan yang digunakan kembali. Sekitar 1.300 ML/tahun didaur ulang dari total volume 6.150 ML/tahun. Suatu kesempatan diidentifikasi untuk lebih meningkatkan efisiensi air melalui daur ulang air pada proses pabrik Prominent Hill. Pabrik pengolahan adalah aspek operasi yang paling intensif energi dan air, menggunakan sekitar 80% dari total volume. Bijih ditambang berjalan melalui urutan tahapan untuk menghasilkan konsentrat tembaga. Air digunakan untuk memproses bijih dan untuk memisahkan mineral tembaga dan emas dari produk-produk limbah.

Pada tahun 2010, dibuat perbaikan tahap akhir di pabrik pengolahan untuk memungkinkan air untuk reklamasi sebelum tailing dikirim ke fasilitas penyimpanan tailing. Selama beberapa tahun terakhir, peningkatan proporsi air telah direklamasi pada tahap ini.

Serangkaian penelitian yang dilakukan pada akhir 2012 untuk menentukan apakah kelebihan reklamasi air tepat untuk digunakan di sirkuit flotasi, yang terjadi pada tahap awal dari proses. Rangkaian menggunakan campuran gelembung udara, reagen dan air untuk memisahkan tembaga dari produk-produk limbah.

Hasil positif menunjukkan bahwa air reklamasi berlebih bisa menggantikan air baku (bersumber langsung dari air tanah) dalam rangkaian flotasi. Pada awal 2013, proses itu dilaksanakan dan menghasilkan penurunan penggunaan air baku sebesar 75 kL/jam. Selama tahun pertama pelaksanaan pada tahun 2013 tersebut, asupan air tanah berkurang sekitar 600ML, setara dengan pengurangan sekitar 10%.

PARAMETER (ML)	PROMINENT HILL ¹	CARRAPATEENA ²	TOTAL
Input air	6.150	72	6.222
Pelepasan air dari situs ³	0	3,7	3,7
Penggunaan kembali air	1.300	0	1.300

- 1 Semua air yang digunakan di Prominent Hill bersumber dari air tanah.
- 2 Air di Carrapateena bersumber dari bendungan, air tanah dan lintas air.
- 3 Air yang keluar dari situs adalah air dari instalasi pengolahan air limbah yang dibuang ke padang irigasi.



Situs Prominent Hill OZ Minerals mengelola air sebagai prioritas dalam wilayah tandus South Australia ini.

10.4 Pengolahan dan tailing

Persiapan pengolahan mineral dan batubara menempatkan bijih atau batu bara limpasan tambang melalui berbagai prosedur untuk meningkatkan konsentrat substansi target dalam produk. Misalnya, emas biasanya terdiri dari sekitar 1% dari bijih yang ditambang, sehingga dapat terjadi pengurangan besar dalam penanganan dan transportasi biaya jika sebagian besar ‘non-emas’ dapat dipisahkan. Dalam batu bara limpasan tambang, proporsi batubara mungkin 50% sampai 80%, tetapi limbah atau pengurangan ‘abu’ masih mengurangi biaya transportasi dan memungkinkan batubara yang akan dijual sebagai produk yang berkualitas tinggi.

Pengolahan biasanya melibatkan beberapa urutan prosedur untuk memisahkan bagian-bagian yang berbeda dari limbah atau untuk mempersiapkan konsentrat yang tersisa untuk penyedotan mineral lebih lanjut. Misalnya, proses pemisahan gravitasi digunakan untuk menyingkirkan batu dengan berat jenis yang berbeda dari mineral sasaran; flotasi menggunakan perbedaan tegangan permukaan dan karakter hidrofobik untuk menempelkan mineral target pada gelembung di buih (bubbles in a froth); serta larutan dan pengendapan menggunakan reaksi kimia yang spesifik untuk mengekstrak mineral sasaran dari batuan sekitarnya.

Air digunakan dalam banyak proses pemisahan, terutama sebagai media cairan yang memungkinkan mineral dan limbah bergerak terpisah berdasarkan sifat mereka yang berbeda. Setelah pemisahan berhasil, air juga sering digunakan untuk membuat bubur limbah halus (tailing) sehingga dapat dipompa ke fasilitas penyimpanan. Dalam pabrik pengolahan persiapan batubara, yang kasar dipisahkan dan limbah halus kadang-kadang dipompa bersama-sama ('co-disposed') ke tempat penyimpanan, yang jelas membutuhkan volume yang jauh lebih besar dari air daripada lumpur tailing.

10.4.1 Prinsip-prinsip pengelolaan air yang baik dalam pengolahan

Praktik kerja unggulan penatagunaan air dalam pengolahan mengatur proses seleksi, arus pengukur, memaksimalkan penggunaan kembali air dan meminimalkan kerugian.

Proses seleksi

Pada tahap desain, kombinasi dan urutan proses-proses dipilih berdasarkan fisik dan sifat mineral dari mineral target dan batuan pembawa, kapasitas pabrik yang diperlukan, dan biaya. Biaya mencakup pembelian atau pengadaan biaya untuk air yang diperlukan dalam proses, tetapi juga harus menjadi pertimbangan dari biaya air lingkungan dan sosial, seperti biaya kesempatan bagi potensi pengguna air lainnya, dan biaya pengolahan selanjutnya atau penyimpanan air sebagai limbah.

Di lokasi di mana ketersediaan air terbatas, opsi proses kering, jika tersedia, mungkin lebih disukai.

Pengukuran aliran

Hal ini ditekankan beberapa kali dalam buku pedoman praktik kerja unggulan bahwa pengukuran yang baik penting untuk manajemen yang baik. Idealnya, semua aliran masuk dan keluar pipa harus terus dipantau menggunakan pengukur laju aliran yang akurat dan sesuai untuk tujuan. Perubahan laju aliran dapat memberikan indikasi awal kebocoran, tumpahan dan penyumbatan, serta penafsiran arus pada neraca air tanaman dapat mengidentifikasi tuntutan dan kerugian untuk mengarah pada perbaikan.

Selain aliran yang jelas, air juga memasuki pengolahan dalam umpan (bijih atau batu bara limpasan tambang) dan hilang dalam produk dan limbah kasar. Kecuali air tersebut mempengaruhi proses, biasanya cukup untuk memonitor sampling biasa daripada memasang sistem pengukuran sebaris (in-line) yang terus menerus.

Memaksimalkan penggunaan kembali air

Penghematan biaya, serta manfaat lingkungan, dapat direalisasikan jika air yang telah dioperasikan (air yang digunakan atau dikumpulkan di tempat lain di tambang) dapat digunakan dalam pengolahan untuk mengurangi konsumsi air baku berkualitas tinggi. Area penyimpanan tailing sering menjadi sumber utama air yang telah dioperasikan; sumber lain dapat mencakup dewatering tambang dan limpasan curah hujan dari daerah yang terganggu. Hal yang biasa bagi kualitas air yang telah dioperasikan menjadi agak rusak oleh penggunaan sebelumnya: salinitas, keasaman, alkalinitas dan padatan tersuspensi merupakan masalah umum. Dampak negatif dari menggunakan air berkualitas rendah mencakup peningkatan biaya pemeliharaan akibat korosi atau kerak pada komponen pabrik pengolahan dan mengurangi efisiensi reaksi proses; namun, dampak tersebut dapat sering dapat diatasi dengan mencampurkan air baku yang cukup untuk mempertahankan kriteria kualitas kunci. Potensi manfaat penggunaan kembali dapat termasuk mengurangi biaya air pembelian, peningkatan reputasi operasi sebagai pengguna air yang efisien, dan penghematan biaya yang signifikan pada penyimpanan air yang telah dioperasikan dan fasilitas pengolahan.

Sekali lagi, manajemen memerlukan pengukuran, dalam hal ini pengukuran kasus parameter kimia air yang signifikan terhadap kinerja proses dan peralatan. Frekuensi sampling dan analisis harus didasarkan pada pertimbangan seperti sensitivitas proses dan variabilitas khas di air didapatkan kembali; bulanan atau kuartalan sampling dan pengujian sering akan cukup. Perubahan kualitas air perlu tanggapan segera. Jika parameter kunci memburuk, solusi jangka pendek untuk operasi terus mungkin menambah proporsi yang lebih besar dari air mentah atau berkualitas tinggi; Namun, jika perubahan atau tren berlanjut, harus ada investigasi untuk memahami penyebabnya dan menciptakan obat untuk jangka panjang.

Mengidentifikasi dan meminimalkan kerugian

Saat pengolahan mencakup pengendapan hidrolik tailing, yang umumnya merupakan kerugian terbesar dari sistem air olahan. Setelah penuangan, dan beberapa konsolidasi, biasanya sekitar 30% sampai 40% dari volume di fasilitas penyimpanan akan berupa air, dan kuantum tersebut terutama didorong oleh karakteristik retensi air dari padatan tailing. Akibatnya, pengubahan konsentrasi padatan dari lumpur (slurry) tailing mengubah jumlah air kembalian tapi tidak sangat mempengaruhi jumlah air yang hilang ke tailing. Walaupun demikian, kerugian lainnya di rangkaian tailing dapat dikurangi, misalnya dengan perembesan dan penguapan dari aliran air kembalian dan penguapan dari kolam tuang dangkal besar.

Kehilangan air lainnya di pabrik pengolahan termasuk kebocoran, tumpahan dan backwashing (seperti filter). Catch drains (tangkapan aliran air) yang tepat lokasinya dapat menadah dan menggunakan kembali air tersebut serta meningkatkan keamanan dengan mengurangi area lantai basah.

Air juga hilang dalam limbah kasar dan dalam produk; namun, kecuali hal itu mempengaruhi nilai pasar produk, biaya energi untuk memulihkan air biasanya lebih besar dari nilai air yang hilang.

Kesimpulan, meskipun proses 'kering' baru sedang dikembangkan, penggunaan air dalam pengolahan mineral dan persiapan batubara akan terus berlanjut di masa mendatang, baik sebagai media proses dan untuk pengangkutan limbah halus. Meskipun berbagai mineral dan proses konsentrat yang sehubungan, prinsip-prinsip umum praktik kerja unggulan penatagunaan air secara akurat memantau arus masuk dan arus keluar serta menganalisis hasil pemantauan guna mengidentifikasi peluang untuk menggunakan kembali air dan untuk mengurangi kerugian.

10.5 Penyemprotan debu

Debu harus dikendalikan di bawah tanah, di jalan-jalan, di kawasan industri, sekitar timbunan stok dan di beberapa area penambangan. Ini mencakup area di mana bahan ditangani di luar sewa guna tambang, seperti pelabuhan, fasilitas pengolahan dan transportasi pengangkutan ke luar. Mitigasi debu diperlukan untuk keselamatan dan efisiensi produksi serta untuk menghindari dampak kualitas udara pada pengguna lahan dan masyarakat sekitar. Air yang digunakan untuk penyemprotan debu hilang sebagai penguapan, meninggalkan garam yang dapat dimobilisasi oleh pelimpasan di lain waktu. Oleh karena itu, di daerah-daerah tertentu di mana kontaminasi limpasan tidak berterima dan tidak dapat dikendalikan dengan pengolahan drainase yang tepat, pendekatan penyemprotan debu mungkin perlu menggunakan sedikit air garam.

Kegiatan pertambangan terkemuka telah menempatkan usaha yang signifikan dalam meneliti metode untuk penyemprotan debu tanpa konsumsi air yang berlebihan. Buku pegangan praktik kerja unggulan *Pencemar udara, kebisingan dan getaran (Airborne contaminants, noise and vibration)* (DRET 2009) memiliki bagian yang rinci tentang berbagai pilihan untuk mengendalikan debu. Strategi mencakup perencanaan rute (dengan kepekaan terhadap kondisi lingkungan sekitar, misalnya, penyiraman kurang diperlukan dalam kondisi basah), mengoptimalkan kecepatan truk dan tingkat pembasahan, menerapkan pereda debu, memberi perhatian yang lebih besar untuk pemeliharaan jalan angkut, dan mengembangkan teknologi semprot yang efisien.

Operasi praktik kerja unggulan mengendalikan debu dari timbunan stok dengan semprotan yang dipicu oleh kondisi yang menguasai lingkungan, berdasarkan penelitian pengaturan parameter yang efektif. Ukuran dan bentuk dari timbunan stok serta periode stok dibiarkan di suatu tempat dapat sebagian ditentukan oleh kandungan airnya, perkolasi dan sifat curahannya. Faktor-faktor tersebut dikendalikan untuk memastikan bahwa persyaratan untuk pemisahan mineral dan transportasi (truk, conveyor, kereta api) serta spesifikasi komoditas klien terpenuhi dan untuk memastikan lingkungan operasi yang aman di dalam dan sekitar timbunan stok. Pengendalian debu juga diperlukan di timbunan stok di luar sewa guna pertambangan, termasuk di fasilitas transportasi dan operasi pengolahan mineral lainnya, seperti pabrik pengolahan (refinery) dan peleburan (smelter).

10.6 Pengendalian penguapan

Kehilangan dalam penguapan dapat menjadi komponen utama dari neraca air situs. Di daerah basah, penguapan mungkin perlu ditingkatkan untuk situs guna mengelola kelebihan air secara efektif. Praktik kerja unggulan memastikan bahwa peningkatan penguapan dilakukan dengan cara yang efisien energi. Di daerah kering, mungkin diinginkan untuk meminimalkan penguapan. Sejumlah teknik yang tersedia, termasuk tutup (fisik dan kimia), desain geometri (area permukaan kecil untuk rasio volume penyimpanan) dan penggunaan sistem bawah tanah, seperti penyimpanan akuifer dan pemulihan.

10.7 Pelindian

Salah satu metode yang umum pemisahan produk ialah pelindian. Pelindian timbunan, khususnya, memerlukan pengelolaan air bervolume besar (umumnya larutan asam atau mengandung sianida). Pelindian solusi ditambahkan ke bagian atas tumpukan, sehingga ada potensi yang signifikan untuk penguapan. Operasi praktik kerja unggulan meminimalkan ini dengan memastikan bahwa tingkat irigasi dicocokkan dengan baik atas tingkat infiltrasi timbunan sehingga tidak terjadi genangan di permukaan (meminimalkan permukaan bebas air untuk penguapan). Irigasi tetes adalah pilihan lain dan memiliki keuntungan tambahan untuk mengurangi masalah yang terkait dengan aliran preferensial melalui tumpukan. Larutan kaya (pregnant solution) juga disimpan dalam dan beretikusasi melalui kolam, yang harus dilapisi untuk menghindari kerugian dan dapat ditutup untuk mengurangi penguapan.

Tumpukan alas pelindian harus dirancang untuk menghindari hilangnya larutan pelindian terhadap lingkungan sekitarnya. Pada penutupan (setelah pelindian selesai), tumpukan harus dihentikan sehingga infiltrasi curah hujan tidak menciptakan kemungkinan pergerakan larutan sisa pelindian. Pemeliharaan bantalan pelindian dan drainase prasarana diperlukan untuk menjamin stabilitas jangka panjang dan keamanan dari timbunan.

Larutan dari mana logam pelindian telah ditemukan harus digunakan kembali sejauh mungkin, dan setiap cairan sisa harus disimpan atau dibuang sesuai dengan persyaratan izin situs.

10.8 Efisiensi energi sistem air tambang

Dalam sistem prasarana yang digunakan untuk memindahkan, langsung dan menyampaikan air permukaan, pompa adalah item utama yang mengkonsumsi energi. Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja sistem pompa secara keseluruhan termasuk panjang pipa dan dimensi, gradien dimana pipa dipasang, jarak di mana air dipompa, dan kesesuaian spesifikasi pompa. Terdapat peluang untuk mengoptimalkan pengelolaan pemompaan melalui pertimbangan:

- perencanaan secara mendalam atas pemompaan air dan pengelolaan sistem air tambang
- menggunakan pompa listrik daripada pompa diesel
- mengevaluasi semua spesifikasi pompa dan mengoptimalkan ukuran pompa dan pipa
- menghimpun data tentang pemompaan harian (mis. merekam jumlah liter yang dipompa, energi yang dikonsumsi dan jam operasional).

BAGIAN V: MONITOR DAN LAPORAN

11.0 PELAPORAN DAN PROSES AKUNTANS

Pesan-pesan kunci.

- Menetapkan tujuan pengoperasian dan penatagunaan serta melaksanakan sistem pemantauan dan pelaporan yang telah disetujui, memungkinkan peningkatan pengelolaan risiko air produktivitas yang efektif.
- Prosedur pengoperasian didukung oleh diagram akurat sirkuit air 'as-built' (seperti yang dibangun), akun air yang dikembangkan dengan menerapkan ilmu neraca air, dan pemantauan situs yang efektif menyediakan komponen yang diperlukan untuk mengelola risiko situs dan peluang.
- Akuntansi air dan model neraca air sangat penting untuk mendukung keputusan pengelolaan air dan melaporkan kinerja internal dan eksternal.

Bagian ini menguraikan pendekatan pelaporan air primer dan akuntansi yang dpaat digunakan oleh operasi praktik kerja unggulan untuk mempertanggungjawabkan dan melaporkan berbagai tantangan air.

11.1 Perusahaan dan pelaporan wajib

Pelaporan air wajib yang benar dan tepat waktu adalah penyampaian operasional penting dan merupakan dasar untuk memelihara izin operasi dan sosial. Bentuk pelaporan wajib yang berlaku tergantung pada persyaratan federal, negara bagian dan pertambangan.³⁴ Penyampaian laporan wajib yang lambat dan tidak akurat dapat mengikis peraturan dan iktikad baik masyarakat dan mengakibatkan pelaporan tambahan dan persyaratan administrasi. Pada akhirnya, pengiriman pelaporan wajib dan pengoperasian yang buruk dapat menunda perizinan lingkungan yang baru atau diperbaiki.

Pelaporan umumnya diperlukan untuk memenuhi ketentuan yang melekat pada izin abstraksi air atau dari komitmen dan kondisi lingkungan yang berkaitan dengan pembuangan kurasan tambang, pengendalian sedimen atau pengelolaan air asam dan pengolahan sebelum rilis. Izin air dan izin lingkungan yang terkait dengan air biasanya membutuhkan pembahasan komitmen pemantauan, keseimbangan neraca air operasional dan data seperti tingkat air tanah dan air permukaan serta informasi kualitas air tanah.

Dokumentasi keputusan bisnis dan hasil air biasanya terlalaikan oleh banyak operator pertambangan. Dasar untuk keputusan, pembelian, interpretasi dan kesalahan memberikan catatan berharga, yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan pengetahuan perusahaan seiring dengan rotasi staf dan informasi, karena jika tidak demikian catatan tersebut catatan pengetahuan perusahaan tersebut akan hilang. Misalnya, dasar dan fungsi pipa pembuangan dan konfigurasi katup tertentu diinstal dan dioperasikan untuk waktu yang singkat lima tahun sebelumnya, mungkin memberikan kesempatan untuk mengelola terulangnya kembali peristiwa risiko air atau memberikan fungsi hidrolik penting dalam pengoperasian prasarana yang ada.

³⁴ Dibahas secara lebih rinci dalam bagian 2 dan 5.

11.2 Akuntansi air

Mengestimasi dan melaporkan tentang komponen yang signifikan dari neraca air situs merupakan bagian fundamental dari praktik kerja unggulan penatagunaan air.

Situs praktik kerja unggulan dapat menunjukkan bahwa mereka mengetahui kuantitas dan kualitas air di tempat penyimpanan mereka, aliran tugas-tugas, dan tingkat input dan output air ke dan dari situs. Informasi ini merupakan dasar untuk merancang sistem air, membuat keputusan yang tepat mengenai penggunaannya, menilai dan melaporkan kinerja operasional, dan perubahan perencanaan strategis yang diperlukan dalam sistem untuk menanggapi prakiraan perubahan dalam ketentuan operasional. Singkatnya, situs praktik kerja unggulan dapat mempertanggungjawabkan air dan ketentuannya.

Praktik kerja unggulan juga membutuhkan akun air dan metrik kinerja air untuk dikembangkan secara transparan, menggunakan akuntansi air dengan ketentuan syarat yang konsisten serta informasi yang memadai termasuk untuk memungkinkan konteks kinerja untuk dipahami. Ini melengkapi audit yang efisien dan perbandingan kinerja air dalam periode pelaporan yang berbeda, lokasi tambang dan pengguna air lainnya, dan memungkinkan risiko kinerja dari perubahan ketentuan operasi untuk diprediksi dan dikelola.

Ringkasan persyaratan utama untuk akuntansi air praktik kerja unggulan Tabel 6. Persyaratan tersebut juga disebutkan dalam studi kasus di bagian ini.

Studi kasus: Dialog tentang akuntansi air yang transparan dalam industri pertambangan batubara

Semua tambang batu bara di Hunter Valley atas di NSW telah menerapkan Kerangka Kerja Akuntansi Air MCA (MCA 2014) sehingga mereka dapat melaporkan akun air mereka dalam format yang konsisten dan transparan.

Komitmen untuk mengadopsi kerangka kerja tersebut dibuat melalui Dialog Tambang Hunter Atas, sebuah prakarsa keterlibatan masyarakat di seluruh kalangan industri yang dikoordinasikan oleh asosiasi industri puncak pertambangan negara, Dewan Mineral NSW. Dialog ini dimulai pada tahun 2010 dalam menanggapi kekhawatiran tentang dampak kumulatif pertambangan di wilayah tersebut.

Delapan perusahaan yang beroperasi di Hunter atas: Glencore, Coal & Allied, Peabody Energy, Anglo American, BHP Billiton, Bloomfield Collieries, Yancoal dan Idemitsu. Mereka beroperasi lebih dari 15 kompleks pertambangan di wilayah tersebut, yang menghasilkan 55% dari batubara dijual negara pada tahun 2014, atau sekitar 110 juta ton. Hunter atas juga menjadi tuan rumah industri pertanian yang beragam, beberapa pusat penduduk yang signifikan dan banyak desa kecil.

Dialog ini menyediakan forum untuk keterlibatan yang mendalam antara industri, anggota masyarakat, kelompok yang berkepentingan, bisnis lokal dan pemerintah untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan permasalahan penting terkait dengan pertambangan di wilayah tersebut dan tindakan yang dapat diambil untuk mengatasinya. Air diidentifikasi ini sebagai wilayah tertentu dari kepentingan masyarakat, bersama dengan emisi dan kesehatan; pengelolaan lahan; dan dampak sosial dan prasarana. Kelompok kerja dibentuk untuk memberikan masukan ke dalam pengembangan dan pelaksanaan proyek-proyek di masing-masing empat area tersebut.

Keputusan untuk mengadopsi Kerangka Akuntansi Air MCA itu dibuat untuk menjamin ketersediaan informasi yang komprehensif dan dapat diandalkan tentang industri penyedotan air, penggunaan dan pembuangan untuk memberikan dasar untuk diskusi yang lebih tepat tentang dampak air industri dan manajemen.

Penggunaan kerangka kerja yang konsisten memungkinkan perbandingan sederhana dan kuat antara situs, serta agregasi data industri. Agregasi data telah memungkinkan jumlah input dan output air industri untuk diperhitungkan dalam konteks informasi air yang lebih luas untuk daerah. Tingkat detail dalam pelaporan yang melebihi dari yang disiapkan untuk industri lain atau pengguna air lain di wilayah tersebut, menunjukkan bahwa industri telah menekankan pentingnya pengelolaan air yang nalar.

Laporan gabungan pertama untuk industri akan dipublikasikan pada tahun 2015 setelah diambil langkah-langkah untuk menyelaraskan periode pelaporan semua perusahaan. Namun, penilaian awal dari data yang tersedia dari tahun 2013 menunjukkan bahwa sekitar 50% dari air yang digunakan di tambang berasal dari curah hujan dan limpasan di lokasi, dan sepertiga dari air yang berasal dari sumber air tanah yang didominasi garam, dan karena itu penggunaan terbatas bagi industri lain atau irigator. Analisis juga menunjukkan bahwa pembuangan tambang hanya 3% dari air mereka yang kembali ke anak sungai dan sungai.



Air disemprotkan pada jalan angkut tambang untuk mengurangi debu di tambang Hunter Valley.

11.2.1 Pemodelan necara air

Sebuah model neraca air merupakan alat penting untuk evaluasi risiko kelebihan dan kekurangan air pada seluruh rentang waktu manajemen dan menyediakan data untuk memproduksi akun air. Alat dan data pendukung situs model neraca air operasional ditunjukkan pada Gambar 8.

Apakah yang dimaksud dengan neraca air itu?

Neraca air hanyalah sebuah pernyataan input dan output volume air melintasi batas sistem yang didefinisikan, seperti batas sewa guna atau konsentrator, dalam jangka waktu tertentu. Jika input lebih besar dari output dalam periode itu, penyimpanan dalam sistem meningkat; jika input lebih besar dari output, penyimpanan menurun. Dalam bentuk matematika sederhana:

$$\Delta \text{penyimpanan} = \text{input} - \text{output}$$

Secara umum, tujuan dari neraca air adalah untuk mendukung pengambilan keputusan atau pelaporan dengan menentukan jumlah air dalam penyimpanan atau berpindah antara tugas-tugas atau penyimpanan atau dengan menentukan kondisi di mana penyimpanan akan melebihi atau jatuh di bawah tingkat desain.

Gambar 8: Peran umum model neraca air situs pengoperasian

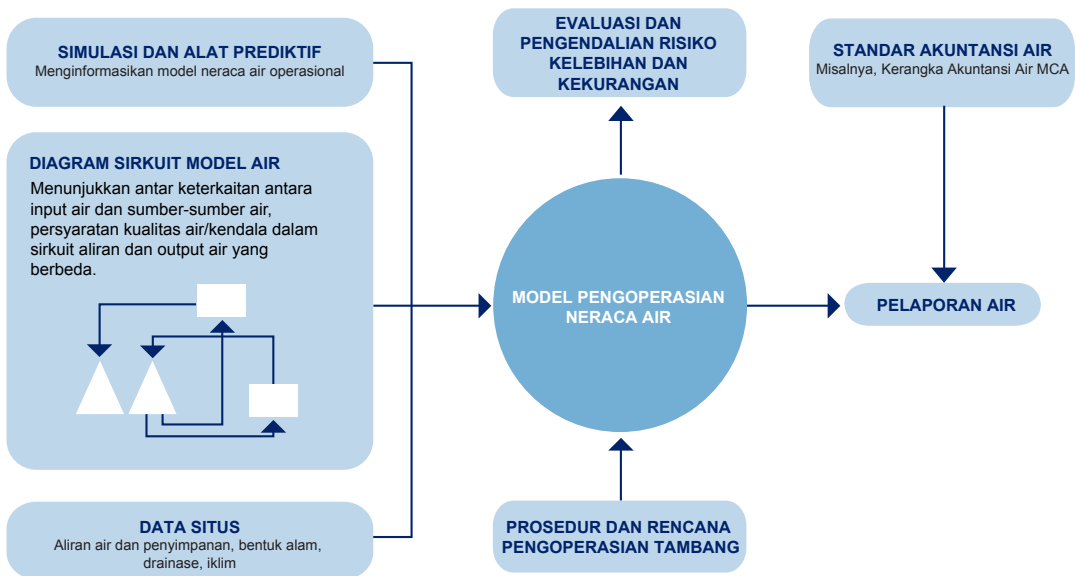


Diagram sirkuit air situs menentukan komponen sistem air tambang. Berbagai bentuk diagram sirkuit air digunakan, tergantung pada skala dan resolusi yang dibutuhkan. Dalam banyak kasus, beberapa diagram dasar atau konseptual alat angkut dan kapasitas volumetrik yang cukup untuk menguraikan proses hidrolik yang luas antara sumber, penggunaan, penyimpanan dan titik-titik pembuangan. Terdapat kemungkinan diagram sirkuit yang lebih rinci akan dikembangkan untuk prasarana atau kendali lokasi tertentu, seperti rencana air layak minum serta pabrik pengolahan dan jaringan dewatering. Idealnya, diagram membawa informasi pada prasarana, properti hidrolik serta kapasitas komponen dan arus di antara mereka. Ini juga mencakup interaksi antara prasarana fisik dan lanskap komponen hidrologi yang berinteraksi dengannya. Titik-titik input air ke dan output dari situs diindikasikan. Diagram-diagram tersebut dapat menjadi cepat usang dan mubazir karena sifat dinamis dari prasarana, dan kompleksitas dan penerapannya harus didasarkan pada aplikasi dan penggunaannya. Dokumen yang tertib dan pengendalian versi diperlukan untuk semua tingkatan dan skala diagram sirkuit air. Saat mengembangkan diagram perlu perencanaan yang berhati-hati agar sesuai dengan tujuan.

Praktik kerja unggulan tidak dapat tercapai jika operasi tidak memelihara sistem informasi yang diperbarui untuk penyimpanan, pemeliharaan, penganalisaan dan pelaporan data situs. Beberapa perubahan data yang jarang, seperti rata-rata potensi penguapan bulanan, dan data lainnya hampir terus-menerus, seperti tingkat air di kolam proses. Dataset yang akurat dan dikelola dengan baik memberikan dasar untuk pelaporan yang kuat dan benar serta memastikan interpretasi data tepat waktu untuk memungkinkan perbaikan dan identifikasi tren dan risiko yang berkembang. Penting juga untuk mengelola metadata (seperti perubahan yang dibuat pada ketinggian selubung bor seiring berkembangnya tambang) dan untuk menyimpan dataset yang tidak lagi aktif (seperti dari bor eksplorasi).³⁵

Model pengoperasian neraca air situs dapat didukung oleh aliran dan penyimpanan data dari berbagai model lain, seperti model sistem air tanah lokal, rembesan, limas an curah hujan, fasilitas penyimpanan tailing dan tugas situs lainnya.

Model ini dapat digunakan baik untuk mensimulasikan sistem yang ada atau pun untuk memprediksi neraca air di bawah skenario ketentuan operasi masa depan (mis. di bawah berbagai skenario iklim). Selanjutnya, model neraca air dapat digunakan untuk beberapa tujuan, dan lebih dari satu model dengan berbagai tingkat kompleksitas yang mungkin ada untuk suatu operasi. Untuk menyediakan data guna mendukung akuntansi air, kegiatan pertambangan mungkin membutuhkan model neraca air yang relatif sederhana yang menyatu bersama komponen neraca air ke dalam ketetapan yang didefinisikan oleh Kerangka Kerja Akuntansi Air MCA. Di sisi lain, untuk mendukung desain dan operasi prasarana, representasi eksplisit dari komponen yang relevan yang dibutuhkan. Tujuan model neraca air juga menentukan tingkat akurasi yang diperlukan dan seberapa sering neraca air perlu diperbarui. Oleh karena itu praktik yang baik adalah mengembangkan model neraca air yang sesuai dengan tujuan dan mewakili kondisi saat ini dan yang diprakirakan.

Pemodelan neraca air, seperti semua model numerik, harus dilakukan mengikuti panduan pemodelan praktik yang baik mencakup pemilihan model, kalibrasi, verifikasi, analisis sensitivitas, aplikasi dan tinjauan.³⁶ Misalnya, pemodelan air tanah harus dilakukan sesuai dengan *pedoman pemodelan air tanah Australia* (NWC 2012).

³⁵ Bagian 12 memberikan pedoman sistem pemantauan.

³⁶ Dibahas dalam Bagian 8.

11.2.2 Kerangka kerja akuntansi air

Banyak kerangka kerja bertujuan mendukung praktik yang baik dalam pelaporan kinerja air. Misalnya, Global Reporting Initiative (GRI) digunakan secara luas untuk pelaporan kinerja air tingkat perusahaan dan mencakup lima metrik kinerja air. Kerangka Kerja Akuntansi Air MCA (MCA 2014) merupakan praktik yang baik di bidang pertambangan. Ini dikembangkan untuk menghasilkan akun yang dapat dengan mudah dikumpulkan untuk memenuhi pelaporan air GRI, sementara juga menyediakan laporan yang jelas dan transparan tentang input, output dan efisiensi air tingkat situs.

Kerangka Akuntansi Air MCA menghasilkan empat laporan berikut:

- *Pernyataan input-output* mendaftarkan aliran untuk semua kategori input dan output untuk suatu periode pelaporan yang didefinisikan, bersama dengan perubahan di tempat penyimpanan. Setiap input dan output mencakup kategori kualitas airnya.
- *Pernyataan efisiensi pengoperasian* mendaftarkan jumlah aliran ke dalam tugas-tugas, volume air yang digunakan kembali, efisiensi penggunaan kembali, volume air daur ulang dan efisiensi daur ulang, dengan ketentuan yang mendukung syarat-syarat tersebut.
- *Pernyataan akurasi* mendaftarkan persentase aliran yang diukur atau simulasi dan sebaliknya diestimasi.
- *Informasi kontekstual* memastikan bahwa angka dalam laporan tidak lepas dari konteks di mana fasilitas beroperasi. Ini memberikan informasi tentang sumber daya air di wilayah dan daerah tangkapan di tempat operasi.

Pengembangan dan pengujian Kerangka Kerja Akuntansi Air MCA antara tahun 2005 dan 2009 didukung oleh kelompok kerja yang terdiri dari manajer air tambang dan pengembang, serta uji coba, tinjauan eksternal dan publikasi manual bimbingan. Hal ini memastikan kerangka kerja menggunakan definisi-definisi akuntansi yang relevan dan jelas; dapat diterapkan dapat dikatakan setelah hanya pelatihan sederhana; dan, sejauh mungkin, konsisten dengan persyaratan pelaporan perusahaan dan situs.

Tabel 6 memberi contoh definisi sumber air dan pelepasan; studi kasus di bawah ini menunjukkan kerangka kerja yang digunakan.

Tabel 6: Jenis dan definisi sumber air dan tujuan yang digunakan oleh Kerangka Kerja Akuntansi Air MCA

SUMBER	DEFINISI	INPUT
Air permukaan	Semua air alami terbuka ke atmosfer, kecuali air di samudera, laut dan muara.	Curah hujan dan limpasan
		Sungai dan anak sungai/kali
		Penyimpanan air permukaan eksternal
Air tanah	Air di bawah permukaan bumi yang mengisi pori-pori atau retakan antara media berpori seperti tanah, batu, batu bara dan pasir, sering membentuk akuifer. Untuk tujuan akuntansi, air yang tertahan dalam bijih dapat dianggap sebagai air tanah.	Intersepsi akuifer (pengeringan)
		Ladang-ladang bor
		Ikut terbawanya bijih
Air laut	Air dari samudera, laut dan muara.	Muara
		Laut/samudera
Pihak ketiga	Air yang disediakan oleh entitas eksternal untuk fasilitas operasional. Air pihak ketiga berisi air dari tiga sumber lain. Saat sumber diketahui, sumber fisik (air permukaan, air tanah, air laut) harus berlaku.	Kontrak/kotapraja
		Air limbah
Air permukaan	Semua air alami terbuka ke atmosfer, kecuali air dari samudera, laut dan muara.	Pelepasan
		Aliran/arus lingkungan
Air tanah	Air di bawah permukaan bumi yang mengisi pori-pori atau retakan antara media berpori seperti tanah, batu, batu bara, dan pasir sering membentuk akuifer.	Rembesan
		Suntikan akuifer
Air laut	Air ke samudera, laut dan muara.	Muara
		Laut/samudera
Pihak ketiga	Air yang disediakan untuk suatu entitas eksternal untuk fasilitas operasional.	Pihak ketiga
Lain	Mencakup penguapan, ikut dibawa (entrainment), hilangnya tugas dan tujuan lain yang tidak tercakup oleh jalur lain.	Penguapan
		Air dibawa/tertahan di bahan limbah (tailing, buangan kasar) dan konsentrat
		Hilangnya tugas

Studi kasus: Kerangka Kerja Akuntansi Air MCA yang digunakan

Pernyataan input-output untuk 1 Juli 2010 hingga 30 Juni 2011

SUMBER	MASUKAN/INPUT	KATEGORI KUALITAS AIR (ML) ^a		
		1	2	3
Air permukaan	Sungai dan Anak Sungai	685		
Air tanah	Yang terbawa		149	
Air pihak ketiga	Kontrak/Kotapraja	1.169		
	Air limbah	157		
	Tidak diketahui	36		
JUMLAH INPUT: 2.196 ML		2.047	149	
TUJUAN	HASIL/OUTPUT	1	2	3
Air permukaan	Pelepasan	82		
Lain-lain	Penguapan dari tempat penyimpanan dan TSF	73		
	Penguapan dari jalan	746		
	Penguapan dari produk dan limbah	419		
	Ikut terbawa/entrainment (air dalam aliran limbah dan produk)		793	
	Hilangnya tugas		83	
JUMLAH OUTPUT: 2.196 ML		1.320	876	

^a Kualitas air berkisar dari Kategori 1 (air berkualitas tinggi) untuk Kategori 3 (air berkualitas rendah). Air berkualitas rendah (Kategori 3).

Laporan efisiensi pengoperasian

Total volume untuk tugas-tugas (ML/tahun)	5.579
Total volume air digunakan kembali (ML/tahun)	3.588
Efisiensi penggunaan kembali (%)	64
Total volume air daur ulang (ML/tahun)	0
Efisiensi daur ulang (%)	0

Pernyataan keakuratan

JENIS ALIRAN	% DARI SEMUA ALIRAN	KEYAKINAN (%)		
		TINGGI	MEDIUM	RENDAH
Terukur	20%	20%	0%	0%
Diestimasi	80%	7%	73%	0%
Disimulasi	0%	0%	0%	0%
Total/jumlah		27%	73%	0%

Pernyataan kontekstual

Periode pelaporan adalah dari 1 Juli 2010 hingga 30 Juni 2011. Situs ini merupakan tambang tembaga terbuka dengan proses pelindian terkait, penyedotan pelarut dan electro-winning. Operasi tersebut di suatu wilayah gurun, sehingga situs hanya menerima sangat sedikit curah hujan. Tidak ada penyimpanan air berjangka panjang. Tugas-tugas adalah pembuangan limbah batu sisa tambang, tumpukan alas pelindian, penyedotan pelarut dan electro-winning, perkemahan, penggunaan pabrik pemrosesan, penyemprotan debu, dan sejumlah kecil kegunaan lain. Air direklamasi dari pembuangan limbah batu sisa tambang, bantalan tumpukan pelindian dan penyedotan pelarut serta proses electro-winning. Aliran yang tidak diketahui dalam laporan input-output termasuk untuk menyeimbangkan akun terhadap arus yang diketahui, menunjukkan kurang dari 2% kesalahan dalam akun.

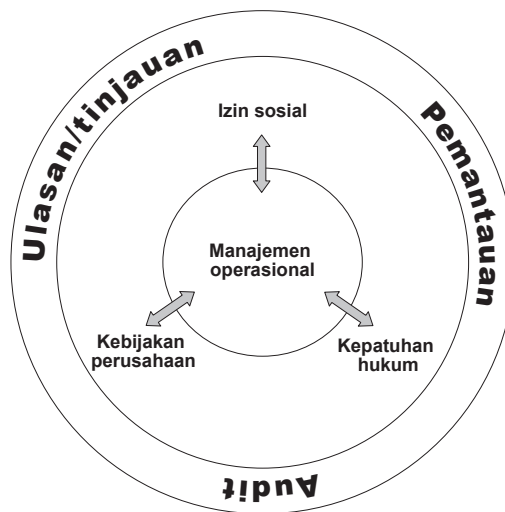
12.0 PEMANTAUAN, AUDIT DAN TINJAUAN

Pesan-pesan kunci

- Pemantauan yang efektif terhadap proses kinerja dan audit reguler serta ulasan di semua tahapan siklus hidup tambang akan memenuhi tujuan yang ditetapkan oleh kasus bisnis, mengelola risiko dan menginformasikan peluang perbaikan.
- Dokumentasi formal merupakan bagian penting jalur perbaikan, mencapai kewajiban legislatif dan dapat memberikan transparansi kepada kelompok masyarakat yang berkepentingan.
- Proses audit internal dan eksternal memastikan standar kontrol kualitas yang diperkenalkan dan dicapai, dan memungkinkan perusahaan pertambangan mempertahankan garis pandang pada risiko yang signifikan, terutama di tingkat perusahaan.

Pemantauan, audit dan tinjauan adalah pengukuran dan proses yang diperlukan untuk menilai apakah pengelolaan risiko operasional dan strategis efektif. Efektivitas harus dinilai terhadap persyaratan yang ditetapkan oleh tiga bidang tata kelola: perusahaan, pemerintah dan masyarakat (Gambar 9). Persyaratan dari masing-masing daerah harus ditanamkan ke dalam alat manajemen operasional dan proses-proses yang dibahas secara rinci dalam Bab IV. Artinya, pemantauan (yang mencakup pelaporan), audit dan tinjauan harus dapat menjamin kinerja air operasi dengan mengacu pada alat perencanaan dan prosedur yang digariskan dalam Gambar 7. Penggandengan efektif antara masing-masing proses dibutuhkan untuk mencapai pengelolaan air sesuai-untuk-tujuan praktik kerja unggulan. Fondasi yang mendasari jaminan tersebut diberikan oleh pemantauan fisik sistem air di dan dari situs. Bagian ini berfokus pada aspek ini.

Gambar 9: Monitoring, audit dan tinjauan manajemen operasional pendukung melalui pengukuran dan evaluasi pengukuran



12.1 Pemantauan system fisik

12.1.1 Fitur penting praktik kerja unggulan

Aspek-aspek berikut harus dimasukkan untuk memantau praktik kerja unggulan:

- Sebuah lingkup pemantauan air untuk proyek atau operasi pertambangan harus mencerminkan berbagai parameter dan kondisi risiko yang secara efektif menginformasikan keputusan bisnis dan proses perbaikan.
- Pemantauan biasanya dilihat sebagai kegiatan utama penatagunaan yang menginformasikan kinerja lingkungan dan sosial melalui target dan batas yang ditetapkan.
- Pemantauan berkelanjutan merupakan kegiatan kunci dan menangani ketidakpastian teknis, mendukung kendali pencegahan dan pengurangan, serta memfasilitasi penerapan teknik manajemen adaptif.
- Berinvestasi dalam sistem praktis dengan kemampuan memperingatkan dini, termasuk, bila sesuai, secara daring (online), pengunggahan (upload) data waktu nyata dan sistem pengambilan sampel waktu-terintegrasi.
- Memperpanjang penangkapan data dan pemantauan guna menyertakan kinerja prasarana, kegagalan dan frekuensi pemeliharaan.
- Mengelola metadata (seperti perubahan parameter selagi tambang berkembang) dan menyimpan dataset yang tidak lagi aktif seperti dari bor eksplorasi atau dari bor yang telah terkubur di bawah dinding bendungan tailing.
- Menerapkan jaminan kualitas yang sesuai atau kendali kualitas dan mengaudit semua prosedur.
- Mengembangkan pedoman nilai-nilai pemicu kualitas air situs khusus tertentu konsisten dengan ANZECC-ARMCANZ (2000a), daripada menggunakan nilai-nilai default.

12.1.2 Tujuan utama

Tujuan utama pemantauan air untuk menginformasikan dan mengoptimalkan kinerja operasional, untuk meminimalkan dampak terhadap lingkungan, sumber daya air atau masyarakat dan, yang penting lagi, untuk mengatasi kebutuhan legislatif. Hal ini dicapai dengan memantau berbagai kondisi hidrologi, seperti kualitas penukaran air, tingkat dan kuantitas air permukaan dan air tanah, dan kondisi tidak langsung seperti debu, pori tekanan di lereng pit serta kondisi ekologi dan kesehatan. Jaringan pemantauan dan fasilitas yang tepat untuk mengatasi kebutuhan inti ini bervariasi dari situs ke situs dan berpotensi antara negara-negara bagian yang berbeda. Untuk mencapai hasil terbaik dari pemantauan, proses pemeliharaan dan perbaikan perlu dievaluasi secara berkala dan diperbarui guna memastikan sesuai untuk tujuan aplikasi dan untuk menghilangkan redundansi.

Bagian ini berfokus pada pemantauan kondisi hidrologi daripada fungsi prasarana dan perbaikan. Persyaratan pemantauan pada berbagai tahap siklus hidup tambang ditunjukkan pada Tabel 7. Sejauh mana pemantauan diperlukan untuk mendukung pengembangan dan pengoperasian tambang bervariasi tergantung pada peraturan negara. *Pedoman air dalam pertambangan Western Australia (Western Australia's Water in mining guideline)* (Dow 2013) memberi contoh kewajiban hukum izin tambang untuk tahapan yang berbeda-beda.

12.1.3 Pemantauan air di situs dan skala daerah tangkapan

Tujuan program pemantauan harus menyadari skala, seperti kegiatan di situs dan di luar situs diperlukan untuk mengelola risiko langsung dan tak langsung. Program pemantauan dapat memenuhi beberapa tujuan baik untuk pengelolaan produksi (kinerja pengeringan) maupun kepatuhan lingkungan (kualitas air sungai, kualitas air tanah), dan setiap modifikasi satu program harus memperhitungkan tujuan program lain. Mengkoordinasikan tujuan pemantauan melalui komite pengelolaan air pusat meminimalkan duplikasi dan mempersingkat hasilnya.

Masalah di situs kebanyakan terkait dengan air (dan konstituen) selagi arus masuk ke dalam, sekitar dan keluar dari operasi. Rencana pengelolaan air harus menjadi titik acuan untuk menguraikan dan menentukan persyaratan pemantauan di lokasi dan menunjukkan kaitannya ke pemantauan regional atau skala daerah tangkapan.

Prioritas metering dan pengukuran adalah lokasi di mana:

- ada fluksi besar air
- kualitas air diubah secara signifikan
- tugas operasional sensitif terhadap perubahan kualitas, aliran dan tingkat
- terdapat bahaya untuk keselamatan atau kesehatan manusia atau ekosistem
- terdapat risiko permindahan kontaminan ke luar lokasi (seperti bor air tanah yang miring ke bawah/down-gradient)

Persyaratan menyeluruh untuk memastikan adanya air yang cukup untuk operasi dan untuk menghilangkan hambatan air operasional (seperti pengeringan atau aliran masuk air) serta meminimalkan kemungkinan pelepasan yang tidak diatur atau kelebihan abstraksi. Suatu penilaian risiko situs menyeluruh atas dasar ini akan menyoroti bidang prioritas guna pemantauan dan menunjukkan apa yang harus diukur dan frekuensi berapa.

Tabel 7. Pengelolaan air khas dan pertimbangan dan persyaratan, dengan tahap dari siklus hidup tambang

TAHAP SIKLUS HIDUP TAMBANG	CAKUPAN PEMANTAUAN	TUJUAN UTAMA PEMANTAUAN	KEGIATAN TERKAIT AIR
Eksplorasi dan perencanaan	Pemantauan dasar	Pengembangan dasar awal Pemantauan varians alami Masukan untuk model konseptual	Izin lingkungan Pilihan pasokan air Persiapan untuk pengelolaan sedimen
Pengembangan dan perluasan	Pemantauan dasar Pemantauan proaktif	Meningkatkan persediaan dasar Penetapan situs rujukan (referensi) Menetapkan konfigurasi pemantauan operasional Mengatur fasilitas pemantauan peringatan dini Menetapkan efek pihak ketiga	Meningkatkan pengetahuan hidrologi Mengembangkan rencana pengelolaan air Menyiapkan laporan dampak lingkungan Menetapkan target produksi air operasional Menetapkan batas dan pengelolaan lingkungan

TAHAPAN SIKLUS HIDUP TAMBANG	PEMANTAUAN CAKUPAN	TUJUAN DASAR PEMANTAUAN	KEGIATAN TERKAIT AIR
Operasi	Pemantauan perbaikan Pemantauan kepatuhan	Tinjauan pengoperasian pemantauan kinerja (potensi depresurisasi lereng pit dan dampak lingkungan) Pemantauan pengendalian preventif (membandingkan tren kualitas air dengan tren dasar) Pemantauan pengurangan (ulasan kinerja sistem remediasi) Peningkatan pengetahuan dasar Persyaratan model data neraca air Persiapan penutupan tambang	Pengelolaan pelepasan kelebihan air Drainase asam Pengelolaan tailing Pengelolaan limbah padat Kinerja pengeringan Keberlanjutan pasokan air Ambang dampak lingkungan Kepatuhan izin air dan lingkungan Kesehatan ekosistem yang tergantung air tanah dan kelimpahan (tidak langsung)
Penutupan tambang	Pemantauan mitigasi Pemantauan pemulihan	Pemantauan kepatuhan air pasca-penutupan Pemantauan manajemen adaptif	Tingkat, aliran dan kualitas air Pemantauan sedimen Pemantauan kesehatan ekologi Pemantauan pemulihan danau pit Pemantauan penangkapan drainase asam dan pengolahan

Pemantauan air di situs harus memberi umpan balik, dalam beberapa kasus secara waktu nyata, guna mendukung operator situs dalam membuat keputusan yang tepat waktu dan efektif tentang pengelolaan air. Ini mungkin membutuhkan ambang yang akan ditetapkan untuk indikator fisikokimia kunci untuk setiap daerah di situs, berdasarkan kemungkinan air akan dimasukkan ke dalam tugas (dengan kata lain, kategori penggunaannya). Misalnya, batas konsentrasi berakumulasi dalam air untuk dilepas dan untuk keperluan pengoperasian harus ditentukan dan respons tindakan yang tepat (seperti mengurangi atau menghentikan aliran pelepasan) harus terkait dengan ambang batas. Pemantauan waktu nyata kinerja pompa dan kondisi pipa Wellfield, memastikan permasalahan yang muncul dan persyaratan pemeliharaan dapat diidentifikasi dan diperbaiki tanpa gangguan pasokan air operasional tambang.

Di mana terdapat kemungkinan air tanah dapat terpengaruh oleh kegiatan pertambangan, seperti timbunan batu sisa dan tailing, lebih baik bor pemantauan air tanah digunakan untuk mendeteksi potensi kontaminasi yang mungkin membahayakan penggunaan air berikutnya (mis. untuk stok) jika air seperti itu mengisi perairan permukaan. Ini disebut fasilitas pemantauan peringatan dini. Pengelolaan untuk meminimalkan dampak tersebut mungkin diperlukan, termasuk penggunaan pemulihan atau bor suntikan untuk pengolahan atau digunakan kembali. Oleh karena itu pemantauan mitigasi diperlukan untuk mengukur kinerja dan kepatuhan manajemen.

Pemantauan data adalah input ke dalam pengembangan dan peningkatan model numerik yang dapat memprediksi kemungkinan berbagai perubahan yang terkait dengan aktivitas atau tindakan perbaikan di situs. Data juga dapat digunakan sebagai masukan untuk pengembangan model konseptual jauh sebelum ada data yang cukup untuk model numerik. Sebaliknya, lokasi yang dioptimalkan dan penggunaan fasilitas pemantauan dapat ditentukan dari menjalankan skenario prediksi dengan model numerik untuk mengidentifikasi di mana terdapat ketidakpastian utama dan pemantauan data akan memperkuat kalibrasi dan output prediktif (NWC 2012).

Apabila diperlukan, pemantauan bersama dapat membuahkan pengurangan biaya dan juga memungkinkan perusahaan tambang untuk mencapai manfaat dari keterlibatan masyarakat. Di mana beberapa operator tambang terdapat dalam daerah tangkapan, sistem pemantauan yang membahas potensi efek dan dampak kumulatif sangat ideal tapi tidak selalu praktis, karena data dapat memberikan keuntungan komersial. Pengumpulan, penyimpanan, penggunaan dan berbagi data mungkin perlu dikelola melalui kerangka kerja tata kelola yang kuat dan perjanjian untuk memberikan transparansi atau untuk melindungi informasi sensitif secara komersial.

12.1.4 Pemantauan kualitas air dan lingkungan

Pedoman untuk menerima kualitas air didefinisikan pada tingkat federal (ANZECC-ARMCANZ 2000a) dan ditegakkan oleh otorita negara. Batley et al. (2003) adalah panduan untuk penerapan mereka dalam industri mineral. Pedoman paling ketat, yang biasanya berlaku, adalah untuk perlindungan ekosistem perairan, yang berbeda dari yang untuk nilai-nilai lain, seperti air rekreasi atau air untuk pertanian.

Nilai-nilai pedoman yang berlaku dalam situasi tertentu tergantung pada apakah air penerima bernilai konservasi tinggi (99% perlindungan ekosistem), dengan ketergangguhan sedikit/sedang (95% perlindungan ekosistem), atau sangat terganggu (80% atau perlindungan ekosistem kurang). Tingkat perlindungan ini ditentukan melalui konsultasi dengan regulator dan pemangku kepentingan lainnya. Nilai-nilai pemicu pedoman bukanlah batas konsentrasi; melainkan nilai-nilai yang, jika melebihi, memicu penyelidikan lebih lanjut untuk menentukan dampak kemungkinan. Hal ini biasanya melibatkan melihat garis bukti lainnya (pengujian toksisitas) daripada pengukuran kimia.

Operator praktik kerja unggulan secara rutin memantau kualitas air di situs dan perairan penerima pelepasan atau limpasan, baik hulu dan hilir dari operasi mereka, serta di perairan di daerah tangkapan rujukan terdekat atau situs latar belakang guna memastikan bahwa setiap perubahan dalam kesehatan ekosistem dapat diartikan dalam hal peristiwa alam (badai, kekeringan, perubahan iklim) daripada dengan asumsi bahwa hanya pelepasan kualitas air yang penting. Operasi praktik kerja unggulan bekerja sama dengan tetangga untuk mengumpulkan rujukan regional data kualitas air. Ini mungkin sangat membantu di daerah semi-kering atau daerah aliran air jarang terjadi di situs rujukan tersebut.

Pemantauan melampaui kepatuhan ketentuan izin dan pedoman. Ini melibatkan memahami sifat dan kepekaan yang relevan dari sistem penerima dan proses yang dapat mengurangi kualitas air, sehingga menjadi sesuai, parameter sensitif dan titik akhir (endpoint) dapat dipilih untuk memungkinkan deteksi tren yang mendasari sebelum dampak terjadi. Pemantauan yang mampu mendeteksi perubahan hanya setelah dampak telah terjadi tidak dapat digunakan untuk mengelola sistem untuk mencegah dampak dan meminimalkan kewajiban. Kesalahpahaman yang umum adalah bahwa pemantauan kepatuhan sudah cukup untuk mengelola pembuangan. Jika pengukuran perubahan pertama adalah perubahan yang gagal kepatuhan, maka terlambatlah untuk mencegahnya.

Pemantauan untuk kontaminan kimia dan untuk parameter fisika khas tetapi sering tidak cukup. Nilai-nilai pemicu pedoman untuk kontaminan tergantung pada bioavailabilitas kontaminan, yang umumnya diukur tidak secara eksplisit. Pengukuran konsentrat kontaminan total atau total-terlarut konsentrat kontaminan secara substansial dapat melebihi-lebihkan sebagian kecil bioavailabel. Sementara pemantauan kimia umumnya merupakan alat peringatan dini terbaik, haruslah diintegrasikan dengan pemantauan secara biologis, menguji baik dampak pada organisme indikator sensitif (pengujian toksisitas) maupun efek pada komunitas biologis (pemantauan ekologi).

Menggunakan data untuk dengan tepat menginformasikan pengelolaan perubahan tak terduga dalam kualitas memerlukan sistem yang tepat untuk pelaporan dan analisis data, baik untuk mengungkapkan tren dan untuk memicu tindakan jika ambang batas disetujui atau pun konsentrat pemicu telah terlampaui.

Rincian tentang bagaimana mengembangkan dan menjalankan program pemantauan yang konsisten dengan praktik terbaik internasional dalam *Pedoman Australia untuk pemantauan dan pelaporan kualitas air (Australian guidelines for water quality monitoring and reporting)* (ANZECC-ARMCANZ 2000b). Elemen-elemen kunci adalah lokasi pengambilan sampel dan frekuensi dan komposisi rangkaian pengukuran. Secara khusus, sensitivitas pengukuran dan waktu pengambilan sampel harus disesuaikan dengan situasi setempat.

Praktik kerja unggulan membutuhkan program pemantauan yang memiliki kemampuan mendeteksi dini yang memicu tindakan manajemen dalam menanggapi saat tren diidentifikasi dari awal terjadinya atau saat ambang atau investigasi memicu pada tingkat yang telah disepakati tercapai. Pemicu-pemicu harus konservatif atau bersifat mencegah, sehingga pemicu berada dalam rentang dasar alam atau material di bawah nilai di mana kerusakan ekologis yang tidak dapat diterima akan terjadi.

Jaminan kualitas dan pengendalian kualitas yang tepat (QA/QC) sangat penting baik sampling maupun analisis. Idealnya, analisis kimia untuk kontaminan kunci harus dilakukan oleh laboratorium terakreditasi oleh NATA (atau setara). Hanya sejumlah laboratorium komersial menawarkan batas deteksi analitis yang memadai untuk mengukur kepatuhan dengan pedoman yang ditetapkan untuk perlindungan ekosistem air bernilai tinggi (perlindungan 99%) atau ekosistem air dengan ketergangguan sedikit sampai sedang untuk beberapa parameter (95% perlindungan). Harus juga terdapat verifikasi (ketertelusuran) yang memadai dari hasil yang diperoleh untuk data primer, dan verifikasi kinerja menggunakan bahan referensi bersertifikat dan protokol QA/QC terkait.

Pemantauan biologis untuk memeriksa kepatuhan izin pembuangan limbah kini semakin dibutuhkan oleh regulator air negara. Meskipun ini mungkin di luar kemampuan staf kebanyakan operasi, beberapa laboratorium pengujian ekotoksikologi komersial dapat mengukur toksisitas limbah tambang dengan menggunakan rangkaian organisme uji, dan beberapa konsultan biologis dapat memberikan penilaian lokal dengan menggunakan alat monitor ekosistem yang tepat. Panduan tentang pemantauan lapangan kelimpahan komunitas biologi dan toksisitas terdapat di Batley et al. (2003).

Program pemantauan harus adaptif dan mencakup proses untuk tinjauan dan perbaikan yang berkesinambungan selagi pengetahuan dan pemahaman meningkat. Ini harus dilihat baik sebagai penilaian risiko ekologis dampak dari operasi dan penilaian terhadap kinerja lingkungan internal.

12.2 Penilaian dan pelaporan kinerja

Kinerja dinilai dengan membandingkan data dari situs, baik dari pemantauan atau modeling atau pun keduanya, dengan tujuan situs air tercakup dalam rencana pengelolaan air. Hal ini penting dalam pelaporan tujuan yang memberi alasan untuk memenuhi atau tidak memenuhi tujuan, seperti terlihat sebagai bagian integral pelaporan. Tujuan dapat ditulis dengan cara seperti untuk membuat pelaporan yang jelas dan sederhana. Misalnya, tujuan dapat mencakup bagaimana hal itu akan diukur dan nilai-nilai target apa yang harus dicapai sampai tanggal berapa.

Analisis data dan pelaporan adalah proses berkelanjutan dan mencakup pelaporan untuk memenuhi kedua kewajiban internal dan eksternal. Pelaporan internal menilai kinerja sistem manajemen dan kebutuhan untuk modifikasi, termasuk kemungkinan pengolahan pembuangan. Pelaporan eksternal kepada para pemangku kepentingan, termasuk regulator, menunjukkan dampak operasi terhadap lingkungan penerima eksternal atau kepatuhan terhadap ketentuan izin.

Sedikitnya secara tahunan, pemantauan pengelolaan air dan sistem pelaporan harus ditinjau melalui analisis catatan data, insiden atau masalah untuk menentukan apakah sistem tersebut beroperasi secara efektif dan apakah prosedur dan program pengawasan memadai. Interpretasi data dan penilaian adalah elemen kunci atau langkah manajemen adaptif dan menguraikan perbaikan siklus pada Gambar 5.

Data pemantauan aset yang diperoleh dari prasarana air utama harus ditinjau secara berkala guna menilai kinerja dan kegiatan operasional. Tinjauan dapat menyebabkan perbaikan yang signifikan dan penghematan biaya. Ini mungkin termasuk kinerja pompa atau jalur pipa hidrolik, dan interpretasi data pemantau akan memungkinkan dioptimalkannya rekayasa dan ditingkatkannya konfigurasi operasional.

Studi kasus: Mengelola informasi lingkungan di Anglo American

Anglo American Coal di Australia memiliki enam operasi batu bara di Queensland dan New South Wales, masing-masing mengelola sejumlah besar data lingkungan. Pada tahun 2012, Anglo American memilih paket perangkat lunak yang disebut EnviroSys untuk mengumpulkan semua data lingkungan dan menghasilkan laporan untuk memenuhi kebutuhan internal dan eksternal. Data yang dikumpulkan di EnviroSys mencakup:

- semua data dari jaringan pemantauan otomatis, secara otomatis diimpor ke EnviroSys (cuaca, aliran anak sungai, kualitas air)
- semua hasil dari pihak ketiga analisis laboratorium sampel (air dan debu), secara otomatis diimpor ke EnviroSys
- semua data yang dibutuhkan untuk pelaporan lingkungan korporasi ke Enablon, yang merupakan sistem untuk mengelola kesehatan, keselamatan dan lingkungan (emisi udara, limbah, perubahan iklim, energi).

Data neraca air dimasukkan sesuai dengan Kerangka Kerja Akuntansi Air MCA dan mencakup input, output, tuntutan tingkat-tugas dan volume air yang tersimpan di situs. Hal ini memastikan konsistensi operasi untuk pelaporan air (mis. pelaporan bulanan neraca situs air).

Anglo American di Australia menghabiskan lebih dari \$2 juta per tahun pada analisis kualitas air yang dilakukan oleh pemasok pihak ketiga. Data sebelumnya disediakan sebagai lembar kerja terpisah, yang berarti analisis sangat memakan waktu dan kesempatan untuk perbaikan kunci yang tidak terjawab. Dengan EnviroSys, semua data laboratorium sekarang mudah ditanyakan, dihimpun dan dianalisis. Pada setiap operasi Queensland, EnviroSys digunakan untuk melaporkan program pemantauan lingkungan penerima dan telah menunjukkan bahwa operasi tidak mempengaruhi lingkungan penerima. Data juga dapat langsung disampaikan kepada regulator database sendiri (WaTERS).

Jumlah kewajiban lingkungan yang harus dipatuhi oleh setiap operasi telah terus meningkat dalam beberapa tahun terakhir. Di Queensland, situs mematuhi 128 ketentuan, dan komitmen lain timbul dari rencana operasi, pengembalian tahunan, izin air, pengalihan air, audit dan kalibrasi instrumentasi. Di New South Wales, ketentuan serupa, dengan pedoman yang lebih ketat untuk kebisingan dan pengelolaan debu. Anglo American menerapkan modul kewajiban di EnviroSys untuk membantu mengelola jumlah kewajiban lingkungan yang semakin luas. Keuntungan menggunakan EnviroSys untuk pengelolaan kewajiban adalah bahwa baik kewajiban dan data yang membuktikan kepatuhan dengan kewajiban ditanggung dalam sistem yang sama.

Semua operasi Anglo American di Australia sekarang menggunakan EnviroSys untuk mengelola data lingkungan dan untuk melacak serta mengelola kewajiban lingkungan mereka.



Lokasi pemantauan di German Creek hilir kompleks pertambangan Capcoal yang dioperasikan oleh Anglo American di Central Queensland.

12.3 Audit

Audit internal dan eksternal dilakukan untuk tujuan yang berbeda. Audit internal sangat penting untuk menentukan apakah risiko dikendalikan, apakah pemantauan dan pelaporan sistem beroperasi sesuai dengan desain dan apakah tujuan bisnis yang tengah dicapai. Pemantauan eksternal untuk menunjukkan bahwa ketentuan izin peraturan atau harapan pemangku kepentingan terpenuhi.

Kedua audit internal dan eksternal harus menilai kepatuhan terhadap QA/QC yang tepat, pelatihan dan kemampuan pemantauan staf operasional, serta kegunaan dan keandalan kesimpulan yang diambil dari data dalam kaitannya dengan identifikasi tren, penyebab dan dampak. Audit juga harus menilai keamanan dari semua operasi lapangan dan laboratorium. Audit internal biasanya lebih sering dari audit eksternal, tetapi sejauh mana audit tergantung pada jangkauan dan keparahan risiko, tujuan pemantauan dan struktur tata kelola perusahaan pertambangan secara keseluruhan. Risiko air atau materi yang signifikan dapat dikenakan proses audit yang lebih formal, di mana kendali dan pemilik kendali melaporkan proses pengelolaan risiko dan audit diselesaikan dalam kaitannya dengan kemajuan terhadap item tindakan risiko.

Pemantauan kualitas air harus menjadi komponen dari sistem manajemen lingkungan secara keseluruhan yang memiliki jaminan kualitas yang sesuai dan audit yang konsisten dengan ISO 14000, keluarga standar pengelolaan lingkungan Internasional Standards Organization. Untuk ISO 14000, diperlukan sistem internal yang akan memastikan tinjauan eksternal atau audit telah lulus. Sebuah alat yang penting adalah register risiko situs yang terkini (up-to-date), bersama dengan rencana aksi atau pelaksanaan proyek pelengkap, termasuk tanggung jawab, biaya, waktu dan rincian pelatihan staf. Pendekatan ini dirancang untuk meminimalkan risiko dan menjadi cetak biru untuk melanjutkan perbaikan.

REFERENSI

ABS (Australian Bureau of Statistics) (2013). *Water account Australia 2012–13*, ABS catalogue no. 4610.0, ABS, Canberra.

ACIL Tasman (2007). *Water reform and industry: implications of recent water initiatives for the minerals, petroleum, energy, pulp and paper industries*, report prepared for the Department of Industry, Tourism and Resources, http://archive.nwc.gov.au/__data/assets/pdf_file/0011/11513/Water_Reform_and_Industry.pdf.

ANZECC–ARMCANZ (Australian and New Zealand Environment and Conservation Council & Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand) (1996). *National principles for the provision of water for ecosystems*, ANZECC & ARMCANZ, Canberra, <http://www.environment.gov.au/system/files/resources/051a0db6-8f18-4999-96ee-4b24d46d2515/files/water-provision.pdf>.

ANZECC–ARMCANZ (Australian and New Zealand Environment and Conservation Council & Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand) (2000a). *Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality*, National Water Quality Management Strategy paper no. 4, ANZECC & ARMCANZ, Canberra.

ANZECC–ARMCANZ (Australian and New Zealand Environment and Conservation Council & Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand) (2000b). *Australian guidelines for water quality monitoring and reporting*, National Water Quality Management Strategy paper no. 7, ANZECC & ARMCANZ, Canberra.

Barber, M, Jackson, S (2011). *Water and Indigenous people in the Pilbara, Western Australia: a preliminary study*, Water for a Healthy Country Flagship, CSIRO.

Batley, GE, Humphrey, CL, Apte, SC, Stauber, JL (2003). *A practical guide to the application of the ANZECC–ARMCANZ water quality guidelines for the mining industry*, Australian Centre for Mining Environmental Research, Brisbane, Queensland.

BoM (Bureau of Meteorology) (2012). *The Groundwater Dependent Ecosystem Atlas*, <http://www.bom.gov.au/water/groundwater/gde>.

Byrne, G (2013). 'Long-term water management: the forgotten legacy of mine closure', *Proceedings of AusIMM Water in Mining conference 2013* (pp. 163–168), Brisbane, November 2013.

CDP (2013). *CDP global water report 2013*, <https://www.cdp.net/CDPResults/CDP-Global-Water-Report-2013.pdf>.

CDP (2014). *CDP global water report 2014*, <http://www.cdp.net/CDPResults/CDP-Global-Water-Report-2014.pdf>.

COAG (Council of Australian Governments) (1994). *Council of Australian Governments communiqué*, 25 February, http://archive.coag.gov.au/coag_meeting_outcomes/1994-02-25/index.cfm.

CSIRO (2009). *Australian Soil and Land Survey field handbook*, 3rd edition, National Committee on Soil and Terrain, CSIRO Publishing, Collingwood, Victoria.

DECC (NSW Department of Environment and Climate Change) (2008). *Managing urban stormwater: Soil and construction, volume 2E, Mines and quarries*, DECC, Sydney.

DEHP (Queensland Department of Environment and Heritage Protection) (2013). *Monitoring and sampling manual 2009*, version 2, DEHP, Brisbane.

Delzoppo, L (2011). 'The management of mine water quality in the Fitzroy River Basin', presentation by Lindsay Delzoppo, General Manager, Operations, Department of Environment and Resource Management, to the AWA Technical Seminar Series, 13 April 2011, Greek Club, South Brisbane, Queensland.

DIIS (Department of Industry, Innovation and Science) (2016). Leading Practice Sustainable Development handbooks series, DIIS, Canberra, <http://www.industry.gov.au/resource/Programs/LPSD/Pages/LPSDhandbooks.aspx>.

DNRM (Queensland Department of Natural Resources and Mines) (2014). *Guideline: works that interfere with water in a watercourse—watercourse diversions*, DNRP, Brisbane.

Dobbs, R, Davies, PM (2009). *Long term ecological research on a Pilbara River system: analysis of long term Robe River aquatic monitoring dataset*, report 11/05, Centre of Excellence in Natural Resource Management, University of Western Australia, <http://www.water.wa.gov.au/PublicationStore/first/96676.pdf>.

DoW (Western Australian Department of Water) (2013). *Water in mining guideline*, Water Licensing Delivery Series report no. 12, DoW, Perth, https://www.water.wa.gov.au/__data/assets/pdf_file/0019/1819/105195.pdf.

DoW (Western Australian Department of Water) (2014). *Annual report 2013–14*, <http://www.water.wa.gov.au/107920.pdf?id=417>.

DRET (Department of Resources, Energy and Tourism) (2009). Airborne contaminants, noise and vibration, DRET, Canberra, <http://www.industry.gov.au/resource/Programs/LPSD/Pages/LPSDhandbooks.aspx>.

DTMR (Queensland Department of Transport and Main Roads) (2010). *Road drainage design manual*, 2nd edition, March, DTMR, Brisbane.

Environment Australia (2000). *Freshwater related environmental management principles and guidelines*, <http://www.environment.gov.au/system/files/resources/ecc57dce-6832-40df-a321-5a3857c69a72/files/principles.pdf>.

Evans, R, Moran, CJ, Brereton, D (2006). 'Beyond NPV: a review of valuation methodologies and their applicability to water in mining', *Proceedings of AusIMM Water in Mining Conference 2006* (pp.97–104), Brisbane, November 2006.

Hoff, H (2011). 'Understanding the nexus', background paper for Bonn 2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus, Stockholm Environment Institute, Stockholm.

ICMM (International Council on Mining and Metals) (2014). *Water Stewardship Framework*, ICMM, London, <http://www.icmm.com/water>.

ICMM (International Council on Mining and Metals) (2015). *A practical guide to catchment-based water management for the mining and metals industry*, ICMM, London, <http://www.icmm.com/document/8329>.

IEAust (Institution of Engineers Australia) (1987–1999). *Australian rainfall and runoff*, 3rd edition, Engineers Australia, Barton, ACT.

IEAust (Institution of Engineers Australia) (no date). *Best practice erosion and sediment control guidelines*, IEAust, <http://www.austieca.com.au/publications/best-practice-erosion-and-sediment-control-bpesc-document>.

IECA (International Erosion Control Association) (2008). *Best practice erosion and sediment control*, IECA, Picton, NSW.

IMC (Imperial Metal Corporation) (2015). Press release regarding the report by the Mount Polley Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel, http://www.imperialmetals.com/s/News_2015.asp?ReportID=694739.

MCA (Minerals Council of Australia) (1997). *Mine site water management handbook*, MCA, http://www.minerals.org.au/file_upload/files/resources/environment/Minesite_Water_Management_Handbook.pdf.

MCA (Minerals Council of Australia) (2014). *Water accounting framework for the minerals industry*, version 1.3, http://www.minerals.org.au/file_upload/files/resources/water_accounting/WAF_UserGuide_v1.3_%28Jan_2014%29.pdf.

MCA (Minerals Council of Australia) (2015). *Water accounting*, MCA, http://www.minerals.org.au/focus/sustainable_development/water_accounting.

MDBA (Murray–Darling Basin Authority) (2012). *Basin Plan*, MDBA, <http://www.mdba.gov.au/sites/default/files/Basin-Plan/Basin-Plan-Nov2012.pdf>.

Morison, K (2014). 'The impact of water trading on agricultural productivity', presentation to the Australian Water Association National Water Policy Summit.

NHMRC (National Health and Medical Research Council) (2011), *Australian drinking water guidelines*, updated February 2016, NHMRC, Canberra, https://www.nhmrc.gov.au/_files_nhmrc/file/publications/nhmrc_adwg_6_february_2016.pdf.

NSW EPA (NSW Environment Protection Authority) (2013). *Review of the Protection of the Environment Operations (Hunter River Salinity Trading Scheme) Regulation 2002: discussion paper*, <http://www.epa.nsw.gov.au/resources/licensing/hrsts/13771hrstsdp.pdf>.

NSW EPA (NSW Environment Protection Authority) (2014). 'Pollution incidents cost Big Island Mining close to \$200,000', media release, 1 September, NSW EPA, Sydney, <http://www.epa.nsw.gov.au/epamedia/EPAMedia14090101.htm>.

NUDLC (National Uniform Drillers Licensing Committee) (2012). *Minimum construction requirements for water bores in Australia*, 3rd edition, February, NUDLC.

NWC (National Water Commission) (2004). *Intergovernmental agreement on a National Water Initiative*, NWC, Canberra, <http://www.nwc.gov.au/nwi>.

NWC (National Water Commission) (2012). *Australian groundwater modelling guidelines*, Waterlines report no. 82, June, NWC, Canberra, <http://archive.nwc.gov.au/library/waterlines/82>.

NWC (National Water Commission) (2014a). *Australia's water blueprint: national reform assessment 2014*, NWC, Canberra, <http://www.nwc.gov.au/publications/topic/assessments/australias-water-blueprint-national-reform-assessment-2014>.

NWC (National Water Commission) (2014b). *Water for mining and unconventional gas under the National Water Initiative*, NWC, Canberra, <http://www.nwc.gov.au/publications/topic/water-planning/water-for-mining-and-unconventional-gas-under-the-national-water-initiative>.

OOW (NSW Office of Water) (2014). *Groundwater monitoring and modelling plans: information for prospective mining and petroleum exploration activities*, February, OOW, Sydney, http://www.water.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0010/547543/law_key_aquifer_interference_groundwater-monitoring-modelling-project-info-mining.pdf.

Pacific Institute (no date). Corporate water stewardship, Pacific Institute, Oakland, California, <http://pacinst.org/issues/corporate-water-stewardship/>.

Rea, I, Monaghan, D (2009). 'Dewatering bore pumps: reducing costs and emissions by maximising pumping efficiencies over time', *Proceedings of the Water in Mining Conference 2009* (pp. 205–210), Perth, September.

WA EPA (Western Australian Environment Protection Authority) (2013). *Environmental assessment guideline for consideration of subterranean fauna in environmental impact assessment in Western Australia*, EPA, Perth, <http://edit.epa.wa.gov.au/EPADocLib/EAG12%20Subterranean%20fauna.pdf>.

WEF (World Economic Forum) (2015). *Global risks 2015: insight report*, 10th edition, WEF, http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_2015_Report15.pdf.

Woodley, A, Danoucaras, AN, McCombe, C, Kunz, NC, Collins, N (2013). 'A robust methodological approach for mine site water accounting', *Proceedings of AusIMM Water In Mining conference 2013* (pp. 267–272), Brisbane, November.

Younger, PL, Robins, NS (2002). *Mine water hydrogeology and geochemistry*, Geological Society, London, Special Publications.

Younger, PL, Banwart, SA, Hedin, RS (2002). *Mine water: hydrology, pollution, remediation*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, ISBN 1-4020-0137-1.



Praktik Kerja Unggulan dalam Program Pembangunan Berkesinambungan untuk Industri Pertambangan