



Australian Government

PENCEMAR UDARA, KEBISINGAN, DAN GETARAN

PRAKTIK KERJA UNGGULAN
PROGRAM PEMBANGUNGAN
BERKELANJUTAN UNTUK INDUSTRI
PERTAMBANGAN



OKTOBER 2009

Peringatan

Praktik Kerja Unggulan Program Pembangunan Berkelanjutan untuk Industri Pertambangan

Publikasi ini telah dikembangkan oleh Kelompok Kerja yang terdiri dari para ahli, perwakilan industri, dan pemerintah serta nonpemerintah. Upaya dari semua anggota Kelompok Kerja ini sangat dihargai.

Pandangan dan opini yang dinyatakan di dalam publikasi ini belum tentu mencerminkan pandangan dan opini Pemerintah Australia atau Menteri Sumber Daya, Energi, dan Pariwisata. Walaupun upaya yang baik telah dilakukan untuk memastikan bahwa isi publikasi ini memiliki kebenaran fakta, Persemakmuran tidak bertanggung jawab atas keakuratan atau kelengkapan isinya, serta tidak akan bertanggung jawab atas kerugian atau kerusakan apa pun yang mungkin terjadi baik secara langsung maupun tidak langsung karena menggunakan, atau merujuk pada, isi dari publikasi ini.

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

Gambar sampel: Pandangan dari atas lokasi kerja sumur ventilasi di pemukiman Ballarat. Sumber:
LGL - Ladang Emas Ballarat.

© Commonwealth Australia 2009

ISBN 978-1-921516-51-1

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

Oktober 2009.

DAFTAR ISI

SAMBUTAN	vi
PRAKATA	ix
1.0 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Cakupan	2
1.3 Praktik kerja unggulan	2
1.4 Identifikasi risiko bahaya dan pengelolaan risiko	4
1.5 Perencanaan dan pendekatan daur hidup	5
2.0 PENCEMAR UDARA	9
GAMBARAN UMUM	9
2.1 Sumber emisi udara	9
2.2 Alasan mengontrol emisi	10
2.3 Peraturan dan standar	12
2.4 Pemantauan	14
2.5 Pemodelan	16
2.6 Rencana pengelolaan kualitas udara	19
2.7 Pengendalian	20
2.8 Fase perencanaan	24
STUDI KASUS: Proses persetujuan untuk proyek pertambangan batu bara Anvil Hill (Mangoola)	26
2.9 Eksplorasi, pengembangan, dan fase desain mendetail	31
2.10 Fase konstruksi	32
2.11 Fase operasi	32
STUDI KASUS: Sistem prediksi ledakan karena tekanan berlebih	52
2.12 Fase penutupan dan rehabilitasi	55
3.0 NOISE	57
3.1 Sumber kebisingan	58
3.2 Kemudahan kesehatan	59
3.3 Dampak pada hewan	59
3.4 Dampak meteorologi pada perambatan kebisingan	60
3.5 Dampak kebisingan kumulatif dari beberapa tambang	61
3.6 Peledakan	61
3.7 Karakteristik dan ukuran kebisingan	62

3.8 Penghubung masyarakat	64
3.9 Fase perencanaan	65
3.10 Eksplorasi, pengembangan, dan fase desain mendetail	70
STUDI KASUS: Truk muat tersenyap di dunia	71
3.11 Fase konstruksi, perizinan, dan operasi	75
STUDI KASUS: Alat pengeboran eksplorasi permukaan yang menekan kebisingan	75
3.12 Fase penutupan dan rehabilitasi	79
STUDI KASUS: Pemantauan efektif untuk memahami masalah suara	79
4.0 GETARAN	81
Gambaran Umum	81
4.1 Pengendalian hukum	82
4.2 Definisi getaran tanah	83
4.3 Alasan mengontrol getaran tanah	83
4.4 Batas getaran tanah	83
STUDI KASUS: Perbandingan detonator elektronik dan tradisional	88
4.5 Praktik kerja unggulan peledakan	88
STUDI KASUS: Saluran ventilasi di area pemukiman	90
5.0 KESIMPULAN	93
DAFTAR ISTILAH	94
REFERENSI DAN BACAAN LANJUTAN	95



SAMBUTAN

Praktik Kerja Unggulan Program Pembangunan Berkesinambungan dikelola oleh Komite Pengarah yang diketuai oleh Departemen Sumber Daya, Energi, dan Pariwisata Pemerintah Australia. Keempat belas tema yang ada di dalam program dikembangkan oleh perwakilan kelompok kerja pemerintah, industri, penelitian, akademik, dan masyarakat. Buku pegangan Praktik Kerja Unggulan ini tidak mungkin bisa diselesaikan tanpa kerja sama dan partisipasi aktif dari semua anggota kelompok kerja.

Kami menghargai orang-orang berikut yang telah berpartisipasi dalam Kelompok Kerja Keterlibatan dan Pembangunan Masyarakat dan pihak yang mempekerjakan mereka yang telah setuju untuk meluangkan waktu dan keahlian peserta mereka dalam program ini:



Professor David Laurence
Ketua - Kelompok Kerja
A/Direktur
Pusat Praktik Pertambangan
Berkelanjutan Australia
University of New South Wales

www.mining.unsw.edu.au



Rekanan Profesor David Cliff
Penulis Utama
Pimpinan, Keselamatan Industri Mineral
dan Pusat Kesehatan
University of Queensland

www.mishc.uq.edu.au



Ellen Butler dan Shelby Schofield
Sekertariat
Pertambangan Berkelanjutan
Departemen Sumber Daya,
Energi, & Pariwisata

www.ret.gov.au



Robin Ormerod
Kepala Senior
PAE Holmes

www.paeholmes.com



Tn John Visser
Penasihat Utama
Proses, Teknologi, dan Inovasi
Rio Tinto

www.riotinto.com

Tn Bruce Ham
Konsultan Insinyur/Penasihat Kesehatan
dan Keselamatan



Tn Neil Gross
Direktur
Wilkinson Murray

www.wilkinsonmurray.com.au



Tn Greg Collins
Pimpinan Lini Servis, Udara & Kebisingan
GHD

www.ghd.com



Ibu Emma Charlton
Associate Director- Akustik
AECOM

www.aecom.com

Tn Alex Mandl
Konsultan



Tn Kurtis Noyce
Staf Senior Lingkungan
LGL - Ladang Emas Ballarat

www.lglgold.com

PRAKATA

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

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

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

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

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

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

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



Senator The Hon Matt Canavan

Menteri Sumber Daya dan
Australia Utara



The Hon Julie Bishop MP

Menteri Luar Negeri



1.0 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masalah yang dicakup di buku pegangan ini memiliki beberapa kesamaan. Dari semua topik dalam seri buku pegangan praktik kerja unggulan, kelompok masalah ini pastinya merupakan yang menghasilkan paling banyak keluhan dan pertentangan dari masyarakat setempat daripada yang lainnya. Keluhan ini seringkali bersifat segera dan biasanya ditujukan kepada tambang atau, seringnya, kepada pembuat peraturan. Warga yang tinggal di dekat lokasi tambang tidak akan ragu untuk menghubungi otoritas perlindungan lingkungan setempat atau inspektur tambang untuk meminta tindakan.

Kekhawatiran mereka bisa dikarenakan debu dari jalan, alarm mundur truk, atau awan debu yang mencurigakan. Peledakan menghasilkan keluhan terbesar di semua tiga area yang dicakup oleh buku pegangan ini. Keluhan ini tidak terbatas pada tambang terbuka saja, karena praktik peledakan yang tidak efisien di tambang bawah tanah dalam juga menimbulkan masalah masyarakat, terutama jika peledakan dilakukan pada malam hari.

Sebuah artikel surat kabar terbaru menyoroti masalah kebisingan dan dampaknya, baik yang sebenarnya dan persepsinya, pada masyarakat setempat (Safe 2009) Artikel ini merinci pembentukan kelompok lobi antikebisingan, Noise Watch Australia. Satu kasus utama yang terjadi melibatkan seorang pensiunan yang pindah ke suatu daerah yang memiliki jumlah kayu dalam jumlah banyak yang terletak cukup jauh dari ibukota. Sebuah penggergajian kayu menambah produksinya menjadi 24 jam sehari, tujuh hari per minggu. Menurut kata-katanya, 'kebisingan ini membuat kami gila'; sebagai akibatnya, ia harus pindah dan menjual semua hartanya. Keluhan lainnya menyatakan 'bertambahnya kebisingan di masyarakat di seluruh Australia masih belum diterima apa adanya, yaitu sebagai bentuk polusi yang berdampak serius bagi kesehatan banyak orang'. Sebuah artikel mengutip pernyataan Organisasi Kesehatan Dunia yang mengatakan bahwa sebanyak 3 persen dari kematian karena penyakit jantung, atau lebih dari 200.000 secara global, dikarenakan paparan jangka panjang pada kebisingan lalu lintas yang kronis.

Namun, apakah tingkat kebisingan meningkat? Otoritas Perlindungan Lingkungan Victoria mengindikasikan bahwa kebisingan di seluruh Melbourne tidak meningkat sejak era 1970-an, namun masyarakat mengeluh bahwa terjadi peningkatan yang sangat tinggi (EPA 2007). Di Kerajaan Inggris, keluhan kebisingan lima kali lebih tinggi daripada 20 tahun lalu. Dengan asumsi bahwa kebisingan belum meningkat pada tingkat yang sama, hal ini berarti bahwa orang semakin kurang toleran terhadap kebisingan dibandingkan kebisingan daripada sebelumnya.

Masalah debu yang berasal dari lokasi tambang telah menjadi fokus sorotan media yang intensif di Australia Barat akhir-akhir ini. Masalah ini terkait ekspor konsentrat timah hitam dari tambang Wiluna milik Magellan Metal dari pelabuhan Esperance dan Fremantle. Besarnya ketidakpuasan masyarakat dapat dilihat dari halaman depan berita surat kabar pada bulan November 2008. 'Unions promise to fight Barnett over lead shipments' (Serikat Buruh berjanji melawan Barnett terkait pengiriman timah hitam), 'Port's mayor vows to fight risky lead exports' (Walikota Port berjanji memerangi ekspor timah hitam yang berisiko), dan 'Lead leaches hope of Esperance future' (Timah Hitam meluruhkan harapan masa depan Esperance). (Clarke 2008).

Masalah-masalah ini penting dalam semua sektor batu bara industri kita serta penambangan dan penggalian logam kita. Pada bulan November 2007, sampul depan majalah Quarry, jurnal resmi Institute of Quarrying Australia, menuliskan berita utama 'Ensuring your neighbours don't eat dust' (Memastikan tetangga Anda tidak memakan debu).

Masalah ini juga penting terlepas dari apakah tambang terletak di Gurun Tanami di Northern Territory, Hunter Valley di New South Wales, atau di tempat yang lebih padat penduduknya, walaupun seringkali situasi yang terakhir ini adalah tempat di mana sebagian besar masalah seringkali terjadi. Di Australia, situasi ini biasa bagi kuari untuk bahan konstruksi; pertambangan yang memiliki tenaga kerja dari pemukiman, seperti yang ada di Kalgoorlie Australia Barat, Mt Isa di Queensland atau Broken Hill di New South Wales; atau lahan pertambangan di lokasi dimana pertambangan seringkali tidak dianggap sebagai bentuk penggunaan tanah yang paling diinginkan, seperti Hunter Valley. Tentu saja, banyak perusahaan pertambangan Australia yang beroperasi secara internasional di negara-negara yang berpenduduk jauh lebih padat di dekat tambang, dampak masyarakat atas partikulat udara, kebisingan, dan getarannya dibesar-besarkan.

1.2 Cakupan

Memakai teks, foto, gambar, tabel, dan studi kasus pilihan, buku pegangan ini menyediakan alat bantu untuk menjalankan praktik kerja unggulan dalam pengelolaan pencemar udara, suara, dan getaran di lokasi tambang.

Buku pegangan ini merupakan kelanjutan dari dua buku pegangan dalam Seri Praktik Kerja Unggulan Pengelolaan Lingkungan di Pertambangan, kontrol Debu, dan kontrol Suara, getaran, serta getaran udara. Walaupun menangani berbagai emisi gas dan partikel, pengelolaan emisi gas rumah kaca di luar cakupan buku pegangan ini, karena kompleksitas masalah yang terlibat, termasuk berbagai kelompok pemangku kepentingan serta meluas melampaui batas-batas lokal.

Kontributor buku ini memiliki pengalaman yang luas di dalam bidangnya masing-masing. Kami merasa yakin bahwa informasi yang diberikan, termasuk berbagai studi kasus, dapat memberi banyak manfaat praktis untuk membantu pembaca memadukan praktik kerja unggulan di dalam operasi penambangan, sehingga dapat mempertahankan izin sosial untuk mengoperasikan tambang dan kuari di Australia dan di tempat-tempat lainnya.

1.3 Praktik kerja unggulan

Praktik terbaik mempertimbangkan penerapan teknologi terkini dan paling sesuai dalam rangka memperoleh hasil keuangan, sosial, dan lingkungan yang lebih baik bagi para pemangku kepentingan yang ada pada saat ini serta generasi yang akan datang. Kerangka waktu jangka panjang dipertimbangkan agar kemungkinan hasil yang merugikan dapat dikelola baik dalam jangka pendek maupun panjang. Pertimbangan hasil dalam jangka panjang secara khusus menantang mengingat data prediksi mungkin tidak lengkap, sejumlah variabel mungkin mengubah hasil tersebut, dan hasil aktual mungkin tidak dapat dipahami atau diprediksi sepenuhnya. Namun demikian, praktik kerja unggulan menuntut penilaian estimasi dampak masa depan yang terbaik serta diambilnya langkah-langkah untuk memberikan hasil yang sesuai secara finansial, sosial, dan lingkungan. Tingkat ketepatan estimasi tersebut juga perlu dikomunikasikan.

Praktik kerja unggulan berkaitan dengan mengidentifikasi, menggunakan, dan kemungkinan mengembangkan teknologi yang tepat di perusahaan sehingga bisa memberikan hasil yang lebih baik bagi semua pihak yang berkepentingan. Ciri utama dari praktik ini adalah adanya pengukuran variabel dan hasil kinerja untuk mengenali potensi perubahan pada proses demi keuntungan semua pihak yang berkepentingan.

Praktik terbaik terdiri dari program untuk memantau masukan, proses, serta keluaran. Informasi ini dipadukan dalam satu atau beberapa sistem pengelolaan. Ini dapat dimasukkan ke dalam sistem pengelolaan yang sudah ada seperti sistem pengelolaan keselamatan, sistem lingkungan, serta sistem mutu.

Praktik terbaik termasuk kemampuan mengenali dan mengelola teknologi serta komunikator yang kompeten dan memastikan bahwa mereka berpartisipasi di dalam program untuk mempertahankan kompetensi mereka. Proses tinjauan dari rekan (peer review) harus dilakukan untuk memastikan praktik terbaik berkembang seiring perubahan teknologi serta harapan dan standar sosial. Meski tidak terlalu penting, perlu dipertimbangkan partisipasi aktif dalam penerapan pengajaran dan aktivitas penelitian.

Berbagai informasi yang bermanfaat tersedia dari badan-badan profesional seperti Institut Pertambangan dan Metalurgi Australasia (Australasian Institute of Mining and Metallurgy), Engineers Australia, Institut Keselamatan Australia (Safety Institute of Australia), Institut Ahli Kesehatan Kerja (Australian Institute of Occupational Hygienists) dan Institut Lingkungan Australia dan Selandia Baru (Environment Institute of Australia and New Zealand), serta otoritas pemerintah dan badan perwakilan industri.

Pencemar udara mencakup debu, gas, asap, bau, serta bahan hayati udara. Semua pencemar ini dapat menimbulkan berbagai hasil yang merugikan secara keuangan, sosial, atau lingkungan. Emisi ini dapat:

- menjadi peristiwa yang terjadi sekali saja (one-off) karena kegagalan pada fasilitas produksi atau sistem, misalnya kebakaran besar
- terjadi sesekali namun rutin, seperti asap peledakan
- terus menerus dan bisa diterima dari segi risiko hasil jangka pendek yang merugikan.

Semua ini harus diselidiki secara penuh dan tindakan yang tepat harus diambil. Hasilnya perlu dipantau serta prosesnya ditinjau secara berkala.

Emisi kebisingan dapat memiliki beberapa bentuk, mulai dari kejadian tunggal maupun sesekali hingga kebisingan yang terus menerus. Suara juga memiliki beberapa dimensi, diantaranya dari segi intensitas dan frekuensi sinyalnya. Getaran mungkin terkait atau juga tidak dengan emisi kebisingan secara tidak langsung.

Praktik kerja unggulan juga mempelajari berbagai ciri dari pencemar udara, kebisingan dan getaran. Dampak ini dapat mempengaruhi pekerja, melewati anggota masyarakat serta warga lokal. Dampak ini juga dapat memberikan beberapa dampak pada lingkungan yang harus dipertimbangkan.

Sumber dan dampak mendapatkan pertimbangan secara khusus mengingat keduanya terkait dengan kegiatan penambangan dan kuari. Untuk menyelidiki sumber dan dampak ini diperlukan analisis input, output dan proses pertambangan secara mendetail. Analisis ini dapat diperluas mulai dari eksplorasi, desain dan evaluasi proyek, melalui konstruksi, mulainya operasi serta operasi, hingga pembongkaran dan penutupan. Proses penilaian juga membutuhkan penentuan ciri material yang diambil dan dikonsumsi di dalam kegiatan penambangan dan pengolahan. Potensi interaksi dan interaksi yang tidak diinginkan atas material-material ini juga perlu dipertimbangkan.

Sebelum memulai sistem praktik kerja unggulan, tingkat kesepakatan di antara para pemangku kepentingan tentang tujuan perusahaan yang lebih luas harus dipastikan. Dari sudut pandang pemegang saham atau investor, terdapat kebutuhan yang jelas untuk memastikan diperolehnya pengembalian modal yang bisa diterima. Sistem praktik kerja unggulan berupaya mengelola risiko keuangan dan risiko kedaulatan dengan memastikan bahwa semua pemangku kepentingan dilibatkan serta dipertimbangkan, sehingga hasilnya tidak hanya dinyatakan dalam bentuk keuntungan keuangan saja melainkan juga mempertimbangkan tiga aspek dasar yaitu hasil yang positif dalam bidang keuangan, sosial, dan lingkungan bagi semua pihak yang berkepentingan.

Hasil dalam bidang sosial mencakup berbagai masalah yang luas termasuk diantaranya keselamatan pekerja, kesehatan pekerja dalam jangka panjang, kesehatan masyarakat, serta tidak adanya gangguan atau kemarahan masyarakat. Masyarakat mungkin mencakup lebih dari warga yang ada di dekatnya dan yaitu mencakup otoritas negara dan nasional serta kelompok penekan. Sebagai bagian dari proses untuk memastikan adanya dukungan dari masyarakat secara luas terdapat kebutuhan untuk membangun dan mempromosikan konsep 'rantai nilai', yaitu semua pihak-pihak yang berkepentingan seluruhnya memperoleh tingkat manfaat yang wajar dari operasi pertambangan. Setiap kelompok yang bisa menunjukkan bahwa mereka telah diasingkan berpotensi memberikan tekanan politik atau tekanan lainnya pada operasi pertambangan.

Pada kebanyakan sistem pengelolaan, mengidentifikasi dan mengenali berbagai pemangku kepentingan yang terlibat atau berpotensi mengganggu proyek yang sedang dipertimbangkan menjadi sangat penting. Berbagai pemangku kepentingan yang berbeda perlu diidentifikasi, demikian pula nilai-nilai dan tujuannya. Dalam praktik kerja unggulan, perlu dikembangkan beberapa strategi komunikasi dengan pemangku kepentingan yang berbeda. Ini penting untuk mengenali jaringan pemangku kepentingan dan menjelajahi seberapa efektif kemungkinan pendekatan yang berbeda. Kelompok konsultatif bersama perwakilan setempat harus dibentuk sebagai saran penghubung untuk berkomunikasi dengan masyarakat. Kelompok kepentingan setempat dan regional harus diajak berkonsultasi.

Dalam praktik kerja unggulan, pemangku kepentingan harus dilibatkan agar mereka memiliki rasa kewenangan, tanggung jawab, dan kepemilikan. Selanjutnya, keberhasilan proyek akan bermanfaat bagi setiap pemangku kepentingan. Ini menciptakan lingkungan yang memungkinkan diidentifikasinya kemungkinan masalah dan konflik secara dini serta pengelolaannya dapat diikutsertakan ke dalam sistem proyek.

Dialog juga perlu dibangun dengan berbagai pembuat undang-undang yang berkewajiban untuk memastikan kesesuaian dengan harapan masyarakat sebagaimana yang telah ditetapkan di dalam undang-undang dan aturan yang baku.

1.4 Identifikasi risiko bahaya dan pengelolaan risiko

Proses penilaian risiko generik dicakup secara luas dalam Buku pegangan praktik kerja unggulan terbaik penilaian dan pengelolaan risiko (DRET 2008). Dalam konteks pencemar udara, suara, dan getaran, terdapat beberapa masalah yang harus dipertimbangkan secara mendetail.

Termasuk di dalamnya adalah masalah pengelolaan risiko kronis dan kemungkinan penyakit fatal dan gangguan yang kompleks dengan periode laten yang panjang yang muncul sebagai akibat paparan kumulatif atas emisi tertentu. Beberapa contoh diantaranya asbes, debu silika, debu batu bara, dan emisi pelebur logam atau smelter (seperti yang ada di Mt Isa, Queensland dan Port Pirie di Australia Selatan). Efek jangka panjang kebisingan dan getaran termasuk hilangnya pendengaran, gangguan peredaran darah serta penyakit dan gangguan terkait dengan kurangnya tidur. Penilaian risiko bahaya tersebut harus mempertimbangkan pihak yang paling berisiko dan paling rentan, termasuk generasi muda dan orang tua.

Selain risiko bahaya kesehatan, risiko yang perlu dipertimbangkan termasuk risiko bahaya atas kenyamanan masyarakat dan flora serta fauna setempat. Contoh yang baik dari masalah ini adalah gangguan debu yang dipantau dan dikontrol bukan karena hal itu merupakan risiko bahaya kesehatan namun karena gangguan yang disebabkan oleh keberadaannya. Selain itu, standar paparan kebisingan di masyarakat dibuat dalam kerangka meminimalkan gangguan pada masyarakat.

Standar pemantauan lingkungan telah dihasilkan untuk mengatasi risiko bahaya tersebut. Badan lingkungan hidup negara bagian, teritori, dan federal bisa menyediakan detail standar yang terkait untuk dipatuhi: misalnya, Tindakan Perlindungan Lingkungan Hidup Nasional (National Environment Protection Measures [EPHC 2009]). Semua standar ini dirujuk secara lebih mendetail dalam bab-bab selanjutnya.

Kerangka legislatif pengelolaan lingkungan hidup serta kesehatan dan keselamatan di kebanyakan negara bagian dan teritori diletakkan dalam kerangka yang mewajibkan manajer tambang untuk melaksanakan proses pengelolaan risiko yang cukup besar. Legislasi juga merujuk standar dalam panduan kepatuhannya. Pengelolaan risiko harus dimulai pada tahap desain, sebagaimana yang telah dipromosikan oleh Safework Australia (2009).

Anda harus mengikuti hierarki pengendalian saat menjalankan kontrol dan sedapat mungkin memfokuskan kontrol pada bagian atas hierarki dengan menghilangkan bahayanya. Jika ini tidak mungkin, langkah berikutnya adalah mempertimbangkan penggantian proses yang menciptakan bahaya itu. Jika ini tidak layak, pengendalian keteknikan harus diterapkan di sumber untuk mengelola risiko bahayanya. Pengendalian pada penerima harus dipertimbangkan hanya bila pilihan lainnya yang tidak mungkin disediakan.

Di Australia, pendukung proyek besar wajib menyerahkan dan menyetujui pernyataan dampak lingkungan hidup dan rencana pengelolaan lingkungan hidup yang mengenali risiko bahaya lingkungan hidup, menilai risiko, mengenali langkah-langkah penilaian kinerja mereka, melaksanakan pemantauan serta melibatkan auditor pihak ketiga untuk memastikan keefektifan program. Pendekatan ini memfasilitasi peningkatan standar lingkungan hidup industri yang berkelanjutan, namun berbiaya mahal serta menjadi membebani operator dan proyek berukuran kecil.

1.5 Perencanaan dan pendekatan daur hidup

Pada bab selanjutnya, pencemar udara, debu, suara, dan getaran, masing-masing akan dibahas secara mendetail sebagai masalah yang terpisah di dalam pendekatan umum 'daur hidup' yang mencakup eksplorasi, desain, evaluasi, pembentukan, operasi, rehabilitasi serta penutupan.

1.5.1 Eksplorasi

Berbagai masalah pencemar udara, suara, dan getaran terkait dengan eksplorasi. Sifat eksplorasi yang sementara serta seringkali terisolasi menumbuhkan lingkungan yang berpotensi menimbulkan pertentangan dengan penduduk setempat, kecuali operasi itu dipantau dengan cermat serta upaya yang cukup besar dilakukan untuk membuat masyarakat tetap memperoleh informasi terbaru mengenai aktivitas-aktivitas ini.

1.5.2 Desain dan persetujuan

Identifikasi risiko bahaya, penilaian risiko dan perencanaan pengendalian risiko yang dibahas di dalam Bagian 1.4 harus dimasukkan ke dalam desain proyek serta dikomunikasikan dengan pihak-pihak yang berkepentingan untuk memperoleh komentar dan ulasan. Setelah fase desain dan penilaian dampak lingkungan telah diselesaikan, berbagai rangkaian persetujuan untuk berbagai aktivitas komersial mungkin dibutuhkan. Walaupun cakupan diskusi ini tidak memasukkan proses persetujuan secara rinci, cukup memadai kiranya bahwa mengidentifikasi sumber daya yang besar perlu diberikan untuk mengidentifikasi semua proses persetujuan dan memastikan bahwa proses ini dipantau secara efektif.

Bagi tambang kecil atau kuari, sebagaimana yang biasanya dilihat di ladang opal atau pemasok pasir dan kerikil, risiko bahaya serta kewajiban pengelolaan risiko yang terkait dengan pencemar udara, kebisingan dan getaran umumnya terbatas, juga kemampuan operator lokasi untuk mengenali risiko bahaya dan mengelola risiko. Format material untuk menjawab masalah ini harus berfokus pada pengembangan daftar periksa (checklist) sederhana yang menjawab berbagai masalah spesifik di lokasi tersebut. Pada saat masalah besar teridentifikasi, operator lokasi mungkin membutuhkan bantuan untuk membuat daftar periksa serta mengenali respons yang tepat. Bantuan dari kantor pusat perusahaan, konsultan, atau pejabat pemerintah harus segera dicari.

1.5.3 Rencana Pemantauan

Walaupun semua sistem pengelolaan membutuhkan bentuk pemantauan terencana tertentu, strategi pengembangan sifat dan frekuensi pengumpulan datanya mungkin cukup rumit. Beberapa variabel yang perlu dipertimbangkan mencakup sifat risiko bahaya serta laju potensi di mana risiko, relatif terhadap bahaya bisa berubah. Biaya pemantauan perlu diimbangi dengan potensi biaya yang terjadi karena insiden yang merugikan. Perubahan teknologi pemantauan perlu ditinjau secara berkala mengingat sistem yang baru muncul secara rutin.

Pemantauan potensi dampak jangka panjang dari paparan karena pekerjaan (dan risiko pekerjaan itu) merupakan bidang yang di mana sains dan praktik baru muncul secara perlahan. Intervensi biasanya didasarkan pada tingkat kerusakan, namun terdapat peningkatan tekanan yang semakin meningkat dari regulator untuk mengembangkan sistem yang memicu intervensi berdasarkan peningkatan risiko bahaya.

1.5.4 Audit dan tinjauan

Walau sistem pengelolaan kesehatan dan keselamatan atau pengelolaan lingkungan hidup merupakan praktik kerja unggulan pada saat dikembangkan, berbagai elemen di dalam lokasi tambang atau aspek terkait masyarakat dan teknologi bisa saja berubah. Terdapat kebutuhan untuk dilakukannya audit sistem secara rutin untuk memastikan apakah praktik ini akan diikuti. Secara rutin, tinjauan komprehensif perlu dilakukan untuk menilai kembali tujuan dan mempelajari seberapa sistem saat ini telah mencapai tujuannya, serta perubahan apa saja yang perlu dilakukan untuk mendorong kinerja.

1.5.5 Penutupan dan rehabilitasi tambang

Penutupan tambang merupakan sebuah proses. Ini merujuk pada periode dimana tahap operasi tambang mendekati tahap akhir atau telah berakhir, dan selama penghentian dan rehabilitasi tambang tahap akhir sedang dilakukan. Penutupan mungkin hanya sementara, atau dapat mengakibatkan adanya program perawatan dan pemeliharaan jangka panjang. Tujuan keseluruhannya adalah mencegah atau memperkecil dampak lingkungan, fisik, sosial dan ekonomi jangka panjang yang merugikan, serta menciptakan bentukan lahan stabil yang cocok untuk penggunaan berikutnya yang telah disetujui.

Tujuan jangka panjang rehabilitasi dapat berbeda-beda, mulai dari sekadar mengubah sebuah area agar memiliki kondisi yang aman dan stabil, hingga sedapat mungkin mengembalikan ke kondisi sebelum penambangan dilakukan untuk mendukung keberlanjutan lokasi ini di masa mendatang. Rehabilitasi ini biasanya terdiri dari:

- pengembangan desain untuk bentukan lahan yang sesuai dengan lokasi tambang
- penciptaan bentukan lahan yang akan berlaku dan berkembang sesuai perkiraan, sesuai dengan prinsip reka bentuk yang ditetapkan
- pembentukan ekosistem berkelanjutan yang sesuai.

Dalam proses kedua, potensi terciptanya debu dan kebisingan akan menjadi masalah. Menciptakan bentukan alam yang berkelanjutan dari tumpukan galian di tambang (batubara), pembuangan limbah di tambang terbuka (logam), lokasi pembuangan limbah tailing, dan prasarana terkait seperti jalan, bidang permukaan keras dan yang serupa akan membutuhkan pemindahan tanah yang cukup besar. Proses penggalian ini memerlukan mesin berukuran besar dan biasanya menghasilkan debu dan bahaya kebisingan yang harus dikendalikan.

Pekerjaan rehabilitasi seringkali akan dilakukan oleh kontraktor yang mungkin tidak terlibat dalam proses penambangan serta mungkin tidak peka dengan strategi pengelolaan kebisingan dan debu yang diterapkan saat tambang beroperasi. Oleh karena itu, program orientasi yang tepat harus dilakukan untuk memastikan bahwa kontraktor mengetahui potensi risiko bahayanya serta dapat memitigasi risiko yang muncul dari bahaya itu.

Setelah tahap penggalian tanah dalam proses rehabilitasi selesai, dan semua peralatan telah dipindahkan dari tambang, risiko bahaya kebisingan harus dihilangkan. Namun demikian, bahaya debu mungkin masih tetap ada. Operator tambang memiliki tanggung jawab yang harus terus dipikul di lokasi tambangnya sampai tambang itu memperoleh sertifikat bebas atau 'persetujuan' pelepasan dari badan pengatur yang sesuai. Pemerintah enggan membebaskan perusahaan dari tanggung jawabnya, sehingga perusahaan harus berhati-hati untuk memastikan bahwa risiko yang ada rendah atau debu yang berasal dari situs tidak terjadi.

Jika lokasi ini terpengaruh musim kering dan program reboisasi gagal, operator tambang perlu melaksanakan pemeliharaan revegetasi, terutama melalui pembuangan limbah dan fasilitas penyimpanan tailing. Di area yang berangin besar, penggunaan penutupan permukaan tambahan, seperti mulsa batuan, mungkin diperlukan dan tidak hanya mengandalkan pada keberhasilan program revegetasi. Dampak kebakaran pada revegetasi, berpotensi mengurangi permukaan yang direhabilitasi menjadi area yang kering, hingga tidak boleh dikesampingkan. Ini terutama penting di daerah Paling Utara Australia yang prevalensi kebakarannya sangat luas terjadi di musim kering.

Informasi lebih lanjut tentang rehabilitasi tambang bisa diperoleh dari buku pegangan praktik kerja unggulan penutupan dan penyelesaian tambang dan rehabilitasi tambang (DITR 2008a, 2008b).



GAMBARAN UMUM

Emisi udara dari kegiatan penambangan dan kegiatan terkait dapat berpengaruh lingkungan hidup dalam skala lokal, regional maupun global. Walaupun kebanyakan tambang di Australia terletak di lokasi yang terpencil, banyak tambang-tambang ini yang berada di dekat pemukiman yang mana petambang, warga sekitar, dan otoritas regulasinya sangat memperhatikan pengelolaan emisi. Meskipun debu merupakan emisi paling dominan yang terkait dengan tambang, berbagai emisi gas dan partikel terkait dengan kegiatan pertambangan dan kegiatan pengolahan lainnya yang ada di lokasi. Bab ini mengidentifikasi masalah emisi utama serta pengelolaannya. (Sebagaimana yang tercantum dalam Bagian 1.2, buku pegangan ini tidak membahas emisi gas rumah kaca.)

Tidak seperti masalah lingkungan hidup yang lain, cara paling efektif untuk mengendalikan emisi partikulat adalah dengan mempertimbangkan keseluruhan proses, mulai dari lubang penggalian tambang sampai ke pelabuhan. Ini karena segala tindakan yang diambil oleh tambang untuk mengurangi emisi partikulat yang disebabkan oleh penanganan material berharga di tambang akan mengurangi emisi partikulat di pelabuhan saat material yang dianggap berharga ditangani di tempat itu.

2.1 Sumber emisi udara

Kegiatan utama yang terkait dengan daur hidup lokasi tambang pada umumnya yang menyebabkan emisi udara terangkum di dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Rangkuman kegiatan penambangan utama yang terkait dengan emisi udara

Kegiatan/sumber	Penambangan batubara		Penambangan logam	
	Terbuka	Bawah Tanah	Terbuka	Bawah Tanah
Penggalian tanah yang terkait dengan konstruksi dan pembangunan fasilitas permukaan	P	P	P	P
Akses ke sumuran dalam/drift dan pembuatan ventilasi		P		P
Menghilangkan vegetasi dan humus untuk menyiapkan tambang	P		P	
Pengeboran dan peledakan ^a	P,G,O		P,G,O	
Membuang dan menempatkan lapisan penutup	P		P	
Mengekstrak, memindahkan, dan membuang batubara atau bijih besi	P	P	P	P
Menghancurkan batubara, bijih besi, dan material lainnya	P	P	P	P
Penyaringan	P	P	P	P
Operasi pencucian	P	P		
Pengolahgunaan material ^b			P,G,O	P,G,O

(bersambung)

Kegiatan/sumber	Penambangan batubara		Penambangan logam	
	Terbuka	Bawah Tanah	Terbuka	Bawah Tanah
Penanganan umum material	P	P,G	P	P,G
Memindahkan dan menempatkan sisa yang tersaring pada saat pencucian	P	P		
Operasi bengkel dan/atau pembangkit listrik ^c	P,G,O	P,G,O	P,G,O	P,G,O
Rehabilitasi	P	P	P	P
Erosi angin dari lubang penggalian terbuka, timbunan, dan area yang terekspos (termasuk tailing)	P	P	P	P
Angkutan kereta api	P	P	P	P
Pemuatan kapal	P	P	P	P

Catatan: Sel dilambangkan sebagai 'P' jika emisi debu atau partikel utama terjadi dan 'G' jika emisi gas signifikan terjadi serta 'O' jika emisi bau signifikan mungkin terjadi. Perhatikan bahwa dalam beberapa kejadian, masing-masing kegiatan sumber mungkin tidak berlaku: misalnya, pengolahan tidak terjadi di semua lokasi tambang logam. Perhatikan juga bahwa emisi buang dari kendaraan dan mesin belum dimasukkan dalam tabulasi, karena umumnya emisi ini relatif kecil dari segi jumlah dan dampaknya dibandingkan dengan emisi lainnya. Pada beberapa kejadian, risiko bahaya partikel spesifik seperti silika kristal yang dapat terhirup (RCS) atau serat asbes dapat diemisikan.

- Pencemar gas yang paling dikhawatirkan adalah nitrogen dioksida (NO_2).
- Pencemar gas yang biasanya paling dikhawatirkan sulfur dioksida (SO_2). Untuk pengolahan bijih emas, hidrogen sianida dapat diemisikan.
- Emisi gas dapat berisi SO_2 , NO_x dan berbagai senyawa organik yang mudah menguap

Selain emisi yang tercatat dalam Tabel 2.1, ada pula emisi buang dari peralatan penambangan serta kendaraan bermotor, emisi pembakaran spontan (terutama di batubara), dan emisi senyawa organik yang mudah menguap dari bahan bakar dan pelarut. Transportasi batubara dan bijih dari tambang ke terminal ekspor atau pelanggan dapat mengakibatkan emisi yang signifikan, terutama debu.

2.2 Alasan mengendalikan emisi

Dampak emisi udara bergantung pada jenis pencemar, ciri pelepasannya serta sifat lingkungan si penerima. Risiko bahaya intrinsik yang terkait dengan setiap pencemar, seperti bahan partikel, timah hitam, atau sulfur dioksida, didokumentasikan dengan baik (lembar fakta bahan tersedia di Inventarisasi Pencemar Nasional di www.npi.gov.au).

Partikulat dan berbagai emisi gas harus dikendalikan mengingat keduanya dapat membahayakan kesehatan pribadi atau kesehatan flora dan fauna lingkungan, menimbulkan kekhawatiran di antara masyarakat setempat, membahayakan operasi yang aman atau, untuk debu, meningkatkan tingkat keausan mesin yang bergerak. Debu serta bau bisa mengganggu dan menimbulkan keluhan.

Kualitas udara dipengaruhi oleh konsentrasi sejumlah besar zat yang mungkin ada, beberapa terjadi secara alami dan lainnya karena kegiatan manusia. Pencemar yang dikeluarkan dari penambangan dan kegiatan terkait terdiri dari gas dan partikel primer (misalnya debu). Partikel sekunder terbentuk di atmosfer karena reaksi yang melibatkan pencemar utama nonpartikel: contohnya pembentukan dalam kepulan dari partikel sulfat dari emisi sulfur dioksida. Partikel sekunder tidak menjadi perhatian yang signifikan dalam konteks buku pegangan ini.

Debu yang berasal dari kerusakan mekanis batuan dan tanah merupakan emisi yang paling berdampak luas dan berlimpah yang keluar dari tambang, serta mengandung berbagai jenis ukuran partikel. Jumlah bahan partikel tertangguhkan (TSP) merujuk pada spektrum ukuran penuh partikel debu yang terbawa. Yang lebih memiliki relevansi langsung terhadap kesehatan adalah pecahan yang lebih halus, PM^{10} (partikel yang diameternya lebih kecil daripada 10 mikron) dan, terutama, $PM^{2.5}$ (lebih kecil dari 2,5 mikron). Partikel yang lebih halus lebih mudah terbawa ke dalam paru-paru dimana partikel dapat tersangkut serta menyebabkan iritasi dan penyakit.

Walaupun ukuran partikel menjadi fokus perhatian utama dalam standar peraturan, potensi partikel untuk merusak kesehatan juga dipengaruhi oleh sifat kimia dan bentuknya, dan penelitian untuk memperoleh detail mengenai semua aspek ini masih terus berlangsung. Dalam hal debu tanah, mineralogi menjadi kuncinya. Tergantung pada batuan yang ditambang serta ditangani, debu dapat mengandung sejumlah bahan berbahaya yang signifikan yang berpengaruh buruk pada kesehatan pada tingkat paparan yang sangat rendah yaitu seperti pada timah hitam dan logam berat lainnya, silika kristalin, asbes atau nuklida radioaktif. Karena itu kita harus memahami karakteristik emisi partikel untuk memastikan bahwa komponen yang terutama berbahaya dapat dikendalikan dengan baik.

Pada umumnya partikel yang lebih yang selanjutnya akan terbawa angin, bukan yang besar. Partikel yang lebih halus daripada 10 mikron dapat terbawa ke seluruh dunia, partikel ini membentuk kabut yang sering kita lihat pada pagi dan malam hari ketika ada angin kencang. Kekuatan angin, ukuran partikel, kelembaban, porositas, dan kepadatan semuanya berperan dalam menentukan sejauh mana partikel terbawa dari sumbernya. Masyarakat setempat dapat terpengaruh oleh efek gangguan emisi partikel melalui menumpuknya debu di permukaan yang sensitif seperti pencucian, mebel, dan mobil. Keselamatan di dalam dan di luar lokasi dapat terpengaruh buruk oleh awan debu yang membatasi jarak pandang, sehingga risiko kecelakaan kendaraan bermotor meningkat.

Debu meningkatkan biaya pemeliharaan karena menghalangi bagian mesin yang bergerak. Sebagai contoh, masuknya debu ke bantalan menyebabkan oli dan debu bercampur dan membentuk pasta penggerus yang sangat baik sehingga bisa menghancurkan fungsi bantalan itu. Impeler Kipas dapat tertumbuk dan aus di ujungnya oleh partikel debu yang lebih besar (lebih besar daripada 30 mikron). Untuk mengelola kekotoran karena debu, karakteristik material harus dianalisis untuk memperoleh informasi yang akan menghasilkan solusi. Karakteristik partikel yang harus dipahami mencakup mineralogi, distribusi ukuran partikel, kelembaban, porositas, kepadatan dan, dalam beberapa kasus, muatan partikel.

Emisi gas yang muncul dari pembakaran bahan bakar (misalnya, pembangkit listrik) atau pengolahan mineral (misalnya, pemanasan atau peleburan bijih) termasuk pencemar seperti sulfur dioksida dan nitrogen dioksida yang memiliki efek yang sudah ditetapkan secara jelas bagi kesehatan manusia serta diatur secara ketat di dalam lingkungan ambien dan tempat kerja. Emisi bau dapat muncul di sebagian tambang dan proses terkait, seperti pemrosesan serpih minyak, dan pemanasan atau pelindian bijih emas.

Terjadinya bau yang mengganggu, terutama secara rutin, dapat menimbulkan kekhawatiran di masyarakat. Dengan cara yang sama, debu gangguan juga dapat mengakibatkan keluhan. Keluhan biasanya merupakan gejala gangguan yang serius, namun tidak adanya keluhan bukan berarti tidak ada masalah: ada banyak dorongan yang kompleks di balik keputusan seseorang untuk mengajukan atau tidak mengajukan keluhan.

Keluhan dapat mengakibatkan intervensi dari regulator dan program yang berpotensi menjadi mahal serta pengelolaan keluhan dan proses rektifikasi. Jika masalah bau atau debu benar terjadi, setiap keluhan harus diselidiki dengan benar dan ditindaklanjuti dengan pihak yang mengajukan keluhan regulator, serta didokumentasikan sepenuhnya. Pola keluhan bisa menunjuk pada proses spesifik atau kondisi cuaca, menginformasikan desain program pengelolaan reaktif yang menghindari kegiatan tertentu selama kondisi buruk yang telah teridentifikasi.

2.3 Peraturan dan standar

Mengendalikan debu dan emisi lainnya merupakan kewajiban hukum, ditetapkan melalui undang-undang perlindungan lingkungan, kesehatan dan keselamatan kerja, serta gangguan umum. Pihak regulator yang berwenang di berbagai wilayah hukum Australia sudah mengembangkan kriteria khusus untuk mengendalikan emisi dan kualitas udara ambien. Lembaga kesehatan yang berwenang juga mengkhawatirkan risiko emisi dari kegiatan penambangan terhadap kesehatan manusia, baik di lokasi tambang di antara para pekerja maupun di luar lokasi tambang di masyarakat sekitarnya.

2.3.1 Pihak berwenang yang bertanggung jawab

Pengaturan kualitas udara sekitar (di luar tempat kerja) merupakan tanggung jawab lembaga pemerintah di negara bagian dan wilayah, terutama departemen yang bertanggung jawab atas kegiatan penambangan dan perlindungan lingkungan hidup. Arah kebijakan nasional secara luas mengenai perlindungan kualitas udara diberikan oleh Dewan Perlindungan Lingkungan Hidup serta Warisan Australia dan Selandia Baru yang melibatkan Dewan Perlindungan Lingkungan Hidup Nasional (lihat www.ephc.gov.au/).

Di semua daerah yurisdiksi, apa pun pengaturan administrasinya untuk menyetujui dan mengelola kegiatan pertambangan, kriteria kinerja lingkungan hidup yang harus dipenuhi oleh industri dan kegiatan pertambangan ditetapkan oleh lembaga perlindungan lingkungan hidup yang terkait.

2.3.2 Standar, kebijakan, dan panduan

Peraturan kualitas udara tercapai melalui berbagai langkah-langkah di bawah payung undang-undang perlindungan lingkungan. Perlindungan lingkungan hidup atau legislasi serupa pada umumnya ditetapkan di setiap negara bagian menetapkan prinsip dan struktur administrasi secara umum. Rincian peraturan kualitas udara cenderung dimasukkan ke dalam hierarki kebijakan, standar, tujuan serta panduan yang terpisah.

Program federal

Di tingkat federal, Tindakan Perlindungan Lingkungan Nasional (NEPM) merupakan instrumen penting yang mempengaruhi industri pertambangan. Yang paling relevan dari instrumen ini adalah Inventori Pencemar Nasional (NPI) dan NEPM untuk Kualitas Udara Ruang Sekitar (EPHC 2009).

NPI adalah inventori tahunan berbasis web nasional dari emisi 93 bahan berbahaya yang berpotensi menimbulkan risiko bagi kualitas lingkungan. Pertambangan dan kegiatan terkait memberi kontribusi yang sangat signifikan terhadap emisi nasional bahan partikel (termasuk PM_{10} dan $PM_{2.5}$). Menurut jumlah debu yang dipancarkan, kebanyakan tambang diwajibkan untuk melapor ke NPI.

NEPM untuk Kualitas Udara Ambien menetapkan sasaran, tujuan, protokol, dan pedoman kualitas udara ambien, terutama untuk enam jenis pencemar. Tabel 2.2 mencantumkan standar dan tujuan.

Tabel 2.2: standar dan tujuan NEPM Udara Ambien

Pencemar	Periode penghitungan nilai rata-rata	Konsentrasi maksimum	Tujuan dalam waktu 10 tahun keterlampauan maksimum yang dibolehkan
Karbon monoksida	8 jam	9,0 ppm	1 hari per tahun
Nitrogen dioksida	1 jam	0,12 ppm	1 hari per tahun
	1 tahun	0,03 ppm	tidak ada
Oksidan fotokimia (sebagai ozon)	1 jam	0,10 ppm	1 hari per tahun
	4 jam	0,08 ppm	1 day per year
Sulfur dioksida	1 jam	0,20 ppm	1 hari per tahun
	1 hari	0,08 ppm	1 hari per tahun
	1 tahun	0,02 ppm	tidak ada
Timah Hitam	1 tahun	0,50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	tidak ada
Partikel sebagai ¹⁰	1 hari	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5 hari per tahun

PM_{10} = bahan partikel berdiameter kurang dari 10 mikron, ppm = ppm = parts per million (bagian per juta), $\mu\text{g}/\text{m}^3$ = mikrogram per meter kubik

Catatan: Ini adalah standar dan tujuan yang ditetapkan oleh Dewan Perlindungan Lingkungan Hidup Nasional pada bulan Juli 2003; standar dan tujuan sedang ditinjau ulang saat buku pegangan ini disiapkan.

Standar udara ambien NEPM tidak dirancang secara khusus untuk mengatur kualitas udara ambien di dan di luar batas masing-masing fasilitas industri dan pertambangan. Namun demikian, standar ini sama dengan, atau mirip dengan, kriteria yang dibuat untuk tujuan itu oleh berbagai peraturan negara bagian dan wilayah.

Kriteria $50 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{PM}_{10}$ secara khusus telah menyebabkan masalah penafsiran dan kepatuhan pada industri pertambangan, misalnya, di Hunter Valley di mana emisi gabungan dari beberapa tambang dapat mempengaruhi kualitas udara di masyarakat sekitarnya. Namun setiap saat sumber emisi lainnya (latar belakang) dapat menjadi signifikan. Untuk proyek-proyek pertambangan yang berkomitmen untuk menerapkan pengendalian praktik terbaik, kriteria $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sering digunakan sebagai tujuan bertahap, yaitu, konsentrasi di atas emisi latar belakang dari sumber lain. Sebagai contoh, di Victoria, konsentrasi total sebesar $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berlaku untuk tambang dan kuari.

Di banyak bagian Australia standar $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 24 jam dapat dilanggar karena efek dari kebakaran hutan, pembakaran disengaja atau badai debu beberapa hari setiap tahunnya.

Terkait dengan partikel halus yang lebih berbahaya, penasehat NEPM untuk PM telah menetapkan nilai numerik untuk $\text{PM}_{2,5}$:

- rata-rata tahunan 8 mikrogram per meter kubik
- 25 mikrogram per meter kubik rata-rata maksimum 24 jam (EPHC 2003).

Pada tahap ini, standar $_{2,5}$ yang disarankan secara tidak formal merupakan bagian dari kriteria penilaian yang digunakan dalam peraturan oleh semua negara bagian. Sebagai contoh, protokol RUU *Victoria untuk pengelolaan lingkungan hidup-industri pertambangan dan ekstraktif* menetapkan kriteria penilaian sebesar $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (rata-rata 24 jam) (EPA 2006).

Program negara bagian dan wilayah

Pihak berwenang di negara bagian dan wilayah yang bertanggung jawab atas kualitas udara telah menerapkan kebijakan dan pedoman khusus tentang kualitas udara ambien ke dalam kerangka kerja legislatif mereka. Namun secara umum, tujuan konsentrasi udara ambien untuk mengendalikan debu dan emisi lainnya dari tambang serta industri terkait sama di seluruh yurisdiksi, dan mencerminkan dengan erat standar yang telah ditetapkan di dalam Tabel 2.2. Namun demikian, penting untuk mengetahui batas yang sebenarnya dan penerapannya di setiap daerah yurisdiksi: misalnya, apakah batas itu mutlak atau dalam jumlah sedikit boleh dilewati beberapa kali per tahun?

Selain partikel udara, debu yang mengendap menjadi masalah kenyamanan utama yang terkait dengan penambangan. Di beberapa negara, tidak ada panduan formal mengenai pengendapan debu ini, terutama karena hubungan antara laju pengendapan dan kemungkinan terjadinya gangguan atau keluhan tidak langsung terjadi. Di New South Wales, panduan pengendapan debu di wilayah pemukiman adalah maksimal 4 gram per meter persegi per bulan secara total, sementara pengendapan yang disebabkan kegiatan yang baru tidak boleh melebihi 2 gram per meter persegi per bulan. Panduan ini, atau yang serupa, diterapkan di sebagian besar negara bagian. Semua negara bagian memiliki kebijakan dan panduan terkait dengan pengelolaan bau, yang ditujukan untuk menghindari potensi gangguan di masyarakat yang terkena dampak.

2.4 Pemantauan

Pemantauan kualitas udara pada umumnya dibutuhkan untuk menetapkan kondisi dasar untuk digunakan di dalam penilaian kualitas udara sebelum proposal pertambangan diputuskan. Pemantauan juga mungkin diperlukan setelah operasi dimulai, baik untuk validasi model maupun sebagai bagian dari kelanjutan rencana pengelolaan kualitas udara. Pembaca di sini juga dirujuk ke Mengevaluasi kinerja: buku pegangan praktik terbaik pemantauan dan audit (DRET, 2009).

2.4.1 Pemantauan desain dan logistik

Desain yang wajar dan operasi program pemantauan melibatkan beberapa pertimbangan strategis dan logistik. Banyak program pemantauan gagal menghasilkan nilai potensial melalui perencanaan yang tidak memadai dan kendali kualitas yang buruk.

Tujuan dari pemantauan mempengaruhi desainnya. Jika diperlukan sebagai bagian dari studi dasar, yang berwenang akan memerlukan pengumpulan data dalam periode tertentu (biasanya paling sedikit satu tahun) untuk menangkap variasi musiman. Ini diperlukan untuk mematuhi standar yang diterima untuk instrumen pilihan, pemilihan lokasi, kalibrasi dan pengelolaan data. Jika pemantauan diperlukan untuk kepatuhan dan validasi model sebagai bagian dari kondisi lisensi, persyaratan yang sama akan berlaku. Namun demikian, jika pemantauan debu dimulai untuk pengelolaan waktu nyata, dimana daya respons serta fleksibilitas lebih penting daripada ketepatan data, pemanfaatan instrumen yang sesuai dengan Standar Australia atau otoritas berwenang lainnya tidak menjadi begitu penting.

Studi dasar

Jika sebuah program pemantauan diperlukan sebagai bagian dari kajian dasar kualitas udara, agen yang mengawasi proses persetujuan harus menjelaskan pemantauan spesifik apa yang diharapkan. Untuk tambang, aspek relevan biasanya debu, umumnya diwakili oleh PM_{10} . Program pemantauan mungkin memerlukan pengukuran TSP, PM_{10} atau $\text{PM}_{2,5}$, secara bersamaan atau kombinasi dari ketiganya (PM_{10} adalah indikator yang paling banyak dipakai, sementara $\text{PM}_{2,5}$ sering dipertimbangkan di beberapa

yurisdiksi). Berbagai jenis instrumentasi dapat mencapai hal ini, namun pilihan instrumen akan menentukan apakah mengumpulkan data kontinu yang dirata-ratakan selama periode 10 menit, atau 24 jam, misalnya, mungkin dilakukan.

Pengukuran selama interval yang pendek (misalnya 10 menit) memberi dasar yang lebih baik untuk mengenali dan memahami sumber-sumber emisi. Namun demikian, ini juga membutuhkan data meteorologis: sekurang-kurangnya pemantauan simultan tentang kecepatan dan arah angin. Stasiun cuaca yang telah dikonfigurasi dengan baik turut menjadi bagian dari program pemantauan kualitas udara juga akan mengukur fluktuasi kecepatan dan arah angin (fluktuasi merupakan indikasi adanya turbulensi), radiasi matahari atau bersih, suhu, curah hujan, tekanan udara, dan kelembaban. Stasiun ini juga mungkin memiliki sensor angin dan suhu di dua atau lebih tingkat di atas tanah.

Pemantauan endapan

Aspek debu yang paling langsung memengaruhi lingkungan sekitar operasi pertambangan adalah luruhan atau endapan. Akumulasi timbunan debu menyebabkan gangguan karena dampak estetikanya serta kebutuhan untuk sering membersihkan. Pemantauan endapan debu menggunakan pengukur debu adalah metode sederhana dan lebih langsung mengukur penyebab keluhan daripada metode yang mengukur konsentrasi debu tersuspensi (PM_{10} , $PM_{2.5}$ or TSP).

Pengukuran endapan debu standar melibatkan pengumpulan sampel pasif selama periode 30 hari, sementara sebagian besar masalah penumpukan debu disebabkan oleh peristiwa yang singkat, biasanya selama beberapa jam. Sampel standar 30 hari tidak menunjukkan apa pun tentang waktu luruhan, dan mungkin bukan indikator yang sangat baik dari tingkat gangguan yang disebabkan. Namun demikian, jenis pemantauan endapan ini tetap sering dilakukan karena relatif murah dan sederhana.

Pemantauan emisi bersasaran

Dalam beberapa kasus, mungkin ada masalah spesifik di lokasi yang lebih memerlukan pemantauan bersasaran. Misalnya, jika batuan mengandung silika dalam jumlah signifikan, konsentrasi silika kristalin yang dapat terhirup harus diukur. Jika ada komponen radioaktif, pemantauan nuklida radioaktif dan/atau radon mungkin penting. Untuk sebagian besar proposal dan operasi pertambangan, pemantauan pencemar gas seperti sulfur dioksida untuk keperluan dasar lingkungan atau kepatuhan tidak perlu dikhawatirkan.

Untuk tambang yang beroperasi, ambang batas laporan tahunan ke NPI atau skema Pelaporan Gas Rumah Kaca dan Energi Nasional mungkin akan terpicu. Pelaporan program ini melibatkan berbagai metode, biasanya metode 'baku', metode sederhana yang menggunakan perhitungan faktor emisi yang memerlukan input data pada karakteristik bahan, laju aktivitas dan keluaran: misalnya, estimasi emisi PM_{10} dari jalan angkutan membutuhkan masukan data tentang massa kendaraan, jarak perjalanan, kandungan lumpur jalan, dan curah hujan harian.

Namun, faktor emisi relatif sederhana, terutama bila digunakan dengan baku daripada dengan nilai khusus untuk lokasi itu untuk berbagai input. Oleh karenanya, faktor ini dapat diputuskan untuk mengumpulkan lebih banyak data spesifik lokasi (misalnya tentang kandungan lumpur jalan). Bergantung pada sumber emisi spesifik serta pencemar yang dipertimbangan, akan ada satu atau beberapa parameter yang akan diukur di lokasi agar data emisi yang lebih dapat diandalkan dapat diperoleh. Program pemantauan ini bersifat sukarela, dan biasanya memerlukan beberapa masukan atau saran dari spesialis.

Pemilihan instrumen

Pemilihan instrumen pemantauan merupakan langkah penting, dan perlu memperhitungkan setiap standar yang diperlukan (seperti Standar Australia, standar Badan Perlindungan Lingkungan Hidup Amerika Serikat, dan metode yang disetujui oleh lembaga pengatur negara bagian yang berwenang), terutama jika pemantauan ini dilakukan dalam rangka melaksanakan kepatuhan atau ketaatan pada hukum. Pemilihan ini juga perlu mempertimbangkan biaya, kebutuhan pemeliharaan, kebutuhan daya, lokasi (misalnya paparan terhadap angin), keamanan dan aksesibilitas lokasi.

2.4.2 Kualitas data

Banyak program pemantauan tidak cukup memperhatikan maksimalisasi kuantitas dan kualitas data. Hilangnya data dapat diperkecil dengan pemeriksaan dan pemeliharaan peralatan secara rutin. Semakin cepat masalah sensor atau pencatatan dikenali, semakin baik kemungkinan masalah diperbaiki dengan cepat dan kehilangan data dikurangi. Hasil terbaik dapat dicapai dengan menyediakan data secara waktu nyata atau diunduh secara rutin serta diperiksa sekurang-kurangnya setiap hari.

Kualitas data sangat penting, namun sering diabaikan begitu saja. Pemeliharaan dan kalibrasi instrumen secara berkala membantu memastikan kualitas data yang baik, namun data harus secara teratur disaring dan diperiksa. Perangkat lunak pemeriksa data waktu nyata dengan alarm yang dikomunikasikan kepada pengguna memberi hasil paling baik, namun 'pemeriksaan sebenarnya' atas data oleh staf ahli juga sangat berguna. Pemeriksaan harus dilakukan untuk menguji apakah data masuk dalam rentang yang diharapkan untuk musim dan waktunya, dan apakah hubungan yang diharapkan antara parameter yang diukur sudah ada (misalnya apakah kecepatan dan suhu angin meningkat di siang hari). Jika pencilaan data diidentifikasi dan diperiksa secara rutin, kesalahan instrumen akan dapat cepat ditangani.

Pada akhirnya, program pemantauan harus bertujuan untuk secara konsisten mencapai pengembalian data sekurang-kurangnya 90 persen sampai 95 persen. Persyaratan tingkat kinerja spesifik dapat ditentukan oleh regulator, ini harus diperiksa. Pemantauan di lokasi terpencil tanpa listrik menimbulkan masalah logistik tertentu, sehingga mungkin perlu untuk menggunakan pengambilan sampel berdaya rendah dengan pengisian ulang menggunakan tenaga surya daripada instrumen yang lebih standar seperti pengambil sampel bervolume tinggi atau TEOM (tapered element oscillating microbalances) yang membutuhkan daya 240 volt. Ada risiko kehilangan data yang lebih besar dari lokasi yang dipantau dari jauh.

2.5 Pemodelan

Model dispersi kepulan secara rutin digunakan untuk menginformasikan analisis dampak kualitas udara, baik untuk memprediksi peristiwa atau menganalisis peristiwa sebelumnya. Model ini juga dapat digunakan dalam pengelolaan kualitas udara waktu nyata. Kebutuhan untuk model waktu nyata berbeda dari yang biasanya digunakan untuk penilaian kepatuhan.

2.5.1 Deskripsi dasar model

Model dispersi kepuluan secara matematis mensimulasikan dispersi (dan pengendapan) pencemar di atmosfer setelah keluar dari sumber emisi spesifik yang telah ditetapkan. Dewasa ini, ada dua jenis model dispersi utama yang sering digunakan: tunak (steady state) dan tidak tunak (non-steady state).

Model tunak berasumsi bahwa untuk setiap perhitungan kepuluan (biasanya rata-rata per jam), kondisi meteorologi pada jam itu berada dalam keadaan tunak (steady state), yaitu selalu dan akan selalu sama. Contohnya adalah model regulasi Australia AUSPLUME, yang merupakan model kepuluan tunak Gauss, yang dinamakan seperti ini karena berasumsi bahwa material kepuluan, jika dirata-ratakan seiring waktu, memiliki distribusi Gauss atau normal di sekitar garis tengah kepuluan. Dalam melakukan perhitungannya, langkah AUSPLUME dari satu jam ke jam berikutnya menggunakan data meteorologi untuk jam itu untuk menghitung distribusi material kepuluan dengan sisi melawan arah angin dari sumber. Asumsi keadaan tunak artinya setiap jam tidak tergantung pada jam lainnya.

Model keadaan tunak, di lain pihak, melacak lokasi segmen kepuluan seiring waktu. Ini artinya variasi dalam angin dan parameter meteorologi lainnya yang mempengaruhi konsentrasi permukaan tanah dapat memberikan pengaruh pada pola kepuluan yang diprediksi.

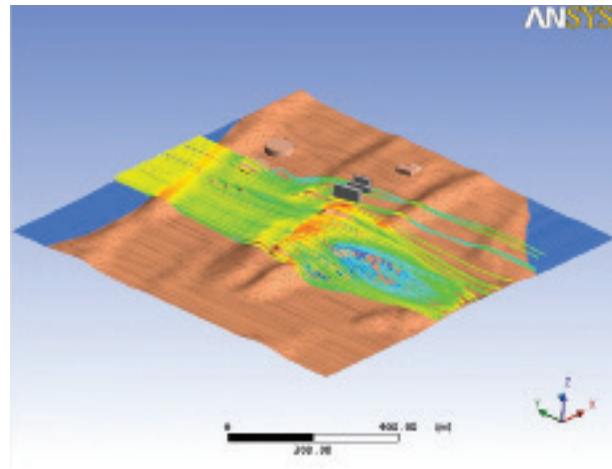
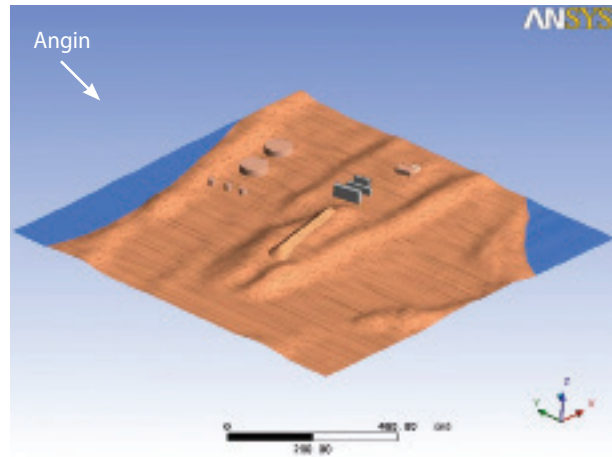
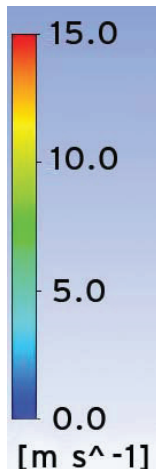
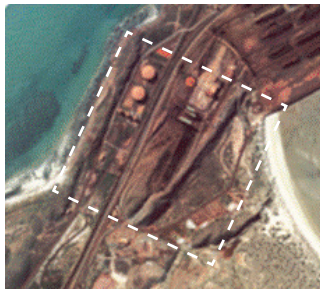
2.5.2 Penerapan pemodelan

Meskipun terkadang perbedaan besar dalam model dihasilkan untuk situasi tertentu, model keadaan tunak seperti AUSPLUME digunakan secara luas untuk tujuan regulasi. Namun demikian, model keadaan tidak tunak yang lebih canggih, seperti TAPM (Model Polusi Udara) yang dikembangkan oleh CSIRO, dan model CALPUFF yang dipilih oleh Badan Perlindungan Lingkungan Hidup Amerika Serikat, semakin banyak digunakan seiring membaiknya biaya dan aksesibilitas mereka.

Penerapan utama model dispersi adalah:

- memprediksi dampak kegiatan yang diusulkan seperti tambang atau peleburan logam/smelter
- merancang ketinggian cerobong asap atau sistem kontrol emisi
- membagi dampak ambien dari emisi ke sumber tertentu
- peringkat sumber emisi dalam hal prioritas untuk menerapkan kontrol
- menganalisis peristiwa kualitas udara sebelumnya
- memperkirakan laju emisi (dengan pemodelan perhitungan balik yang dapat sangat berguna untuk memperkirakan emisi debu dari sumber area).

Computational fluid dynamics (CFD) menghasilkan model dinamis yang mensimulasikan aliran udara di atas dan di sekitar benda dan penghalang, atau dalam ruang tertutup dan setengah tertutup. Model CFD memiliki banyak penerapan, mulai dari membantu dalam desain ruang pembakaran dan sistem ventilasi, hingga merancang hambatan untuk mencegah terangkatnya debu. Terkait debu, debu sangat berguna dalam memahami sejauh mana debu akan terbawa, di mana debu akan jatuh, dan seberapa efektif hambatan angin nantinya.



Contoh garis aliran udara CFD dimodelkan menggunakan dinamika fluida terkomputasi. Sumber: Richard Meloy, Rio Tinto.

2.5.3 Pemodelan dampak kumulatif

Untuk penilaian tambang baru atau sumber emisi, tingkat debu saat ini (atau pencemar lain yang relevan) perlu diperhitungkan. Untuk pencemar yang memiliki sumber-sumber yang terdefinisikan dengan baik, seperti sulfur dioksida, menyertakan sumber-sumber baru serta sumber-sumber yang ada atau sumber latar belakang dalam model dan menghasilkan hasil yang dapat diterima. Namun untuk partikel, penghitungan sumber latar belakang lengkap tidak mungkin: latar belakang partikel udara berasal dari berbagai kegiatan lokal dan jauh seperti erosi angin alam, pertanian, industri dan transportasi.

Dalam hal PM10, misalnya, pendekatan yang terbaik adalah melakukan pemantauan dan menerapkan hasil sebagai latar belakang yang akan ditambahkan sumber barunya. Tergantung pada kepekaan dari aktivitas dan kebutuhan peraturan, latar belakang dapat dimasukkan baik sebagai nilai tetap, seperti persentil ketujuh puluh dari nilai harian, atau variasi latar belakang sebagai harian atau per jam. Namun demikian, terutama di mana ada beberapa tambang atau sumber lain di dekatnya, seperti di Hunter Valley, pemodelan dampak kumulatif tidak lugas dan memunculkan ketidakpastian.

2.5.4 Validasi model dan ketidakpastian

Semua model adalah penyederhanaan dari dunia sebenarnya dan membawa ketidakpastian yang melekat, serta ketidakpastian yang terkait dengan ketidakakuratan input data. Data emisi yang digunakan dalam penilaian dampak dapat berubah secara signifikan jika terjadi kesalahan, terutama jika penilaian menunjukkan perbedaan kecil antara dampak yang diprediksi dan batas yang dapat diterima, agensi yang menyetujui proposal pertambangan mungkin perlu memvalidasi model yang dibutuhkan.

Setelah operasi berjalan, ini akan melibatkan pemantauan ambien PM_{10} (atau indikator kualitas udara penting lainnya) dan meteorologi untuk satu atau dua tahun, kemudian menyusun inventarisasi emisi yang lebih akurat. Dengan data baru, model ini kembali dijalankan dan hasilnya dibandingkan dengan PM_{10} yang telah diukur. Setelah model tervalidasi ada, setiap ekspansi atau perubahan emisi di masa yang akan datang dapat diprediksi dengan tingkat kepastian yang lebih tinggi.

2.6 Rencana pengelolaan kualitas udara

Rencana pengelolaan kualitas udara atau debu adalah suatu cara sistematis untuk menangani atau menghindari masalah, dan mungkin diperlukan sebagai bagian dari persetujuan lingkungan untuk mengoperasikan tambang.

Mengidentifikasi solusi rasional dan efektif untuk masalah kualitas udara memerlukan pemahaman alam yang mendalam, sebab dan akibat dari masalah. Sebagai contoh, jika ada risiko dampak gangguan debu di komunitas lingkungan sekitar selama angin utara kering, rencana ini perlu mengidentifikasi sumber debu utama (seperti jalan angkut atau pembuangan tanah lapisan atas) dan mempersiapkan aksi mitigasi (seperti peningkatan penyiraman, pengurangan aktivitas pengangkutan atau lokasi kegiatan alternatif) untuk saat-saat ketika angin ini terjadi. Menghimbau komunitas mengenai risiko dan tindakan yang perlu diambil juga penting. Jika ada keluhan, keluhan ini harus ditangani dan didokumentasikan secara sistematis mulai dari waktu penerimaan, tahapan konsultasi dan penyelidikan, sampai mereka diperbaiki.

Dengan kata lain, sebuah rencana harus lebih dari sekadar daftar tindakan yang terisolasi. Elemen penting program pengelolaan meliputi:

- tujuan yang telah terdefinisikan dengan baik
- metode pelaksanaan yang tepat
- pengawasan yang efektif dan penilaian kinerja terhadap target kepatuhan
- garis tanggung jawab yang didefinisikan dengan baik
- keterdengaran (*audibilitas)
- komunikasi informasi penting bagi para pemangku kepentingan
- tinjauan program berkala berdasarkan kinerja terukur.

2.7 Pengendalian

Ada banyak pengendalian yang dapat diterapkan dalam memecahkan masalah debu, termasuk menggunakan air, bahan kimia, atau penghalang angin, dan mendesain peralatan penanganan material.

Proses yang paling efektif untuk menentukan cara pengendalian mana yang digunakan untuk mengurangi debu adalah memahami metode pengendalian dan apakah berlaku untuk situasi tertentu, dan penggunaan hierarki pengendalian untuk membuat pilihan akhir.

2.7.1 Hierarki pengendalian

Upaya mengendalikan berbagai jenis emisi harus mengikuti hierarki pengendalian teknik: sumber, lalu jalur dispersi, selanjutnya penerima. Pengendalian yang paling menguntungkan biasanya diterapkan di sumbernya, sehingga emisi diminimalkan atau bahkan ditiadakan. Ini paling efektif untuk sumber yang memiliki ukuran kecil dan dapat ditutup untuk mengaktifkan penyaringan atau bentuk penangkapan dan pembuangan lainnya. Pengendalian sumber tidak selugas untuk sumber area atau jalan dimana penggunaan air atau bahan kimia biasanya lebih efektif.

Jika emisi tidak dapat dihindari, ada peluang untuk mengurangi dampak di tempat-tempat yang terletak searah dengan arah angin dengan memasang sistem sekat angin, dalam bentuk vegetasi maupun struktur rancang bangun. Metode tersebut yang paling efektif jika dekat dengan sumber, pada saat kepulan masih memiliki ukuran yang relatif kecil sehingga demikian dapat lebih mudah dihadapang.

Pilihan yang paling tidak efektif dan paling tidak bisa diterima adalah mengurangi efek di penerima. Ini jarang dilakukan, namun dapat dilakukan dengan cara full-AC atau menanggung biaya pembersihan rutin di tempat penerima.

2.7.2 Debu

Debu secara dominan merupakan masalah emisi udara paling umum yang terkait dengan pertambangan dan penggalian. Aktivitas penambangan atau penggalian berikut dapat menyebabkan emisi partikulat:

- gerakan tanah lapisan atas, bahan mentah atau produk serta limbah atau lapisan penutup
- peledakan, pertambangan, pengangkutan, penyerahan, penumpukan, pemuatan (ke atas kereta dan/atau kapal) serta pengambilan kembali bahan
- pembukaan lahan terbuka
- perantara ke lalu lintas tinggi pada jalan yang tidak diaspal
- penggunaan bendungan tailing yang permukaannya telah mengering namun belum diolah untuk memitigasi debu (terutama jika peralatan didorong di atas permukaan).

Sebelum pilihan pengendalian akhir dapat dibuat untuk mengatasi situasi tertentu, memperoleh pemahaman tentang karakteristik penting dari debu yang akan dikontrol sangat penting. Karakteristik ini adalah karakteristik material dari debu, karakteristik kelembaban, distribusi ukuran dan hidrofobisitas.

Ciri-ciri mineral

Beberapa jenis tanah, limbah serta bahan mentah yang cenderung lebih berdebu daripada material yang lain. Jika mineral lempung ada, ini tidak hanya akan membuat partikulat debu menjadi lebih banyak tetapi juga membuat emisi partikulat menjadi lebih tinggi. Distribusi ukuran juga berperan dalam menentukan tingginya kandungan debu partikulat dari bahan mentah, limbah dan/atau tanah, juga porositas, kepadatan, dan sifat hidrofobik material. Oleh karena itu penting untuk memeriksa yang diketahui tentang karakteristik debu bahan mentah, limbah, dan jenis tanah yang akan terganggu.

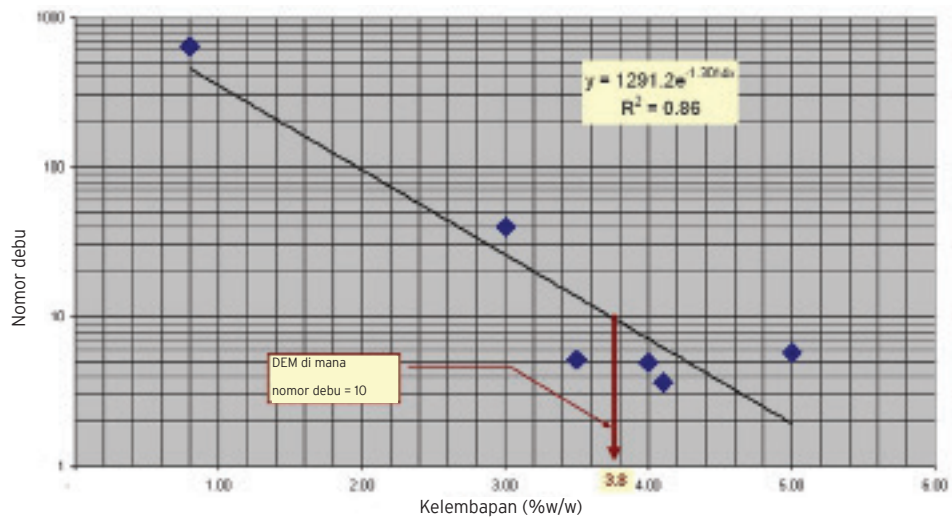
Sejauh mana material menghasilkan partikel halus adalah fungsi dari mineral yang ada. Misalnya, butiran mineral lempung cenderung lebih halus dibandingkan dengan kebanyakan mineral lainnya, sehingga tanah liat biasanya menghasilkan partikel halus dan volume yang lebih besar daripada kebanyakan mineral lainnya. Secara umum tanah liat lebih lembut, kurang padat, dan lebih berpori, dan dapat larut oleh air jika terkena air selama beberapa waktu. Hal ini berarti bahwa tanah liat akan menyerap lebih banyak air per ton daripada kebanyakan mineral lainnya. Oleh karena itu penting untuk memahami mineralogi bahan mentah, limbah dan tanah di area operasional.

Kelembaban

Kelembaban merupakan agen mitigasi paling signifikan yang tersedia untuk mengendalikan emisi partikulat. Pada umumnya kelembaban yang lebih tinggi berarti kondisi yang kurang begitu berdebu. Sayangnya, ada juga titik lembab lainnya di mana sebagian besar material menjadi lengket, yang dapat menyebabkan penyumbatan di pabrik dan menyebabkan material 'menggantung' di truk pengangkut dan gerbong kereta.

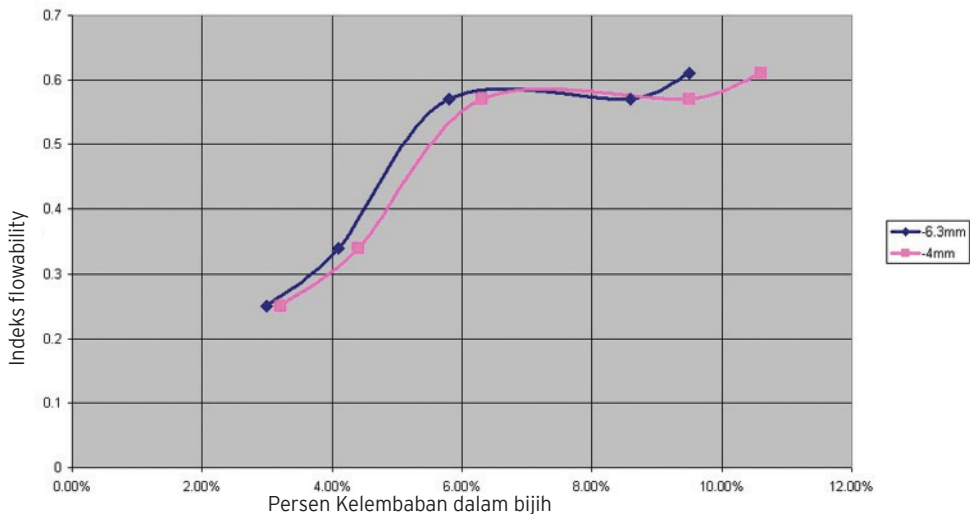
Beberapa faktor kelembaban diuji untuk memahami sifat dan perilaku material. Setiap bahan mentah memiliki dua batas kelembaban yang sangat penting untuk memahami sifat dan perilaku material: kelembaban pemusnah debu (DEM) dan materials handling moisture (MHM). DEM, yang memiliki batas kelembaban lebih rendah, adalah kelembaban di mana materi tersebut tidak lagi berdebu. MHM, yaitu batas atas, adalah kelembaban di mana bahan mentah menjadi lengket dan mulai menyebabkan masalah penanganan material. Batas atas dan bawah ini bukan angka pasti dan harus dilaporkan sebagai rentang, bukan satu titik, sama dengan toleransi yang diberikan dengan spesifikasi teknik.

Dua tingkat ditentukan selama program uji coba yang sama. DEM dan MHM dapat ditentukan dengan material yang dilengkapi penanganan fasilitas pengujian seperti Newcastle Innovation di University of Newcastle. Angka-angka di bawah menggambarkan seperangkat data khas terkait dengan penentuan DEM dan MHM.



DEM (batas kelembaban atas). Sumber: John Visser, Rio Tinto.

Indeks flowability contohnya bijih



Indeks flowability dari bijih besi khas. Sumber: John Visser, Rio Tinto

Karena kelembaban terus diambil dari bahan mentah oleh matahari dan angin, sebaiknya tingkat kelembaban setiap bahan mentah yang akan ditangani disimpan minimal 1 persen atau 2 persen di atas DEM, untuk memastikan bahwa emisi partikulat tidak dihasilkan. Analisis kelembaban diperlukan untuk melacak kelembaban bahan mentah pada saat ditangani dan titik penambahan air harus ditempatkan di semua lokasi yang tersedia.

Tingkat DEM dan MHM dari setiap satuan bahan mentah harus ditentukan oleh pekerjaan pengujian, dan program uji harus dikembangkan untuk melakukan pekerjaan ini. Jika sifat bahan mentah berubah (misalnya, jika ada perubahan dari lembut menjadi kasar, rasio material atau kandungan lempung) DEM dan tingkat kelembaban penanganan materialnya juga akan berubah, sehingga pekerjaan pengujian harus dilakukan lagi. Saat bahan mentah dengan batas kelembaban yang diketahui dicampur, bahan mentah yang dicampur akan memiliki sifat berbeda terhadap bahan mentah yang terpisah, sehingga ada baiknya melakukan pekerjaan uji sekali lagi menggunakan campuran bahan mentah yang telah direncanakan.

Distribusi ukuran partikel

Faktor berikutnya yang mempengaruhi tingkat debu suatu produk adalah distribusi ukuran partikel. Pada umumnya, semakin halus ukuran butiran semakin berdebu sifat dari material tersebut. Butiran yang lebih halus akan lebih ringan oleh karena lebih mudah tertiup. Setelah terbawa angin, butiran yang lebih halus cenderung lebih tetap berada di udara dan karena itu juga terbawa lebih jauh dari sumbernya. Kehalusan tentu saja merupakan fungsi dari mineralogi, namun juga bergantung pada energi yang dilepas ke material dengan peledakan, penghancuran, penggilingan, dan seterusnya.

Gambar 1 Ukuran partikel umum
(kontribusi SIMTARS & Wark K and Werner CF, 1981)



Kelmbutan ukuran partikel. Ukuran partikel ini khas untuk sebagian besar debu, namun debu tambang terkecil bisa berukuran sampai 1 mikron. Sumber: Polusi Udara: Asal dan kendalanya, Wark, K dan Warner, C 1981.

Karakteristik hidrofobik

Partikel emisi partikulat yang sangat kering, sangat halus sering dapat bersifat seperti halnya mereka ini adalah hidrofobik karena tiga alasan:

- Emisi partikulat dapat bermuatan listrik statis, sehingga membentuk awan partikel yang tersebar luas, jika memiliki muatan yang sama dengan tetesan air yang digunakan untuk membasahnya, tetesan air ini dan emisi partikulat akan saling menolak.
- Partikel emisi partikulat dapat bersifat hidrofobik karena bahan kimia atau tegangan permukaan.
- Partikel ini dapat bersikap hidrofobik mengingat setiap partikel memiliki area permukaan yang tinggi, artinya pelapisan partikel dengan air membutuhkan volume air per ton bahan mentah yang lebih besar daripada biasanya.

Pekerjaan uji yang sesuai adalah satu-satunya cara untuk menentukan manakah dari tiga penyebab ini memengaruhi material yang telah dilabeli hidrofobik.

2.8 Tahap Perencanaan

Dampak debu dan emisi lain perlu dipertimbangkan secara cermat dalam fase perencanaan sebuah proyek tambang. Desain serta tata letak setiap operasi sangat penting dalam mencapai operasi yang bebas dari debu. Yang sama pentingnya dalam rangka mengurangi emisi adalah tingkat penilaian lingkungan yang dilakukan serta pendekatan untuk mendapatkan persetujuan.

2.8.1 Penilaian lingkungan

Penilaian kualitas udara lingkungan biasanya diperlukan untuk sebuah proyek baru. Tim penilai harus benar-benar memiliki kualifikasi dan pengalaman yang diperlukan. Banyak waktu dan uang bisa hilang dalam menanggapi pertanyaan regulator yang timbul karena tidak memadainya penilaian kualitas udara. Penilaian tersebut harus selengkap dan seakurat mungkin, mengenali semua potensi sumber emisi serta menilai dampaknya.

Penilaian kualitas udara mungkin memerlukan penentuan kondisi dasar, pengenalan sumber emisi dan ciri-cirinya yang terkait dengan dispersi, pengumpulan data mengenai meteorologi dan laju emisi, pemodelan konsentrasi permukaan tanah dari pencemar utama (biasanya partikel), menjelaskan langkah-langkah mitigasi dan, yang terpenting, menyampaikan informasi kepada masyarakat yang kemungkinan akan terkena dampak.

Protokol RUU Otoritas Perlindungan Lingkungan Hidup negara bagian Victoria untuk pertambangan dengan pengelolaan lingkungan dan industri ekstraktif menetapkan tiga tingkat penilaian proyek:

Penilaian tingkat 1 diperlukan jika pengembangan berada dekat dengan wilayah pemukiman atau area perkotaan serta berpotensi menimbulkan dampak yang signifikan ke luar lokasi tambang. Penilaian ini adalah yang paling ketat serta membutuhkan pemodelan yang paling luas serta pemantauan data.

Penilaian tingkat 2 diperlukan jika usulan pembangunan berada di pedesaan yang lokasinya dekat dengan tempat tinggal warga atau ketika operasi berukuran kecil terletak di area perkotaan. Penilaian tingkat 2 perlu jika usulan pembangunan cenderung tidak meningkatkan dampak ke luar lokasi arena skalanya berkurang, jarak lebih jauh dari wilayah pemukiman atau emisi melekat yang lebih rendah.

Penilaian tingkat 3 perlu jika pembangunan berada di lokasi pedesaan tanpa ada warga yang tinggal di dekatnya. Penilaian tingkat 3 merupakan penilaian terberat mengingat potensi risiko yang lebih rendah yang timbul dari emisi operasi yang diusulkan dibandingkan dengan operasi yang membutuhkan penilaian tingkat 1 atau level 2. Penilaian tingkat 3 mungkin diperlukan ketika pembangunan berskala kecil, di lokasi terpencil yang jauh dari kediaman warga, atau jika dianggap bahwa dampak ke luar lokasi kecil dibandingkan dengan lokasi yang membutuhkan penilaian tingkat 1 atau tingkat 2.

Untuk tambang dan kuari dengan ekstraksi kurang dari 20.000 ton/tahun, kualitas udara tidak memerlukan penilaian dengan pemodelan, namun emisi di lokasi harus dikontrol oleh praktik terbaik penerapan pengelolaan lokasi. (EPA 2006)

Rincian persyaratan khusus akan berbeda dari satu yurisdiksi ke yurisdiksi yang lain, namun contoh dari negara bagian Victoria ini merupakan petunjuk adanya dasar penilaian penilaian lingkungan.

Pencemar utama yang menjadi perhatian terkait dengan debu dan bahan tertentu yang mungkin terkandung di dalam debu (seperti kristal silika atau logam berat). Bagi proposal yang membutuhkan penilaian kualitas udara, biasanya perlu menilai PM_{10} , yang merupakan indikator partikel udara utama. Tergantung pada yurisdiksi dan keadaan di lokasi, mungkin perlu untuk mempertimbangkan $PM_{2.5}$ silika kristalin yang dapat terhirup sampai ke paru-paru (didefinisikan sebagai pecahan $PM_{2.5}$), arsenik, logam berat (misalnya, antimon atau timah hitam), hidrogen sianida, hidrokarbon aromatik polisiklik (seperti benzo-a-pirena), asbestos alami dan nuklida radioaktif atau radon. Pengendapan debu juga mungkin diperlukan. Sebaiknya dapatkan nasihat awal dari badan pengatur.

Pertambangan uranium menimbulkan masalah spesifik seputar potensi paparan radioaktif terhadap pekerja serta masyarakat umum. Bagi anggota masyarakat, jalur terpenting untuk operasi tambang pada umumnya pengangkutan radon dan tertelannya nuklida radioaktif setelah diangkut melalui permukaan air. Bagi tambang yang direhabilitasi dalam jangka pendek, jalur terpenting kemungkinan adalah inhalasi zat hasil peluruhan radon dan pencampuran kembali debu radioaktif, dan iradiasi/penyinaran langsung. Dalam jangka panjang, air tanah dan pengangkutan lewat permukaan air dari nuklida radioaktif dan/atau bioakumulasinya di dalam hewan dan tanaman yang dapat dimakan atau tumbuh di lokasi atau badan air yang terkait dapat menjadi lebih signifikan (DEWHA 2009). Proposal penambangan uranium membutuhkan evaluasi risiko ini secara mendetail.

Beberapa prosedur penilaian dianggap cukup signifikan untuk menjamin dilakukannya penyelidikan publik, untuk memastikan bahwa semua masalah dilayangkan dengan tepat dan keputusan persetujuan dan kondisi yang tepat. Di New South Wales, misalnya, sebagian proyek harus melalui proses audiensi kepada publik oleh panel ahli yang memberi komentar teknis dan rekomendasi bagi pemerintah untuk dipertimbangkan. Contohnya adalah proses yang diminta untuk penilaian proyek batu bara Anvil Hill (sekarang Mangoola) di Hunter Valley. Aspek kunci dari proses ini adalah cara di mana keputusan tentang akuisisi harta milik pribadi dibuat dengan memperhatikan ketidakpastian mengenai keakuratan prediksi model dampak udara dan kebisingan du masyarakat sekitar.

2.8.2 Perencanaan rantai nilai

Cara paling efektif untuk mengelola biaya operasional kelompok secara total, bagian sumber daya manusia dan lainnya harus mengambil pendekatan rantai nilai, hal yang sama juga berlaku untuk mengurangi emisi partikulat. Pengaruh proyek pengurangan emisi partikulat yang dilakukan di lubang penggalian juga akan bermanfaat tidak hanya bagi lubang penggalian dan tambang yang terkait tetapi operasi hilir juga akan memetik manfaatnya.

Akibatnya, penting untuk memahami di mana dan bagaimana proyek mitigasi emisi partikulat dapat dilakukan dalam rantai nilai dan manfaat yang bisa diwujudkan di bagian lainnya.

STUDI KASUS: Proses persetujuan untuk proyek pertambangan batu bara Anvil Hill (Mangoola)

Proposal untuk Anvil Hill (sekarang dikenal dengan Mangoola) tambang batubara yang berada di Hunter Valley of New South Wales digolongkan sebagai proyek utama berdasarkan Bagian 3A dari Undang-Undang Perencanaan dan Penilaian Lingkungan Hidup New South Wales tahun 1979. Setelah hasil penilaian lingkungan (EA) ditampilkan kepada umum, Menteri Perencanaan memberi petunjuk bahwa audiensi independen dan panel independen akan dibentuk sesuai dengan bagian 75G dari Undang-Undang ini, untuk menilai aspek-aspek utama dari proposalnya secara lebih mendetail.

Menurut Undang-Undang, Menteri Perencanaan diminta mempertimbangkan laporan panel untuk memutuskan persetujuan atau penolakan proyek ini. Satu panel ahli menjalankan fungsinya sesuai dengan pengaturan yang dibuat oleh menteri, namun tidak tunduk pada arahan menteri dalam hal temuan dan rekomendasi laporannya. Panel ini membuat laporan temuannya kepada Direktur Jenderal Perencanaan.

Panel mengadakan pertemuan dengan pihak pemangku kepentingan terkait di masyarakat, badan pemerintah dan pemrakarsa proyek di Muswellbrook pada tanggal 17 sampai 19 Oktober 2006. Departemen Perencanaan menerima proposal yang jumlahnya 2.040 lalu panel mendengarkan 28 pengajuan di persidangan.

Selanjutnya Departemen Lingkungan dan Konservasi (sekarang Departemen Lingkungan Hidup dan Perubahan Iklim) awalnya menyatakan bahwa mereka tidak bisa mendukung usulan tersebut, karena dampak-dampak kebisingan, getaran, kualitas udara, terancamnya spesies, warisan budaya Aborigin dan kualitas air. Departemen ini khawatir usulan ini akan 'mewakili dampak yang tidak dapat diterima dari seluruh masyarakat' di Wybong yang berlokasi 20 kilometer sebelah barat Muswellbrook.

Alasan utama keberatannya ialah (mulai dari yang paling berbahaya) emisi gas rumah kaca dan pemanasan global/perubahan iklim; dampak terhadap flora dan fauna, dan air permukaan dan air tanah, kebisingan serta peledakan, debu, dan dampak sosial ekonomi (mengingat dibutuhkannya pembebasan properti yang sangat besar untuk proposal ini).

(bersambung)

Setelah konsultasi yang panjang dan desain tindakan untuk mengatasi kesemua masalah ini, Menteri Perencanaan menyetujui proyek, sesuai dengan kondisi di bawah Undang-Undang (lihat majorprojects.planning.nsw.gov.au/files/6563/Project%20approval%20dan%20conditions.pdf).

Kualitas udara

Panel mengakui bahwa pemodelan kualitas udara mengandung ketidakpastian yang melekat, dan kriteria yang ada tidak sepenuhnya menangani semua aspek dampak debu, terutama terkait dengan potensi gangguan dari penumpukan debu. Oleh karena itu, pada akhirnya bisa terjadi bahwa seiring dengan waktu jumlah properti yang diidentifikasi di dalam EA dan terpengaruh buruk oleh debu dapat bertambah atau berkurang

Masalah utama yang terkait dengan prediksi dampak debu adalah potensi gangguan yang terkait dengan penumpukan debu yang berlebihan, yang cenderung terkonsentrasi dari waktu ke waktu ke dalam peristiwa terpisah. Namun demikian, ada kesulitan dalam mengukur dan menilai peristiwa jangka pendek seperti itu secara memadai, dan konsentrasi PM₁₀ rata-rata 24 jam adalah standar penilaian jangka pendek yang utama.

EA mengidentifikasi langkah-langkah yang diusulkan untuk mengendalikan baik debu yang tertiuap angin maupun debu yang dihasilkan oleh penambangan. Tindakan ini mencakup gangguan terhadap area minimum yang diperlukan untuk pertambangan, dan merehabilitasi daerah yang telah dilapisi kembali dengan tanah, sesegera mungkin, dengan menggunakan gerobak air di area penanganan batubara serta jalan angkut, menggunakan semprotan air pada stok batubara; menggunakan peralatan supresi debu di anjungan pengeboran dan menurunkan pelataran debu, serta membatasi muatan ledakan.

Mengingat beberapa ketidakpastian jumlah dan properti mana yang mungkin terpengaruh oleh konsentrasi 24 jam PM₁₀ di atas 50 µg/m³ kriteria penilaian, kelangsungan pemantauan efektif, pengelolaan debu dan konsultasi masyarakat telah diidentifikasi sebagai persyaratan penting. Panel menunjukkan bahwa program pembebasan properti selanjutnya mungkin perlu diperluas jika kinerja tambang sebenarnya menghasilkan dampak yang lebih tinggi daripada yang telah diperkirakan.

Kondisi Persetujuan 27 untuk proyek ini mensyaratkan program pemantauan kualitas udara yang mencakup paduan pemantauan waktu nyata, pengambil sampel volume tinggi dan pengukur penumpukan debu untuk memantau emisi debu proyek, dan protokol pemantauan kualitas udara untuk mengevaluasi kepatuhan dengan penilaian dampak kualitas udara dan kriteria pembebasan lahan dalam persetujuannya. Kondisi 26 mensyaratkan operator untuk menilai secara teratur kualitas udara waktu nyata dan pemantauan meteorologi serta memindahkan, mengubah, atau menghentikan operasi penambangan sebagaimana yang diperlukan untuk memastikan kepatuhan terhadap kriteria kualitas udara.

Kebisingan

EA menunjukkan bahwa, berdasarkan kondisi operasi dan meteorologi terburuk, proyek ini akan memiliki dampak sedang hingga signifikan pada sejumlah besar properti pribadi pada tahap tertentu proyek ini. Meskipun ada tindakan mitigasi, proyek ini akan menghasilkan dampak kebisingan residual ke sejumlah properti pribadi dalam jumlah besar.

(bersambung)

Jumlah properti yang teridentifikasi di dalam EA yang mungkin lebih terpengaruh oleh kebisingan operasional adalah 179 properti, termasuk 106 properti yang terpengaruh secara signifikan. Pada saat panel membuat laporannya, program pembebasan lahan pihak pendukungnya telah mengurangi jumlah properti pribadi yang terkena dampak menjadi 118 properti, termasuk 49 properti yang terpengaruh secara signifikan. Analisis independen oleh panel menunjukkan bahwa prediksi kebisingan di EA mungkin tidak dipertimbangkan secara mendalam untuk properti di sebelah barat laut, ini artinya ada 10 properti lainnya yang mungkin akan terpengaruh secara signifikan.

Untuk mengimbangi dampak kebisingan, dan mengingat kondisi kebisingan latar yang sangat rendah di wilayah setempat, kondisi kebisingan yang ditempatkan pada proyek secara signifikan lebih ketat dibandingkan dengan pendekatan standar pengelolaan kebisingan. Mereka menyertakan persyaratan bagi pemrakarsa untuk:

- melakukan penanganan kebisingan arsitektur (atas persetujuan pemilik lahan) di
 - semua rumah yang tingkat kebisingan operasionalnya mencapai atau melebihi kriteria kebisingan 35 dBA
 - semua rumah yang tingkat kebisingan lalu lintas dan kereta apinya melebihi kriteria kebisingan jalan dan kereta api yang relevan
- pembelian setiap properti pribadi mana pun (atas persetujuan pemilik lahan) yang mengalami tingkat kebisingan operasional pada atau di atas 40 dBA
- menetapkan dan melaksanakan program pemantauan kebisingan menyeluruh yang mencakup pemantauan secara waktu nyata dari dampak kebisingan dengan maksud untuk mengubah aktivitas penambangan sebagaimana mestinya untuk mengurangi dampak kebisingan.

2.8.3 Dasar pemantauan

Seperti yang diuraikan di dalam Bagian 2.4, dasar pemantauan biasanya diperlukan untuk mengumpulkan informasi spesifik tentang kualitas udara yang ada di lokasi. Tingkat pemantauan akan bergantung pada ukuran potensi dampak serta kepekaan penggunaan lahan di sekitar. Pemantauan biasanya tidak perlu jika lokasi itu jauh dari penerima yang peka dan tidak ada sumber emisi utama lainnya.

Untuk dasar pemantauan, akan memadai kiranya untuk menetapkan satu lokasi pemantauan, namun jika ada lokasi sensitif saat ini di sekitar area proyek, kemungkinan variasi kualitas udara di tempat tersebut harus dipertimbangkan, dan lokasi pemantauan lainnya akan dibuat jika dirasa perlu.

Masalah pemilihan instrumen, tapak, kebutuhan daya, pemeliharaan serta kualitas data harus dipertimbangkan secara cermat. Jika diperlukan jenis penilaian tingkat 1 (seperti yang dijelaskan pada Bagian 2.8.1), maka pengukuran PM_{10} (dan $PM_{2.5}$) perlu dilakukan untuk menganalisis sampel untuk komponen berbahaya seperti kristal silika. Untuk pemantauan PM_{10} , jika diperlukan latar variasi waktu untuk pemodelan instrumen canggih, maka

TEOM diperlukan. Instrumen ini dapat mencatat data setiap 10 menit.

Alternatifnya, pendekatan yang kurang terperinci akan memerlukan pengambil sampel bervolume tinggi tradisional atau pengambil sampel partisol, yang mengumpulkan data rata-rata selama 24 jam.

Ini penting untuk mengumpulkan data meteorologi sebagai bagian dari program pemantauan kualitas udara. Data cuaca penting untuk menafsirkan data kualitas udara dan bisa dipakai dalam pemodelan dispersi. Jika pemodelan ini bisa menunjukkan bahwa data kondisi awal (background data) yang representatif tersedia dari lokasi terdekat, pemantauan mungkin tidak perlu dilakukan.

2.8.4 Pemodelan dan penilaian dampak

Pemodelan dispersi emisi melibatkan input data emisi, meteorologi, medan dan kekasaran permukaan (yang dapat direpresentasikan secara tidak langsung oleh kategori penggunaan lahan). Model memerlukan detail yang agak berbeda untuk titik, volume atau sumber daerah yang akan ditangani. Namun demikian, untuk setiap data jenis sumber di lokasi memerlukan dimensi, ketinggian pelepasan dan laju emisi. Laju emisi dapat dimasukkan sebagai nilai tetap, atau boleh berbeda-beda bergantung musim, waktu hari, atau kondisi meteorologi.

Pada tahap perencanaan, laju emisi proyek harus diperkirakan menggunakan data dan metode terbaik yang ada, karena tidak bisa diukur. Pendekatan paling umum adalah memakai data aktual dari sumber serupa dan mengatur skalanya sesuai dengan ukuran, atau lebih umum untuk menerapkan faktor emisi. Faktor emisi sering dipakai untuk pelaporan NPI, dan didokumentasikan dalam manual NPI (www.npi.gov.au/handbook/index.html) untuk beragam aktivitas. Namun demikian, perkiraan emisi secara melekat rentan terhadap ketidakpastian, dan sensitivitas atas laju emisi pada asumsi dan pilihan data yang terlibat dalam menggunakan faktor emisi harus disadari. Jika memungkinkan, nilai baku yang disediakan untuk berbagai parameter dalam faktor emisi dapat dan harus diganti dengan data spesifik.

Fase perencanaan di awal harus melibatkan perencana proyek dan insinyur di satu sisi dan konsultan kualitas udara di sisi yang lain. Pemodelan awal akan mengenali segala potensi masalah, mengenali sumber emisi tertentu yang kemungkinan berdampak besar. Ini memungkinkan diberikannya umpan balik pada proses desain untuk mengubah tata letak, proses dan yang serupa dan secara berulang mencapai hasil yang memuaskan.

2.8.5 Perencanaan lokasi operasi dan area yang jelas

Dari segi urutan pengendalian, cara terpenting untuk mencegah dampak debu pada operasi penambangan dan masyarakat setempat adalah dengan menghilangkan masalah hingga tuntas. Perencanaan lokasi operasi yang matang merupakan cara terbaik untuk mencegah debu menjadi gangguan.

Jarak dari kegiatan lain dan pertimbangan angin yang ada

Lokasi geografis operasi sedapat mungkin harus berada sejauh mungkin dari setiap penerima yang sensitif (pemukiman, desa, kota, sekolah, rumah sakit, dll). Pertimbangan ini akan memitigasi dampak visual, debu dan kebisingan. Selain itu, lokasi juga harus searah arah angin (untuk angin yang ada) dari pemukiman tersebut. Setelah lokasi dibeli, lokasi tambang, fasilitas, dan gudang harus menjadi pertimbangan pertama dalam desain lokasi. Ketiga lokasi ini harus berada sejauh mungkin, dan searah dengan arah angin kantor atau bengkel.

Ukuran lokasi

Saat mempertimbangkan lahan yang akan dibeli/disewa, semakin besar lokasi semakin baik lokasi itu. Saat lokasi baru didirikan, lahannya relatif murah, jadi saat itu adalah waktu yang tepat untuk membangun lokasi yang besar. Membeli lahan yang besar mencegah terbentuknya pemukiman masyarakat setempat yang lokasinya cukup dekat dengan lokasi dan terganggu oleh operasi di lokasi.

Setelah lokasi beroperasi, orang yang tidak terkait dengan operasi akan pindah ke dekat lokasi itu dan, pada waktunya mereka akan mulai memaksakan kehendak pada operasi dari segi kebutuhan lingkungan mereka. Jika lokasi tersebut cukup besar, dampak operasi pada masyarakat baru ini secara alami akan berkurang.

Bukit atau dataran tinggi setempat

Jangan tempatkan lokasi operasi di area yang tinggi seperti bukit. Ini adalah skenario terburuk yang dapat dipertimbangkan, karena memperburuk efek visual, debu dan kebisingan lokasi di area sekitarnya. Jika lokasi berada di atas bukit, tempat terbaik untuk menjalankan operasi adalah di sisi yang menghadap arah bertiupnya angin (downwind) dari bukit itu. Bukit akan memaksa angin untuk bertiup ke atas dan melewati lokasi sehingga mengurangi dampak negatif yang mungkin dimiliki lokasi di wilayah tersebut.

Kedadaan flora yang ada

Saat menyiapkan konstruksi di lokasi, jangan menebang (atau mengizinkan kontraktor menebang) seluruh pohon, semak, dan rumput yang ada di lokasi. Flora alami berperan penting dalam mengurangi dampak operasi di wilayah tersebut, dengan menyembunyikan infrastruktur, mengumpulkan debu di dedaunan, memperlambat dan memecah angin dan menyerap suara. Daerah tertentu harus ditunjuk dan dikosongkan untuk dijadikan jalan, daerah terbuka, dan lokasi konstruksi serta area lain di lokasi harus ditunjuk sebagai area yang tidak boleh dipakai untuk kegiatan apa pun.

Jalan

Sumber debu yang paling terkenal di lokasi tambang adalah jalan raya. Setiap tahunnya, jalan saat dioperasikan akan menghasilkan jumlah debu udara yang sama dengan debu yang dihasilkan oleh perpindahan bahan mentah. Saat merancang atau merencanakan operasi yang baru, lokasi dan desain jalan harus mempertimbangkan emisi partikel.

Jalan yang dirancang dengan baik biasanya akan bertahan lebih lama serta menghasilkan emisi yang jauh lebih sedikit daripada jalan yang dibangun dengan terburu-buru dan buruk. Jalan dan area parkir yang ramah lingkungan biasanya dilapisi salah satu bahan kimia yang disebut di dalam Tabel 2.5. Jalan yang dibuat dengan mempertimbangkan emisi partikel akan cenderung searah dengan arah angin dari kantor, lantai pabrik, dan sebagainya.

2.8.6 Langkah-langkah mitigasi

Tahap perencanaan harus menetapkan uraian tindakan mitigasi yang mantap yang diperlukan untuk memastikan bahwa operasi di masa yang akan datang dapat memenuhi sasaran kualitas udara. Langkah-langkah ini dapat mencakup:

- penerapan pengendalian keteknikan spesifik pada sumber emisi yang signifikan, seperti sistem penyiraman untuk stok
- ukuran elemen proyek untuk membatasi tingkat emisi
- taktik yang akan diterapkan dalam kondisi yang tidak menguntungkan, seperti pembatasan atau penghentian kegiatan, atau penerapan pengendalian seperti penyiraman, di bawah kondisi cuaca yang kritis.

Aspek penting pada tahap ini adalah memahami implikasi ketidakpastian model untuk tingkat dan jenis tindakan mitigasi yang mungkin perlu setelah operasi berjalan. Jika dampak aktual lebih besar daripada yang diharapkan, tindakan lainnya akan diperlukan, sehingga kemungkinan 'kasus terburuk' harus dipikirkan selama fase perencanaan.

2.8.7 Konsultasi masyarakat

Sebagian besar masyarakat yang berhadapan dengan proyek penambangan yang baru di lingkungannya akan memiliki perasaan negatif terhadap proyek dan mungkin akan berkeberatan dengan usulan tersebut. Tanggung jawab untuk menjelaskan secara lengkap dan terbuka mengenai dampak proyek pada lingkungan, memerhatikan hati kekhawatiran mereka dan, sedapat mungkin bekerja sama dengan mereka dalam menyelesaikan segala kesalahpahaman dan dampak yang tidak masuk akal, ada di pundak perusahaan.

Secara umum kekhawatiran masyarakat dan tingkat negativitas lebih besar jika orang memandang bahwa informasi yang diberikan kepada mereka tidak lengkap, tidak dapat diandalkan atau meremehkan hakikat keberatan mereka. Oleh karena itu, proses konsultasi berbasis teknis secara ketat bisa merugikan daripada menguntungkan, karena biasanya ada kekhawatiran yang bersifat pribadi dan hanya persepsi semata, di samping kekhawatiran yang lebih pragmatis tentang nilai properti, kemudahan dan kontinuitas masyarakat, yang perlu diperhatikan.

Pendekatan sensitif dan serius untuk berkonsultasi dengan masyarakat sangat penting selama fase perencanaan, dan konsultan yang berpengalaman di bidang ini menjadi anggota tim yang penting.

2.9 Eksplorasi, pengembangan, dan fase desain terperinci

2.9.1 Umum

Pada tahap eksplorasi dan desain ini, biasanya jumlah kegiatan yang akan menghasilkan emisi signifikan terbatas. Namun demikian, setiap pengeboran, penggalian dan penanganan atau pengangkutan material yang berpotensi berdampak pada lingkungan sekitar harus dipikirkan. Hal ini mungkin memerlukan pengelolaan lokasi atau waktu kegiatan agar berdampak minimal, dan/atau operasi penyiraman debu di area sensitif terdekat.

Seiring dengan kemajuan rincian desainnya, mungkin dibutuhkan penyempurnaan spesifikasi pengendalian emisi berdasarkan input pemodelan yang lebih baik mungkin diperlukan. Oleh karena itu, keterlibatan dengan konsultan kualitas udara harus terus dilakukan sesuai keperluan. Pemantauan dasar, jika ada, harus sudah berjalan tahap ini.

2.9.2 Penilaian risiko

Sebelum aktivitas penggalian, penilaian risiko operasi harus dilaksanakan. Spesialis lingkungan yang berpengalaman dalam emisi partikel harus dilibatkan untuk memberikan pemahaman yang baik atas efek dari setiap acara yang direncanakan.

Terdapat banyak kasus dalam industri pertambangan di mana pemahaman prinsip-prinsip dasar pembentukan emisi partikel yang salah telah mengakibatkan masalah emisi partikel dan penanganan penyelesaian masalah operasi tambang menjadi tidak sebanding. Situasi seperti ini dapat dihindari jika penilaian risiko dilakukan, jika tim penilaian risiko dibekali keterampilan yang diperlukan.

2.10 Fase Konstruksi

Selama fase konstruksi, ada berbagai kegiatan, seperti penggalian dan pembuatan jalan, yang menghasilkan debu, mungkin pada tingkat yang lebih tinggi daripada selama tahap operasional, setidaknya di sebagian kecil lokasi proyek. Jika bagian dari lokasi itu dekat dengan area yang sensitif, pengendalian emisi debu perlu dijadikan perhatian, terutama dalam kondisi kering dan berangin yang merugikan.

Setiap pemantauan dasar akan terus dilakukan pada tahap ini. Selain itu, jika ada potensi dampak debu pada lingkungan sekitar yang muncul dari konstruksi, situasi ini mungkin memerlukan pemasangan satu atau beberapa instrumen pemantau debu yang bisa dipakai (di batas atau lokasi sensitif) untuk menangkap data sebenarnya dan mengirim alarm saat konsentrasi debu yang telah ditetapkan tercapai. Dengan cara ini, kegiatan dapat dikendalikan untuk meminimalkan peristiwa gangguan debu dalam jangka pendek sebagai tanggapan atas kemampuan peringatan dini. Jenis instrumen yang tidak sesuai dengan standar peraturan dan tidak bisa dipakai untuk pemantauan kepatuhan, tetapi sangat berguna untuk pengelolaan waktu nyata.

2.11 Fase operasi

Saat fase operasional, masalah emisi utama dan kualitas udara terjadi, dan ini memerlukan rencana pengelolaan berkelanjutan yang ketat dan luwes.

2.11.1 Rencana dan sistem pengelolaan

Rencana pengelolaan masalah debu atau kualitas udara mungkin diperlukan sebagai prasyarat persetujuan. Walau tidak wajib sekali pun, selalu ada alasan untuk menyiapkan rencana untuk menangani setiap masalah yang dapat mempengaruhi operasi.

Sekalipun di tempat dimana tidak ada warga sekitar yang harus dipertimbangkan, pembatasan dampak debu pada keausan mesin atau keselamatan operator kendaraan perlu dinilai. Namun pada umumnya fokus utamanya ada pada pembatasan dampak pada lingkungan sekitar (yang, selain dari warga, mungkin termasuk ekosistem sensitif atau lahan pertanian) serta tetap mematuhi peraturan.

Keberhasilan rencana pengelolaan diukur dengan kinerja terukur: rencana harus lebih dari sekadar dokumen yang dipajang di rak, namun harus menjadi dokumen yang relevan dengan kegiatan sehari-hari, tidak hanya untuk manajer lingkungan namun juga untuk manajemen senior dan operator lokasi.

Bagian penting dari rencana pengelolaan adalah sistem yang terstruktur dengan baik untuk memantau, mencatat, memeriksa kualitas dan melaporkan informasi secara transparan dan konsisten. Semua data memiliki nilai dan dalam beberapa hal mungkin tidak begitu jelas sampai nantinya saat tersedia saat data berkualitas tinggi menjadi penting untuk tujuan seperti penilaian dampak kualitas udara.

2.11.2 Pemantauan

Pemantauan kepatuhan mungkin diwajibkan melalui ketentuan izin di mana badan regulator akan menentukan persyaratan ini. Namun demikian, lokasi pemantauan tertentu mungkin memerlukan negosiasi dengan pemilik tanah, dan perlu ada kelonggaran dalam menemukan lokasi yang sesuai, pasokan listrik, akses yang siap dan sebagainya.

Setelah lokasi pemantauan ditetapkan, pemeliharaan dan kalibrasi yang benar harus dilakukan untuk memaksimalkan diperolehnya data yang andal. Menangkap semua informasi dalam penyimpanan data tunggal juga merupakan fitur yang penting: banyak masalah terjadi saat data diperoleh dari platform yang berbeda dan tidak bisa langsung digabungkan atau dilacak dari waktu ke waktu.

Pemantauan kepatuhan memerlukan sistem yang sejalan dengan Standar Australia yang relevan serta persyaratan regulasi. Untuk pemantauan partikel, ini biasanya memerlukan partisol volume tinggi atau instrumentasi TEOM. Dalam kasus-kasus tertentu, pemantauan khusus atau analisis mungkin diperlukan: misalnya, untuk silika kristal yang dapat terhirup masuk paru-paru, asbestos, nuklida radioaktif atau radon. Dalam hal ini, saran ahli perlu diterima.

Untuk banyak lokasi, persyaratan lainnya untuk pemantauan waktu nyata yang serupa dengan kebutuhan saat fase konstruksi mungkin ada namun kemungkinan pada skala yang lebih besar. Persyaratan mungkin untuk mengatasi kondisi persetujuan atau mungkin sebagai usaha sukarela. Apa pun itu, persyaratan harus ditetapkan di dalam rencana pengelolaan kualitas udara.

Sistem waktu nyata memerlukan berbagai rangkaian pemantauan untuk memberikan indikasi tentang tingkat debu paling singkat 1 menit. Regulator atau konsultan akan dapat menetapkan tingkat pemicu yang sesuai untuk konsentrasi jangka pendek yang memberi tanda akan perlunya intervensi, sehingga dapat memenuhi standar kepatuhan 24 jam. Sebagian besar pemantau waktu nyata mampu mengirimkan sinyal alarm elektronik, suara, maupun visual. Penggunaan sistem waktu nyata harus bertujuan untuk memberi informasi tentang dampak saat ini atau segera dari lokasi yang paling sensitif di sekitar tambang.

Sisi lainnya dari pemantauan waktu nyata ini, pengukuran pengendapan debu menggunakan alat pengukur debu standar yang mengumpulkan sampel selama lebih dari 30 hari merupakan tambahan bermanfaat bagi program pemantauan serta mungkin diperlukan atas persetujuan. Pengukuran pengendapan debu relatif murah dilakukan, namun pengukuran rentan terhadap kontaminasi pada sampel serta vandalisme, selain itu harus cermat dalam menentukan tempat, keamanan dan harus berkoordinasi dengan lingkungan sekitar.

Sebagian besar gangguan debu terjadi sebagai akibat dari peristiwa jangka pendek yang spesifik dan bukan karena akumulasi debu di latar secara bertahap. Karena pengukur debu hanya bisa mengeluarkan laju pengendapan bulanan tanpa informasi peristiwa jangka pendek, hasilnya mungkin tidak terkait dengan tingkat gangguan atau keluhan yang diterima.

Namun demikian, pemantauan penumpukan debu tetap merupakan cara yang umum untuk memperoleh indikasi dampak gangguan, dan penting dalam menentukan tingkat penumpukan komponen berbahaya, seperti timah hitam, berada pada tingkat yang bisa diterima. Serangkaian pengukur penumpukan debu di sekitar batas lokasi dan di dekat lokasi yang sensitif disarankan untuk dilakukan.

2.11.3 Pengendalian dan mitigasi

Berbagai upaya pengendalian dan mitigasi juga berlaku selama fase operasi. Matriks dalam Tabel 2.3 dapat dipakai sebagai titik awal dalam merancang bauran yang sesuai. Matriks ini berisi daftar periksa yang berguna untuk memilih kendali mitigasi yang sesuai dalam berbagai situasi emisi partikel.

Tabel 2.3 Matriks pengendalian dan mitigasi

	Hambatan	Pengambilan	Bahan kimia	Desain	Penghijauan	Kelembaban	Penggantian	Penanganan permukaan
Di lubang penggalian	YA		YA	YA	YA	YA		
Bawah Tanah	YA		YA	YA		YA		
Timbunan stok	YA		YA	YA	YA	YA	YA	YA
Titik transfer		YA	YA	YA		YA		
Jalan	YA			YA	YA	YA	YA	YA
Fasilitas penanganan material	YA	YA	YA	YA		YA	YA	
Operasi peleburan	YA	YA	YA	YA		YA	YA	
Dam tailing, area terbuka	YA			YA	YA	YA		YA

Catatan: Hambatan = bisa berupa pohon, bukit, atau tanggul buatan manusia

Pengambilan = pengumpulan debu menggunakan penyaring udara, pengendap atau scrubber

Bahan Kimia = memodifikasi karakteristik bahan mentah Desain = mengacu pada fase desain yang mungkin menerapkan solusi keteknikan untuk memitigasi emisi partikel

Penghijauan = menanam pohon, semak, rumput

Kelembaban = menggunakan air untuk mengendalikan debu

Penggantian = memakai jalan, kereta api, atau konveyor atau apa saja yang menghasilkan debu paling sedikit

Perawatan permukaan = memakai aspal, beton, bahan kimia dll

2.11.4 Tambang

Jika kandungan air dari produk diubah di tambang maka ada dampak tidak langsung yang menguntungkan di sepanjang rantai nilai/logistiknya. Ini terjadi karena semakin cepat bahan mentah yang baru terpapar dikondisikan oleh air, semakin mudah produk menyerap air nantinya. Manfaatnya berbeda untuk produk yang berbeda namun manfaat berikut dapat diperoleh:

- Kelembaban tambahan akan mengurangi tingkat berdebunya produk, dan bisa mengakibatkan terikatnya partikel sangat halus yang akan menyebabkan partikel itu berfungsi sebagai partikel yang lebih besar yang lebih mudah dikelola.
- Ketika bahan mentah sangat kering dan mudah menjadi debu, penyemprotan air ke ledakan sebelum penambangan tidak hanya mengkondisikan bahan mentah namun juga meningkatkan keselamatan, karena mengurangi tingkat debu partikel yang disebabkan oleh pemakaian sekop atau sendok buldozer. Dengan membasahi bahan mentah sebelum ditambang, jumlah peristiwa sudut pandang yang buruk akan berkurang, dan meningkatkan ketersediaan tambang.



Penyiram bergerak yang umum digunakan di tambang bijih besi di wilayah Pilbara Australia Barat. Sumber: Panduan Operatora Southern Cross SX2500 3500 V2.



Penyiram bergerak ini digunakan untuk membasahi bijih besi di lubang penggalian. Arah perjalanan kendaraan ini adalah menuju jangkar. Rotameter yang digerakkan oleh air memutar kabel hingga ke atas gulungan kabel. Sumber: John Visser, Rio Tinto.

2.11.5 Fasilitas

Prinsip-prinsip dalam bagian ini berlaku untuk kedua fasilitas pengolahan dan semua fasilitas penanganan material. Titik transfer, peralatan operasi dan titik pelepasan di dalam sistem penanganan material ini berpotensi menimbulkan debu yang signifikan selama operasi. Topik di dalam bagian ini menggambarkan berbagai masalah terkait debu tertentu yang timbul pada titik-titik tertentu dalam operasi pertambangan.

Merancang segel dan penutup

Mengikuti hierarki pengendalian, solusi tersukses atas debu yang muncul selama operasi ada pada peniadaan partikel ultra halus dari aliran bahan mentah. Ini dapat dicapai dengan membawa aliran bahan mentah hingga titik DEM. Namun demikian, ini bukanlah solusi yang sempurna, karena sistem penambahan air dapat gagal dan mempertahankan DEM tidak menghasilkan bahan mentah yang bebas dari debu. Penggantian, tingkat berikutnya dalam hierarki kendali, bukan opsi dalam kasus ini.

Pengendalian tingkat ketiga, mencegah debu agar tidak keluar dari aliran bahan mentah, dapat diterapkan dengan memastikan bahwa semua titik transfer dan peralatan operasi di dalam fasilitas berada dalam keadaan tertutup, dan segel penutup berfungsi dengan mempertimbangkan penerapan secara spesifik. Jadi, misalnya, desain dan metode penyegelan untuk penutup penghancur berbeda dengan penutup untuk titik transfer

Perlu dipastikan bahwa, saat aliran bahan mentah memasuki tudung/peluncur transfer, ruang terbuka di dalam pintu masuk itu sedikit mungkin terbuka. Ini akan membatasi volume udara yang tertarik ke dalam saluran, yang nantinya mencegah tertipunya partikel halus saat berada di udara saat jatuh.

Desain segel untuk penutup di lokasi fasilitas tambang harus praktis dan bisa dirawat sehingga operator dapat menggunakannya dan merawatnya agar tetap berfungsi serta mengganti penutupnya setelah bekerja di saluran. Ada beberapa perusahaan yang mengkhususkan diri dalam merancang jenis peralatan seperti ini.

Ketika aliran material memiliki kadar air yang tinggi sebelum dipisahkan menjadi material yang kasar dan halus, tingkat debu aliran lebih kecil daripada tingkat debu dari material kasar dan material halus yang dipisahkan. Ada dua alasan mengapa ini terjadi:

- Bagian yang paling halus cenderung menempel ke partikel kasar sehingga memberikan kestabilan bagi partikel yang halus.
- Partikel kasar menjadi pemecah angin bagi partikel halus yang ada di dekatnya sehingga mengurangi kemungkinan terbangnya partikel setempat.

Efek ini terjadi di konveyor, tumpukan stok, dan truk.

Mengubah aliran bahan mentah

Pelat tumbukan dampak menciptakan partikulat debu dengan menghantarkan energi ke dalam aliran bahan baku yang bergerak dengan mengganti arah aliran dengan cara yang sama dengan berubahnya arah aliran saat bahan baku mencapai bagian atas tumpukan stok. Ini mengakibatkan partikel terpental, membuka aliran bahan mentah dan melepaskan partikel halus yang terjebak dalam aliran udara yang bergerak yang selalu bergerak mengikuti aliran bahan mentah. Selain itu, partikel berujung tajam yang lebih besar sering kehilangan ketajamannya saat membentur pelat tumbukan, yang menyebabkan lebih banyak emisi partikel.

Ada tiga cara untuk mengendalikan emisi partikel yang dihasilkan sebagaimana yang dijelaskan di bagian bawah saluran transfer dan tumpukan stok. Solusi yang sama bisa diterapkan untuk pelat tumbukan di fasilitas tambang yang lain seperti penghancur dan kotak pengumpan layar.

Membalikkan bahan mentah

Terbentuknya debu terjadi di titik pembalikan muatan truk, seperti crusher dump pocket/grizzly feeder, karena material dibiarkan jatuh bebas, material terguncang dan berpindah dari tempatnya, selalu ada zona benturan tinggi yang terkait dengan titik pembalikan kelembaban material biasanya lebih rendah daripada DEM. Ini merupakan tempat yang sangat baik di mana untuk mengubah kelembaban aliran bahan mentah dan/atau menambah bahan kimia yang tepat.

Menggunakan konveyor

Ada tiga potensi sumber debu yang dihasilkan dari pemindahan bahan mentah di sepanjang konveyor:

- pergerakan bahan mentah di atas idler
- getaran struktur konveyor
- kegagalan mekanisme pembersihan sabuk.

Bahan mentah dapat mengakibatkan terbentuknya awan debu lokal di titik-titik tertentu di sepanjang konveyor karena yang dikenakan pada bahan mentah saat sabuk melewati idler dan ke bawah ke dalam lekukan di antara idler. Ini biasanya tidak signifikan, namun partikel halus biasanya jatuh lagi ke konveyor dan dibuang. Namun demikian, jika angin bertiup halus sekalipun, partikel halus ini terbawa dari sumbernya dan awan debu terbentuk. Ada tiga solusi untuk masalah ini.

Yang pertama dan cara terbaik untuk menghentikan hal ini terjadi adalah dengan menambahkan air ke aliran bahan mentah di beberapa titik/aliran hulu sumber debu. 'Aturan praktis' untuk menambahkan air ke dalam aliran material yang bergerak adalah:

- Tambahkan paling banyak 0,5 persen dengan massa air ke aliran bahan mentah yang jatuh bebas pada salah satu titik transfer.
- Jika menambahkan air ke permukaan aliran bahan mentah yang terletak di konveyor, jangan tambahkan lebih dari 0,2 persen per string atau, pada konveyor overland, setiap panjang 350 meter.
- Ingatlah selalu bahwa semprotan harus diarahkan untuk mengarahkan air ke aliran bahan mentah tanpa terkena langsung pada bagian konveyor atau struktur.

Jika air tidak cukup tersedia, karena kurangnya sumber daya air itu sendiri, sistem penyampaian yang memadai atau kurangnya titik transfer di sistem penanganan bahan mentah yang mana air bisa ditambahkan, maka solusi lain yang diperlukan.

Solusi kedua yang bisa diterapkan untuk menghentikan erosi angin dari permukaan bahan mentah pada konveyor adalah dengan memberikan bahan kimia pada aliran bahan mentah dengan yang akan mengikat partikel ultra-halus bersama-sama tanpa memberikan pengaruh buruk pada bahan mentah itu. Bahan kimia ini harus mengandung bahan pembasah yang akan membantu menembus aliran bahan mentah.

Cara terakhir untuk memecahkan masalah adalah dengan memasang penghalang angin di atas struktur konveyor dengan ujung yang terbuka pada sisi lindung angin pada sabuk konveyor agar dapat memberi akses untuk melakukan pemeliharaan. Solusi ini memiliki dua keuntungan: efektif, dan memberikan bukti yang jelas kepada staf dan masyarakat bahwa perusahaan berkomitmen untuk memitigasi debu. Kelemahan dari solusi ini adalah biaya modal serta waktu henti (jika operasi aktif) yang diperlukan untuk pemasangan.

Sumber debu yang sama, jika struktur konveyor tidak dirancang dengan baik, adalah getaran seluruh struktur konveyor. Solusinya adalah dengan mengubah struktur dan menghentikannya agar tidak bergetar.

Penyebab debu yang ketiga adalah debu yang menempel pada sabuk konveyor berjalan dan dihilangkan secara sistematis, sebagian demi sebagian, di setiap return idler. Ini lebih baik jika diatasi dengan memasang stasiun pembersih sabuk yang kokoh dan berfungsi. Ada beberapa pemasok yang memberikan solusi yang bekerja secara konsisten tanpa biaya pemeliharaan yang signifikan. Pemasok ini menyediakan sistem pembersihan kering dan basah; sistem pembersihan basah yang paling efektif dalam menghilangkan debu yang menempel ini.

Titik transfer

Titik transfer melibatkan aliran bahan mentah jatuh yang menghasilkan debu sebagaimana yang telah dijelaskan pada 'Changing the flow of raw material' ('Mengubah aliran bahan mentah'). Titik transfer dapat ditemukan di persimpangan antara konveyor dan proses unit seperti layar, penghancur dan lain-lain atau di antara satu konveyor dengan konveyor yang lain. Titik-titik ini biasanya paling berdebu di seluruh fasilitas tambang.

Debu dibuat di titik-titik transfer dalam tiga cara:

- Partikel halus dilepaskan dari aliran bahan mentah sebagai bahan mentah yang terbawa ke bawah ke titik transfer
- Jika pelat tumbukan digunakan untuk mengubah arah bahan mentah pada saat turun melalui titik transfer, debu akan terus terbentuk di titik ini. Serpihan kecil bahan mentah yang pecah dari batu yang lebih besar karena tumbukan dengan batu besar pada pelat aus (dan bagian baja lainnya) dari titik transfer.

Pelat tumbukan dampak menciptakan partikel debu dengan memberi energi ke dalam aliran bahan baku yang bergerak dengan mengganti arah aliran dengan cara yang sama dengan berubahnya arah aliran pada saat bahan baku mencapai bagian atas timbunan stok. Ini menyebabkan partikel terpental, membuka aliran bahan mentah serta melepaskan partikel halus yang terperangkap dalam aliran udara yang sedang bergerak yang selalu mengikuti gerakan aliran material

- Aliran bahan mentah menyeret udara ke dalam peluncur transfer dan udara ini dikeluarkan di titik akhir sambil membawa partikel debu ultrahalus.

Solusi masalah ini mencapai dua tujuan. Pertama, mengurangi energi dalam aliran bahan mentah pada saat sedang diarahkan melalui titik transfer, melalui disain saluran. Tujuan lainnya adalah mencegah aliran gerakan material agar tidak menyebar, baik ke samping maupun memanjang. Kedua sistem saluran utama adalah:

- Lorong tudung dan sendok. Ada banyak yang negatif seputar sistem lorong transfer jenis tudung dan sendok, karena persepsi modal dan biaya operasinya yang tinggi. Namun demikian, jika dirancang dengan baik, sistem ini dapat memberikan operasi tanpa debu. Manfaat dari titik transfer tudung dan sendok adalah bahwa tidak ada titik tumbukan yang bisa menghasilkan debu, hampir sepenuhnya tidak bersuara, keausan sabuk konveyor berkurang secara signifikan dan tidak ada masalah pemeliharaan yang disebabkan oleh menumpuknya debu.
- Lorong kotak batuan turun. Lorong kotak batuan turun dapat disesuaikan dalam sebagian besar lorong yang ada. Mereka memperkenalkan serangkaian 'kotak batuan' yang terletak di dekat turunan dari atas stasiun transfer ke bawah, meningkatkan jumlah titik tumbukan namun demikian secara signifikan mengurangi energi yang diberikan di setiap jatuhnya dengan mengurangi ketinggian jatuhnya. Jenis lorong tidak dirancang untuk memindahkan material yang halus.



Lorong gaya kotak batuan. Sumber: John Visser, Rio Tinto.

Setiap peluncur akan berdebu jika tidak dipelihara dengan baik. Lubang di sisi dan pelat keausan menjadi jalan keluar partikel halus dari peluncur.

Pemecah kelembaban

Selama proses penyaringan, partikel kasar dan halus dipisahkan satu sama lain. Setelah dipisahkan, maka debu masih tetap lembab karena luas permukaan bawaan yang secara signifikan lebih tinggi dalam debu, dan material kasar dalam keadaan kering. Akibatnya, pada saat partikel kasar terpecah dalam proses hilir dari pemisahan, partikel itu rentan menjadi debu, sehingga memerlukan penambahan air dalam material kasar di titik itu. Faktor ini harus dipertimbangkan selama fase desain dari fasilitas.

Pencampuran kelembaban

Pada umumnya pada saat bahan mentah basah dicampur dengan bahan mentah kering, kelembaban dari bahan mentah basah meringankan sifat debu dari bahan mentah kering hanya dengan bercampur ke dalam bahan halus kering. Ada efek pengurang debu sekunder yang membantu mengurangi tingkat debu dari bahan mentah yang berdebu pada saat dicampur dengan bahan mentah yang tidak begitu berdebu: partikel ultrahalus dalam bahan mentah berdebu akan menemukan partikel tambahan yang dapat melekat.

2.11.6 Jalan

Sumber debu yang paling terkenal di lokasi tambang adalah jalan raya. Setiap tahunnya, jalan pada saat dioperasikan akan menghasilkan jumlah debu udara yang sama dengan debu yang dihasilkan oleh perpindahan bahan mentah.

Material lapisan atas jalan

Pemilihan permukaan jalan tambang atau material 'lapisan atas jalan' penting dalam disain fungsi sebuah jalan. Desain fungsional dari jalan merupakan proses memilih material lapisan atas jalan yang paling sesuai atau campuran material, biasanya berupa kerikil alami atau batu hancur dan campuran kerikil, yang memenuhi pertimbangan keselamatan, operasional, lingkungan (pembentukan debu) dan ekonomi. Material lapisan atas jalan yang paling umum untuk jalan pengangkutan adalah kerikil kecil atau kerikil dan campuran batu hancur.

Material lapisan atas jalan yang dipilih dengan baik tidak akan mengakibatkan debu yang berlebihan. Spesifikasi untuk material tersebut didasarkan pada penilaian produk penyusutan material lapisan atas jalan (Sp) dan koefisien gradasi (Gc), yang diartikan di dalam persamaan berikut:

$$Sp = LS \times P425$$

$$Gc = \frac{(P265 - P2) \times P475}{100}$$

LS	=	Penyusutan bar linear
P425	=	Persen sampel lapisan atas jalan yang melewati ayakan 0,425 mm
P265	=	Persen sampel lapisan atas jalan yang melewati ayakan 26,5 mm
P2	=	Persen sampel lapisan atas jalan yang melewati ayakan 2 mm
P475	=	Persen sampel lapisan atas jalan yang melewati ayakan 4,75 mm

Alat-alat lain untuk memilih material lapisan atas jalan termasuk bagan pemilihan.

Pilihan lapisan atas jalan juga harus dievaluasi mengingat adanya batas ciri material lainnya yang ditetapkan sebagai penting dalam pembentukan debu, sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Rentang rekomendasi parameter untuk memilih material lapisan atas jalan pengangkutan untuk mengurangi terbentuknya debu.

Dampak pada fungsi di bawah kisaran yang disarankan	Parameter material	Rentang rekomendasi	Dampak terhadap fungsi di atas rentang yang disarankan
Mengurangi kelicinan namun rentan lepas dan bergelombang	Produk penyusutan	85-200	Peningkatan tingkat debu dan rendahnya ketahanan gesek saat basah
Bertambahnya batu yang longgar, bergelombang, dan potensi kerusakan pada ban	Koefisien pemeringkatan	20-35	Peningkatan raveling dan tahanan geser yang sangat buruk
Mengurangi tingkat debu namun material yang longgar akan terlepas	Rasio debu	0:4- 0:6	Peningkatan pembentukan debu
Semakin banyak batuan yang terlepas	Batas cairan	17%- 24%	Rawan debu, pengurangan raveling
Semakin banyak batu yang lepas	Batas plastis	12%-17%	Rawan debu, pengurangan raveling
Bertambahnya kemungkinan untuk lepas, hilangnya kekerasan batuan	Indeks plastisitas	4-8	Rentang terhadap debu dan rendahnya ketahanan gesek saat basah
Buruknya kemampuan bergerak kendaraan saat cuaca basah, terguncang, perubahan bentuk yang berlebihan, dan erosi silang, pemeliharaan intensif	Soaked California Bearing ration pada Mod 98% berdasarkan Pejabat Asosiasi Jalan Tol dan Transportasi Negara Bagian Amerika	80	Lebih tahan terhadap erosi, tekanan pada jalan, dan kemampuan bergerak yang lebih baik
Kemudahan pemeliharaan, tidak menyulitkan kendaraan, dan tidak ada kerusakan pada ban	Ukuran partikel maksimum	40 mm	Bagian permukaan yang buruk setelah pemeliharaan, lubang di jalan, dan potensi kerusakan pada ban

Perawatan hanya air vs perawatan kimia

Jalan yang permukaan diberi air saja, tingkat debunya meningkat seiring waktu berjalan. Ini terjadi karena air membiarkan partikel debu berada di tempatnya tanpa melindungi, sehingga lalu lintas di jalan terus menggiling partikel menjadi lebih halus sampai ukuran debu menjadi ultrahalus. Ada beberapa mitigasi saat ini ketika jalan dinilai dan penebalan jalan menjadi bagian dari pemeliharaan jalan yang normal.

Selain itu, jalan yang terlalu basah berbahaya bagi keselamatan, karena permukaan jalan menjadi berlumpur dan licin. Permukaan jalan yang buruk muncul menyebabkan meningkatnya biaya operasional dan pemeliharaan karena keausan ban serta hambatan guling yang tinggi. Permukaan jalan yang tidak terawat juga menyebabkan tingginya biaya operasi kendaraan.

Memang jalan yang dipelihara dengan bahan kimia pun bisa menjadi sumber debu, karena tidak dapat disapu setiap hari namun karena aktivitas penyapuan secara perlahan akan menghancurkan permukaan yang dirawat. Pelapisan ulang semprot seringkali diperlukan untuk mengontrol sumber debu ini. Namun demikian, jalan yang dirawat dengan paliatif kimia dan secara teratur disapu dengan bersih akan membuat fasilitas tidak begitu berdebu dan lebih aman.

Debu paliatif

Dalam arti luas, efektivitas sistem pengurangan debu bergantung pada perubahan kerentanan material lapisan atas jalan terhadap erosi. Pecahan lumpur dan pasir lembut lapisan atas jalan (yang besarnya 2 mikron sampai 75 mikron) bisa menjadi indikasi akan erodibilitasnya.

Motivasi untuk menggunakan beberapa bahan tambahan untuk mengurangi erodibilitas material yang melekat didasarkan pada peningkatan ikatan partikel. Pecahan yang lebih halus, meskipun memberikan kemampuan menempel (kekohesifan), juga menghasilkan banyak debu, terutama pada saat material ini kering. Keberadaan pecahan yang lebih besar dalam materi akan membantu mengurangi erodibilitas pecahan yang lebih halus, demikian pula keberadaan kelembaban, namun hanya pada antarmuka antara permukaan dan gerakan pengikisan mekanis. Ini membentuk dasar teknik supresi debu berbasis air yang paling umum digunakan di jalan yang digunakan untuk angkutan tambang.

Konsekuensi pembentukan debu mencakup:

- hilangnya dan degradasi bahan material pengerasan jalan, hilangnya partikel halus seperti debu dan agregat lebih kasar yang tersapu dari permukaan atau menghasilkan cacat tahanan geser
- menurunnya keselamatan dan meningkatnya potensi kecelakaan bagi pengguna jalan, karena daya pandang berkurang atau terhalang serta kualitas udara lokal yang berkurang
- biaya operasional kendaraan yang lebih tinggi, karena debu menembus mesin dan komponen lainnya serta mengakibatkan peningkatan laju keausan dan pemeliharaan yang lebih sering.

Dari sudut pandang pertambangan, parameter berikut menentukan paliatif debu yang dapat diterima:

- penggunaan semprotan dengan penetrasi dalam (kemampuan menembus bahan padat), atau penggunaan mix-in (yang kurang disukai) membutuhkan persiapan lahan yang minimal (rip, mix-in dan recompact)
- aplikasi langsung membutuhkan pengawasan yang minimal, tidak sensitif dan tidak memerlukan pemeliharaan yang berlebihan atau penggunaan kembali yang dikendalikan secara ketat
- periode penyembuhan produk yang singkat, sehingga jalan dapat digunakan kembali untuk lalu lintas dalam waktu maksimal 24 jam
- ketersediaan dalam jumlah memadai pada harga yang wajar
- ketahanan yang sudah terbukti memadai atau terjamin, efisiensi dan ketahanan terhadap kerusakan karena pencucian, penguapan, sinar ultraviolet dan reaksi kimia dengan pelapis atas atau penebalan di jalan
- efektivitas di musim hujan dan kering
- dievaluasi secara independen terhadap standar keselamatan setempat dan internasional serta persyaratan lingkungan.

Keluasan kelas produk yang tersedia tercantum di dalam Tabel 2.5 yang juga menyediakan alat untuk mengenali kelas paliatif yang akan sesuai dengan penerapan tertentu.

Tabel 2.5 Produk paliatif debu dan parameter penerapan

	Garam higroskopis	Lignosulfonat	Produk berbasis minyak bumi	Lainnya ^a
Keterbatasan iklim	Efektivitas garam longgar dalam periode kering yang panjang dengan kelembaban relatif rendah. Pemilihan bergantung pada kelembaban relatif dan potensi mengairi permukaan jalan.	Mempertahankan keefektifan selama periode kering panjang dengan kelembaban rendah.	Umumnya efektif, apa pun iklimnya, namun akan berlubang (dengan diameter kecil) dalam cuaca basah di mana kandungan material halus pada lapisan permukaan tinggi.	Umumnya efektif, apa pun iklimnya.
Keterbatasan bahan pelapis permukaan jalan	Disarankan untuk digunakan dengan debu permukaan yang moderat (maks 10% sampai 20% <75 mikron yang cocok untuk bahan serat rendah atau penyusutan produk/indeks plastisitas tinggi, CBRb rendah atau bahan licin.	Direkomendasikan untuk digunakan saat debu sangat halus (<30% <75 mikron) dalam kerikil kelas padat tanpa material lepas.	Performa terbaik ditemukan pada kandungan debu halus yang rendah (<10% <75 mikron). Gunakan produk dengan kekentalan rendah pada material berbutir halus dan padat, gunakan lebih banyak produk yang kental pada bahan yang longgar dengan tekstur terbuka.	Kisaran indeks plastisitas 8-35 Batas kehalusan 15% -55% <75 mikron. Rasio kepadatan Minimum 98% MDD. Kinerja bergantung pada mineralogi liat (enzim).
Pemeliharaan perawatan dan kemampuan perbaikan mandiri	Reblade dalam kondisi lembap. Kalsium klorida lebih mudah dikendalikan untuk penggunaan semprot. Penyusutan produk rendah material mungkin bergeser dan bergelombang pada truk kecepatan tinggi. Kecenderungan untuk bergeser atau membentuk lapisan 'biskuit' dalam cuaca kering-tidak dapat mengalami perbaikan secara mandiri.	Bagus diterapkan sebagai mix-in awal dan mementingkan kualitas konstruksi. Produk penyusutan rendah rendah dapat bergeser dan bergelombang ketika dilalui berkecepatan tinggi. Sayatan dapat pulih sendiri.	Membutuhkan basis dan perhatian yang tinggi terhadap kadar air pada proses pemadatan. Kecepatan yang lambat, radius putar yang pendek akan menyebabkan pergeseran yang tidak dapat pulih sendiri, namun lebih memungkinkan perbaikan di tempat.	Penerapan Mix-in sensitif terhadap kualitas konstruksi. Sulit memelihara/ mengerjakan ulang. Umumnya tidak ada permasalahan saat diperbaiki.
Kecenderungan tersapu atau menumpuk	Larut atau keluar dari jalur. Aplikasi berulang berakumulasi.	Luluh saat hujan jika tidak menjalani proses curing yang memadai. Teroksidasi secara bertahap. Aplikasi berulang akan mengakibatkan akumulasi.	Tidak luluh. Aplikasi berulang mengakibatkan akumulasi.	Manfaat bergantung pada kapasitas pertukaran kation dari material inang (host). Aplikasi berulang mengakibatkan.
Komentar	Kandungan yang sangat halus bisa licin saat basah. Masalah korosi bisa terjadi.	Umumnya tidak efektif jika lapisan permukaan atas mengandung sedikit material halus atau ada kerikil yang berserakan di jalan.	Tahan lama dan lebih efektif pada iklim kering	Umumnya tidak efektif jika material sedikit mengandung kandungan material halus rendah atau jika kerikil longgar terjadi di permukaan. Membutuhkan periode curing.

Catatan

- a Termasuk minyak sulfonasi, hasil kali ion, polimer dan enzim.
- b California Bearing Ratio (%).

Yang penting, material lapisan pelapis atas jalan yang buruk tidak dapat memberi kinerja yang cukup memadai semata-mata melalui penambahan paliatif debu. Material lapisan atas jalan dari jalan angkutan idealnya memenuhi spesifikasi minimum yang dijelaskan sebelumnya. Jika tidak, kekurangan fungsional melekat pada material akan meniadakan manfaat yang diperoleh dari menggunakan paliatif debu.

Pada permukaan jalan yang memiliki terlalu banyak kerikil, paliatif debu tidak tampak bekerja secara efektif, terutama jika teknik semprot dan bukan mix-in digunakan. Paliatif tidak membantu pemadatan permukaan karena ukuran gradasi yang buruk, atau tidak membentuk permukaan stabil yang baru. Area permukaan baru dibuat dari material terekspos yang tidak dipelihara, dengan penggunaan mix-in, pemadatan yang buruk mengakibatkan kerusakan dan raveling dari lapisan permukaan atas, kerusakan akibat lalu lintas pada material dan pembentukan debu akhirnya. Terkait paliatif yang larut dalam air, pencucian cepat dapat mengakibatkan masalah pada dalam beberapa iklim.

Pada tanah berpasir padat, tar dan produk emulsi bitumen terlihat efektif sementara peluluhan produk yang larut dalam air mungkin bermasalah. Namun demikian, dalam pasir halus yang longgar berukuran sedang, kemampuan bantalan tidak akan memadai untuk produk tar/aspal untuk mempertahankan permukaan yang baru dan kerusakan dapat cepat terjadi.

Pada permukaan jalan yang terlalu banyak mengandung lumpur, kecil kemungkinan program pengurangan debu akan efektif. Lumpur atau potongan pasir yang berlebihan dapat menyebabkan kelicinan sementara daya bantalan yang buruk menyebabkan jejak lubang dan jalan perlu direhabilitasi atau dipelihara, yang sebagian besar akan merusak produk. Lubang dalam jumlah kecil teramati pada sejumlah trotoar setelah penerapan semprot atau penerapan kembali yang berikut, karena lalu lintas mengangkat material kohesif halus dari jalan. Sekali lagi, di mana tidak ada perawatan yang mendalam, ini akan mengakibatkan penciptaan permukaan tidak terawat yang baru.

Secara umum, penerapan semprot tampak tidak sesuai untuk perawatan debu yang terbentuk, khususnya yang berkaitan dengan kedalaman pengobatan yang diperlukan. Penerapan semprot atau peremajaan mungkin lebih sesuai, namun hanya jika penetrasi produk ke jalan bisa dipastikan, jika tidak, ini hanya akan memperbaiki material yang lepas atau penumpukan tumpahan, yang akan dengan cepat merusak dan membuat permukaan baru yang tidak terawat. Namun perawatan semprot berguna untuk menekan emisi debu dari pinggir jalan yang bebas dari lalu lintas, karena lebih mudah menerapkan dan, karena bahan biasanya tidak dipadatkan, akan memberikan kedalaman penetrasi dan pengurangan emisi debu akibat turbulensi udara karena lalu lintas.

Terakhir, kecepatan kendaraan dapat dikendalikan tidak hanya untuk alasan keamanan tetapi juga untuk meningkatkan efektivitas tindakan pengendalian debu. Pada umumnya, kecepatan kendaraan 40 kilometer per jam dan kurang tidak mengakibatkan terjadinya kondisi yang berdebu.

Area terbuka yang tidak terpakai

Area aktif harus mutlak dijaga agar tetap pada jumlah minimum, dengan jalan, area parkir dan zona dilarang masuk yang dirancang khusus. Pengemudi, terutama yang memakai kendaraan 4X4, harus diajarkan tentang perlunya mengemudi pada jalan yang ditunjuk saja. Jagalah supaya jalan dirawat dengan bahan kimia yang sesuai.

Semua daerah terbuka yang tidak boleh diakses kendaraan atau konstruksi harus diisolasi dan disemprot dengan bahan kimia hydromulch. Hydromulch akan memberikan benih, nutrisi yang dibutuhkan untuk perkecambahan dan langsung menutup agar debu tidak terbang.

Jika vernis kimia dapat digunakan pada daerah terbuka yang bermasalah, debu dapat dikendalikan dengan sangat efektif dengan merawat daerah itu menggunakan bahan kimia. Penerapan ini dapat dilakukan sistem irigasi bergerak atau pesawat udara untuk daerah yang luas. Irigasi bergerak juga dapat digunakan untuk menyemprot daerah terbuka. Seperti terlihat pada gambar pada Bagian 2.11.4, pengirigasi berjalan secara otomatis, ini berarti penggunaannya tidak memerlukan banyak tenaga kerja.

2.11.7 Timbunan stok dan tempat penyimpanan

Timbunan persediaan sering berdebu selama penumpukan dan proses reklamasi, dan juga merupakan sumber debu saat angin bertiup. Terdapat banyak cara untuk menghentikan kondisi berdebu di area timbunan persediaan.

Titik pelepasan utama di timbunan stok

Penumpuk harus memiliki semprotan yang dipasang ke boom. Semprotan yang dapat mengubah kelembaban material harus dipasang tetapi digunakan hanya jika diperlukan. Material harus dibawa ke aliran material yang jatuh.

Semprotan kabut juga harus dipasang untuk menyediakan tirai kabut yang berfungsi sama dengan debu halus saat angin bertiup. Hasil interaksi debu-air menghasilkan partikel debu yang menjadi terlalu berat untuk dapat terus tertiup serta jatuh ke tanah. Semprotan ini harus diarahkan untuk membentuk tirai di sekitar aliran jatuh sehingga menangkap partikel halus.



Contoh sistem penyemprot penumpuk yang dirancang dengan baik. Boom stacker membutuhkan semprotan di bagian akhir saja. Sumber: John Visser, Rio Tinto.

Jika bahan mentah sudah ada di DEM, nozel harus berupa nozel kabut bervolume rendah yang diarahkan disepanjang aliran bahan mentah untuk menghentikan debu langsung. Ini akan mencegah run-off (yang akan membutuhkan banyak tugas pembersihan) yang disebabkan oleh air yang terlalu banyak. Jika perlu menambahkan air untuk bahan mentah pada saat ini, nozel pengkabutan dan penambahan airakan diperlukan untuk menghentikan debu langsung serta meningkatkan kelembaban bahan mentah. Kedua set nozel harus menjadi bagian dari tirai air di sekitar aliran bahan mentah.

Nozel pada penumpuk harus memiliki katup pengendali otomatis dan lokal. Tujuan dari pemasangan katup pengendali lokal adalah untuk memungkinkan operator/pengelola untuk melakukan pekerjaan pada nozel/penyemprot saat penumpuk beroperasi. Namun Katup harus tetap dalam pengaturan otomatis dalam kondisi normal, artinya katup pengguna harus selalu dalam posisi terbuka. Sistem semprot yang meliputi nozel kabut dan memerlukan nozel kipas sudut rendah untuk tujuan pemangkas.

Reclaimer bergerak

Reclaimer roda ember umumnya memerlukan dua set nozel untuk mengelola debu. Satu set diperlukan untuk menyemprot ke sisi timbunan stok langsung di depan dan di belakang roda pemotongan, untuk menghentikan debu yang disebabkan oleh bahan mentah saat mengalir di permukaan. Set kedua diperlukan untuk menyemprot bagian dalam aliran bahan mentah saat turun dari ember ke dalam saluran peluncur dan ke dalam konveyor boom. Air tidak boleh memasuki struktur boom karena akan menyebabkan bahan mentah halus menempel dan menumpuk pada struktur yang nantinya akan mengganggu keseimbangan mesin.



Sistem semprot reclaimer roda ember yang memerlukan peningkatan. Semprotan tirai yang baik akan diarahkan ke sisi di atas roda ember, namun semprotan tambahan yang diperlukan untuk menghentikan debu yang timbul dari material yang mengikis sisi. Nozel tidak diarahkan pada sumber debu dan tidak ada nozel kabut. Foto ini menunjukkan bagaimana bahan mentah kering akan menghasilkan debu bahkan jika beberapa semprotan dipasang dan dihidupkan. Sumber: John Visser, Rio Tinto.

Drum reclaimer

Drum Reclaimer juga membutuhkan semprotan yang diarahkan pada material yang jatuh ke arah timbunan stok saat di-reclaim. Seharusnya tidak ada air diarahkan pada struktur atau bagian bergerak, karena ini akan menyebabkan masalah perawatan dan menambah keausan pada peralatan tanpa meningkatkan efektivitas air atau kabut semprotan yang disasar dengan baik.

Sistem reclaim statis

Timbunan stok yang dirancang dengan terowongan reclaim biasanya tidak begitu berdebu dibandingkan dengan tumpukan stok permukaan. Timbunan stok dengan saluran yang besar dan dirancang dengan baik memberikan operasi reclaim yang aman dan bebas debu.

Sumber debu adalah pengumpan reclaim dan perjalanannya ke konveyor reclaim. Debu dapat dikurangi dengan semprotan kabut yang diarahkan ke aliran bahan mentah yang jatuh.

Truk dan meriam air

Truk dan meriam air memiliki cara yang berbeda untuk membawa air ke permukaan timbunan stok. Meriam sebagai yang utama dalam sistem pengiriman, truk dapat menjangkau daerah-daerah yang tidak tercakup oleh meriam dan dapat digunakan ketika sistem kanon sedang mogok.

Meriam air tempat penyimpanan memainkan peran yang penting dalam mengelola debu dari timbunan stok bahan halus, karena kelembapan terus menguap sementara tumpuk stok diam. Aspek penting yang menjamin keefektifitasan meriam meliputi:

- Tinggi pola semprotan - Air dibawa oleh nozel meriam harus dapat mencapai di atas timbunan stok.
- Cakupan pola semprot-Biasanya terdapat sebagian dari sisi timbunan stok yang tidak ditutupi dengan air oleh semprotan. Ini terjadi di titik tengah antara meriam dan merupakan fungsi busur lingkaran yang dihasilkan oleh gerakan semprot meriam. Daerah tersebut dapat ditutupi oleh truk air dengan nozel yang telah terpasang dengan benar.
- Jarak dari timbunan stok-Dudukan meriam harus ditempatkan sedekat mungkin dengan timbunan stok, untuk memastikan dudukan tidak menghalangi pergerakan peralatan. Umumnya, semakin jauh semburan air semakin memecah dan kehilangan efektivitasnya.
- Kondisi-Dalam kondisi angin kencang, semprot ditiup tentang dan seluruhnya dikendalikan oleh angin, karena itu, air harus disemprotkan ke stok sebelum peristiwa angin yang kuat. Situs web Biro Meteorologi dapat digunakan untuk merencanakan peristiwa ini, dan layanan khusus dapat memberikan informasi setempat yang lebih rinci. Informasi tren pada kecepatan angin yang diproduksi oleh cuaca lokal juga dapat digunakan untuk memicu urutan meriam semprot.
- Kehalusan Air-Kehalusan tetesan air bisa ditingkatkan dengan memberikan udara ke nozel air.

Bahan kimia

Jika debu bukan masalah, menambahkan bahan kimia ke dalam nozel penyembur air di *dump pocket* penghancur dan *underpan grizzly* akan mengubah karakteristik bahan mentah untuk mencegah debu yang lepas agar tidak terbentuk.

Penggunaan vernis bahan kimia pada timbunan stok sebelum peristiwa angin signifikan akan menghentikan debu pada timbunan stok. Vernis kimia mengikat partikel halus bersama namun tidak menghentikan masuknya air atau penguapan. Vernis tampak agak seperti jaring laba-laba jika dilihat dari dekat.

Vernis kimia dapat disemprotkan ke bahan mentah menggunakan sistem meriam dalam kondisi direkonfigurasi atau menggunakan truk air. Konsentrasi bahan kimia harus ditentukan dengan mempertimbangkan prakiraan kecepatan angin dan lama peristiwa angin yang ditunggu, yang artinya bahwa biaya penyempotan kimia bergantung pada peristiwa tersebut.

Busa dapat digunakan untuk menjatuhkan debu pada titik pembuangan peluncur transfer dan di sepanjang konveyor. Namun demikian, sampai saat ini tidak ada uji coba yang telah terbukti berhasil dengan jenis bahan kimia ini.

2.11.8 Pengelolaan air

Mitigasi debu paling efektif dicapai dengan air, yang berarti bahwa wakil dari tim pengelolaan air dari operasi harus terlibat dalam diskusi, rencana dan perubahan pada sistem mitigasi debu. Seseorang dari tim pengelolaan air juga harus ada selama penilaian risiko yang difokuskan pada mitigasi debu.

2.11.9 Sistem kontrol emisi partikel otomatis

Mengelola emisi partikel secara efektif membutuhkan sistem yang terkoordinasi di seluruh sistem terlepas dari apakah sistem ini otomatis atau tidak. Sistem otomatis dapat menggunakan informasi seperti:

- data prediksi cuaca (prakiraan kecepatan angin, curah hujan, kelembaban relatif dan suhu)
- data stasiun cuaca lokal (kecepatan angin, curah hujan, kelembaban relatif dan suhu)
- penjadwalan bahan mentah, limbah, dan gerakan tanah (ledakan, tambang, pengosongan area, pengiriman ke dan reclaim dari stok, operasi fasilitas, penggunaan jalan)
- bahan mentah, limbah dan karakteristik tanah (DEM, flowability)
- informasi kelembaban dari penganalisis dan sampel laboratorium
- pembacaan pengukur berat
- monitor partikel lokasi waktu nyata.

Informasi ini digunakan untuk mengontrol pergerakan material dan persiapan:

- tambahan air dan sistem semprotan kabut
- sistem pengolahan bahan kimia
- sistem pencucian sabuk
- sistem pembuangan emisi partikel.

Terutama untuk operasi yang lebih besar, sistem ini harus dihubungkan bersama untuk menciptakan sistem manajemen emisi partikel di seluruh lokasi yang dipantau oleh operator, pemantau emisi partikel internal dan eksternal, analisis kelembaban dan sistem pemantauan cuaca, serta pengendali utama *programmable logic controller* (PLC). Operator harus mematikan sistem hanya jika terjadi kegagalan sistem.

Menu yang spesifik untuk setiap jenis bahan mentah dapat ditulis untuk PLC. Menu akan menjadi penentu utama skema pengelolaan air untuk jenis bahan mentah, menggunakan kondisi cuaca lokal dan waktu penyimpanan yang diantisipasi di timbunan stok sebagai variabel yang mengubah penambahan air dan/atau perawatan kimia.

Ada banyak skenario yang dapat diatur untuk berjalan secara otomatis jika sistem lengkap diimplementasikan. Misalnya, skenario otomatis bisa berarti bahwa saat hujan diantisipasi, pemakaian air melalui sistem meriam berkurang atau dimatikan. Dalam hal prediksi angin besar, Anda tidak perlu menyemprot timbunan stok dengan air atau air yang telah diolah secara kimiawi, tergantung pada kekuatan angin, sebelum datangnya periode berangin. Saat periode kering, cuaca panas kering diharapkan terjadi, frekuensi menyala kanon air dapat diperbanyak untuk menyemprotkan lebih banyak air.

Sistem pengendalian emisi partikel di Dalrymple Bay Coal Terminal di Queensland merupakan contoh sistem yang mengontrol bendungan air, lubang bor, dan pompa pengiriman serta dan penambahan air, menggunakan gerakan bahan mentah, data penganalisis kelembaban, informasi Biro Meteorologi serta masukan dari informasi stasiun cuaca setempat. Sistem lain yang sekarang tersedia menggabungkan berbagai masukan data ke model waktu nyata yang tidak hanya menunjukkan dampak namun juga memprediksi dampak pada kualitas udara (termasuk debu, belerang dioksida, dan pencemar lainnya), sehingga memungkinkan berbagai skenario kontrol untuk diuji oleh pemodelan.

2.11.10 Memperhitungkan angin

Sekat angin dapat terdiri pagar, pohon, bukit-bukit dan cukup jarak antara sumber debu dan penerima sensitif.

Pohon, semak, dan rumput

Cara paling efektif untuk menciptakan penghalang atas erosi angin dan juga debu adalah dengan menanam pohon, semak-semak dan rumput, baik melawan maupun searah angin stok, area terbuka, dan fasilitas yang beroperasi. Penghalang alam ini menyediakan angin serta perlindungan kebisingan. Jelaslah bahwa ini merupakan solusi jangka panjang.

Pagar angin

Pagar angin digunakan untuk menghentikan debu agar tidak mengganggu masyarakat setempat di berbagai tempat di seluruh dunia, khususnya yang sangat berhasil, di Jepang.



Pagar Hessian menghentikan debu agar tidak tertiu pada skala lokal.

Sumber: John Visser, Rio Tinto.



Pagar Hessian menghentikan migrasi debu. Sumber: John Visser, Rio Tinto.

Pagar angin yang diposisikan melawan angin dapat digunakan untuk mencegah masalah debu dengan mengangkat angin di atas daerah yang memiliki bahan-bahan berdebu. Pagar angin akan mengubah kecepatan angin di tanah dengan jarak sejauh-jauhnya 30 kali tinggi pagar. Misalnya, dalam kecepatan angin 14 meter per detik, pagar 12 meter tinggi akan menghentikan pengangkatan debu hingga 200 meter. Secara umum kecepatan angin yang mengangkat debu adalah 10 meter per detik.

Pagar adalah penahan angin yang lebih efektif jika bagian atas pagar lebih tinggi dari titik tertinggi di daerah yang dirancang untuk melindungi. Porositas pagar harus antara 60 persen dan 90 persen.

Pagar angin yang diposisikan melawan arah angin dari area yang memiliki bahan berdebu akan berfungsi sebagai penghalang debu, menghentikan debu yang telah terangkat oleh angin serta menjatuhkannya di kaki pagar. Masalah dengan pilihan ini adalah bahwa, agar sepenuhnya efektif, pagar harus memiliki ketinggian yang dapat dicapai gumpalan debu, dan ini biasanya tidak praktis. Namun demikian, jenis pagar angin memberikan perlindungan sebagian, melalui:

- menjatuhkan lapisan bawah debu-lapisan ini pada umumnya mengandung debu gangguan yang menyebabkan masalah di masyarakat
- mengganggu angin-memaksa angin naik melewati pagar memperlambat kecepatan angin di sisi lindung angin pagar, sehingga lebih banyak debu yang turun di titik itu.

2.11.11 Pemodelan

Di setiap medan terdapat gangguan khusus pada profil kecepatan angin yang baik akan meningkatkan atau menurunkan keefektifan pagar angin. Pemodelan CFD dapat memberi cara untuk memahami efek ini sehingga mengoptimalkan keefektifan pagar angin.

Pemodelan kecepatan angin dan interaksi medan yang ada penting untuk memahami efek sekat angin dalam mengurangi debu. Pemodelan CFD memberikan informasi kecepatan angin dan pemodelan kepulan debu mengambil informasi itu serta menunjukkan ke mana dan bagaimana debu akan tertiuap dan mengendap.

Pemodelan CFD harus berjalan bersama-sama dengan pekerjaan uji terowongan angin, karena selalu ada kebutuhan untuk mengkalibrasi model CFD. Dua jenis kalibrasi yang berbeda diperlukan: faktor pengangkat debu dan profil kecepatan angin.

Setelah model CFD dikalibrasi untuk material, model dapat digunakan untuk memodelkan banyak skenario di lokasi tersebut di masa mendatang tanpa biaya per aktivasi yang signifikan. Total biaya pelaksanaan CFD dan pemodelan terowongan angin dapat kembali dalam beberapa bulan, berdasarkan biaya yang mungkin jika lokasi yang salah dipilih jika tidak ada pemodelan yang dilakukan.

STUDI KASUS: Sistem prediksi ledakan karena tekanan berlebih

Tingkat ledakan karena tekanan lebih dari operasi tambang pemotongan terbuka bergantung pada banyak faktor, termasuk disain ledakan, jarak dari ledakan ke penerima serta kondisi atmosfer yang berlaku. Cara di mana suhu dan angin bervariasi di sepanjang jalan yang dilalui gelombang tekanan-lebih perjalanan dari sumber ke penerima terutama sangat penting dalam menentukan tekanan lebih yang dialami penerima.

Proyek Riset Asosiasi Batubara Australia 12036 menyediakan informasi kepada operator tambang mengenai kondisi meteorologi yang memungkinkan efek dari kondisi atmosfer untuk dipertimbangkan sebelum membuat keputusan untuk melakukan peledakan (Holmes & Lakmaker 2009).

Pendekatan yang dilakukan menggunakan model meteorologi mesoscale MM5, dengan prakiraan 24 jam dari Biro Meteorologi ditambah dengan pengamatan lokal atas kecepatan angin, arah angin dan suhu di atmosfer yang lebih rendah, untuk memprediksi bidang meteorologi tiga dimensi di Hunter Valley. Pengamatan lokal disediakan oleh stasiun sonic detection and ranging (SODAR) dan radar acoustic sounding system (RASS) di domain pemodelan. Selain itu, kecepatan angin dan data arah dari tanah (10) disediakan untuk model.

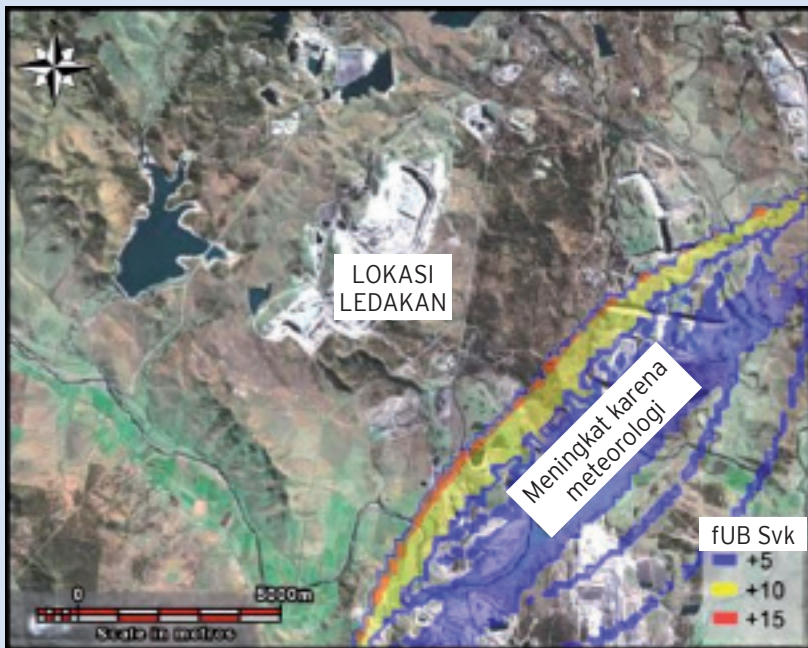
Model ini dijalankan sekurang-kurangnya sekali sehari dan pada interval yang dipilih pengguna. Output diproses untuk mengekstrak informasi tentang prediksi profil vertikal dari kecepatan angin, arah angin dan suhu, dari permukaan tanah hingga 1,6 kilometer. Setiap kali model ini menjalankan kembali pengamatan meteorologi lokal yang disediakan oleh SODAR, RASS, dan stasiun permukaan lainnya.

Hasil model diolah kembali untuk membuat ragam tabular dan grafis untuk lokasi yang dipilih yang bertepatan dengan lokasi tambang dan lokasi lainnya yang dianggap penting. Data diunggah ke situs web di mana pengguna terdaftar bisa memperoleh data tentang angin dan profil suhu setiap area yang diteliti tabel, dalam format yang sesuai untuk input ke model prediksi tekanan lebih, atau untuk penggunaan lainnya seperti memprediksi peristiwa debu.

(bersambung)

Model prediksi pada akhirnya digunakan untuk memprediksi peningkatan tingkat tekanan ledakan berlebih. Hal ini dilakukan dengan menggunakan model yang disediakan oleh Terrock, yang menggunakan data MM5 untuk memprediksi tingkat peningkatan (positif atau negatif) yang disebabkan oleh kondisi meteorologi, dan tingkat absolut tekanan berlebih yang disebabkan dari ledakan. Hasil disajikan sebagai plot kontur yang diletakkan pada peta area sekitar ledakan. Contoh yang menunjukkan peningkatan tekanan ledakan berlebih diberikan pada gambar di bawah.

Hasil proyek ini menjanjikan dan sistem tampaknya merupakan alat yang bermanfaat, dalam kondisi pengembangannya saat ini, untuk meningkatkan pengelolaan dampak peledakan.



Prediksi tingkat tekanan ledakan berlebih menunjukkan zona penguatan akibat kondisi atmosfer.

2.11.12 Informasi ramalan dan waktu nyata cuaca

Situs web Biro Meteorologi (www.bom.gov.au) membantu operator mengikuti prediksi angin dan cuaca hari dan minggu berikutnya. Informasi ini dapat digunakan untuk merencanakan kegiatan yang melibatkan pembukaan lahan, gerakan bahan mentah dan yang serupa, dan memungkinkan perencanaan untuk menghindari periode saat ada angin kencang. Selain itu, data waktu nyata (real time) stasiun cuaca lokasi ini berguna untuk memverifikasi kondisi.

Detil prediksi angin dan hujan yang disesuaikan dengan lokasi tertentu dapat membantu jika data Biro Meteorologi tidak cukup ditargetkan. Layanan komersial yang tersedia dari beberapa perusahaan konsultan, memberikan data berbasis web dan prediksi yang memanfaatkan model canggih. Sebuah contoh dari model prediktif sering diperbarui adalah sistem prakiraan Program Riset Asosiasi Batubara untuk Hunter Valley.

2.11.13 Pengelolaan keluhan dan hubungan masyarakat

Salah satu tujuan dari pengelolaan debu untuk menghindari atau meminimalkan tingkat keluhan. Keluhan merupakan indikator masalah, keluhan harus ditanggapi secara serius dan diselidiki, serta penyebabnya harus ditangani.

Namun demikian, karena keluhan merupakan respons subyektif atas peristiwa atau serangkaian peristiwa tertentu, Anda tidak bisa hanya menggunakan jumlah keluhan sebagai ukuran definitif kinerja. Keluhan dapat terjadi karena berbagai alasan, atau mungkin dibesar-besarkan untuk membuat menekankan sesuatu (kadang-kadang lebih luas). Tidak adanya keluhan tidak berarti bahwa orang tidak terganggu oleh debu. Oleh karena itu, perlu menjaga hubungan yang teratur dengan lingkungan sekitar yang berpotensi terkena dampak untuk memastikan bahwa tidak ada masalah tersembunyi yang harus ditangani di lokasi.

Keluhan harus didokumentasikan secara mendeail dan dicatat dalam basis data yang merupakan bagian dari sistem manajemen kualitas udara. Informasi yang dicatat harus mencakup:

- waktu dan lokasi keluhan
- rincian pengadu
- sifat dari keluhan
- Informasi mengenai orang yang bertanggung jawab untuk mewawancarai pengadu, dan apa yang mereka melaporkan
- penyelidikan dilakukan di lokasi untuk mencari tahu penyebabnya
- tindakan yang diidentifikasi dan diambil untuk memperbaiki masalah
- komunikasi tindakan kembali kepada si pengadu.

Dalam situasi yang jarang terjadi, ada pengadu yang bermasalah serta akan menuntut perhatian yang besar tanpa memberikan bukti masalah yang nyata. Kita perlu menilai situasi seperti itu dengan hati-hati. Pengadu yang menjengkelkan tidak dapat dinilai atas dasar satu keluhan: pengadu yang bermasalah hanya dapat dikenali setelah serangkaian keluhan yang tidak beralasan, membentuk pola perilaku yang jelas. Namun setelah pola tersebut jelas, Anda harus mendiskusikan masalah dengan badan regulator. Pendekatan yang didokumentasikan dengan baik untuk menangani masalah ini akan menjadi sangat penting.

Dengan keluhan debu atau kualitas udara lainnya, sering ada pertanyaan tentang mengidentifikasi sumber emisi secara spesifik. Stasiun cuaca di lokasi, angin pencatatan dan data lain pada interval hingga 10 menit, akan memberikan dasar yang sangat berguna untuk mengenali sumber. Data jangka pendek akan mengidentifikasi variasi angin yang mungkin penting untuk mendapatkan hasil yang baik karena sering waktu tempuh antara sumber dan pengadu hanya berbeda beberapa menit atau seper sepuluh puluhan menit.

Sekarang kita dapat menggunakan sistem waktu nyata untuk menampilkan dengan cepat lintasan udara dihitung dari lokasi pengaduan kembali ke sumber potensial. Pendekatan seperti ini sangat berguna jika ada beberapa sumber emisi yang dapat berkontribusi terhadap masalah-baik di tambang yang berbeda atau industri di daerah tersebut, atau sumber tertentu di setiap lokasi tambang.

Untuk terus memberikan informasi kepada masyarakat tentang kinerja lingkungan, sebagian perusahaan menyediakan akses terbuka ke situs web yang menampilkan data pemantauan kualitas udara saat ini dan sebelumnya. Saat menyediakan data waktu nyata melalui internet, Anda harus membedakan perbedaan antara data yang telah divalidasi dan belum divalidasi, dan menginformasikan pengguna bahwa kadang-kadang data mentah perlu diperbaiki atau dibuang setelah uji kualitas.

2.11.14 Pelaporan dan tinjauan kinerja

Bagian penting dari rencana pengelolaan kualitas udara adalah pelaporan dan tinjauan. Data yang dikumpulkan oleh sistem pemantauan harus dilaporkan dengan cara yang menunjukkan kepatuhan dengan sasaran dan tujuan yang diterapkan maupun bebas, dan menjelaskan penyebab dan tindakan perbaikan yang terkait dengan ketidakpatuhan. Walaupun laporan terperinci dan sesuai harus disediakan, membuat ringkasan sederhana yang menyampaikan ukuran kinerja penting dalam format grafis yang mudah dipahami harus dilakukan.

Tinjauan kinerja internal secara berkala, setidaknya setiap tahun harus dilakukan untuk memastikan bahwa:

- upaya kepatuhan efektif, baik secara teknis maupun administratif,
- tujuan tetap sesuai
- tidak ada masalah baru yang muncul yang membutuhkan perhatian yang sistematis
- informasi dikomunikasikan secara efektif kepada para pemangku kepentingan.

Selain itu, audit pihak ketiga secara rutin atas program dan kinerja sangat dianjurkan dan dapat menjadi bagian dari persyaratan sistem yang bermutu di lokasi. Hasil yang sukses dari proses audit akan mengharuskan rencana pengelolaan dan pelaporan yang berkaitan yang diselesaikan lengkap dan transparan.

2.12 Penutupan dan fase rehabilitasi

Di tahap akhir kehidupan tambang, isu-isu kunci kualitas udara umumnya terkait dengan angin debu yang dihasilkan oleh area yang terbuka. Untuk tambang uranium tertutup, aliran radon dari area yang direhabilitasi juga mungkin signifikan dan membutuhkan prosedur pemantauan yang cermat untuk menentukan flux akurat dan manajemen area yang konsekuen (Bollhfer et al. 2006).

Rehabilitasi cepat pembuangan limbah dan area yang ditambang merupakan cara terbaik untuk mengurangi potensi debu. Ini dapat terjadi secara bertahap melalui tahap operasional, saat daerah mencapai kondisi ini, serta selama penutupan tambang. Selain area yang tidak direhabilitasi secara tuntas, mungkin ada sumber emisi sisa, terutama area pembuangan tailing, yang secara alami mungkin sulit untuk ditanami kembali dan mungkin berpotensi menjadi reservoir partikel debu halus, dalam beberapa kasus yang mengandung komponen berbahaya. Untuk daerah tailing tidak peluru solusi ampuh untuk pengendalian atau pencegahan debu.

Cara terbaik untuk menghentikan pengaruh debu di daerah sensitif adalah menggunakan beberapa faktor beragam atau metode pengendalian debu. Seperti dijelaskan dalam Bagian 11, metode ini dapat mencakup:

- penghalang alami, seperti rumput, semak, dan pohon
- vernis kimia
- air (meskipun hal ini selalu merupakan tindakan sementara)
- pagar angin.

Masing-masing metode ini memberikan pengendalian debu yang berbeda, utilitas, dan implikasi biaya yang berbeda.



3.0 KEBISINGAN

Gambaran Umum

Kebisingan merupakan salah satu masalah paling signifikan bagi masyarakat di sekitar proyek pertambangan. Meningkatnya kesadaran publik dan harapan tentang kinerja lingkungan telah menyebabkan perusahaan pertambangan memusatkan perhatian mereka pada manajemen dan mitigasi dampak potensial.

Kebisingan dapat mengganggu aktivitas sehari-hari, khususnya bersantai di rumah di malam hari dan mencoba untuk tidur di malam hari. Kebisingan yang dihasilkan sektor sumber daya adalah sumber umum keprihatinan masyarakat, karena suara operasional dapat dihasilkan secara terus menerus. Tambang besar berencana untuk beroperasi 24 jam per hari, tujuh hari per minggu, dan tambang dapat beroperasi selama bertahun-tahun. Seiring tambang berkembang di wilayah yang luas, penerima berbeda yang terpengaruh pada berbagai tahap kehidupan tambang.

Meskipun tambang tidak beroperasi terus menerus sepanjang malam, mereka mungkin lebih memilih untuk memulai pemuatan pada saat matahari terbit dan bekerja sampai malam hari. Mereka juga sering berada jauh lebih dekat dengan pemukiman daripada lokasi tambang. Proses pendukung, seperti transportasi produk melalui jalan darat, kereta api atau kapal, termasuk operasi pelabuhan, juga menghasilkan dampak kebisingan unik.

Sementara lokasi kebisingan di sumber, atau bahkan pada lokasi perbatasan, umumnya dipahami dengan baik dan berada dalam kendali tambang, memahami kemungkinan keluhan jauh lebih kompleks, karena dua alasan utama:

- Perubahan kondisi meteorologi dapat mengakibatkan fluktuasi tingkat kebisingan harian yang signifikan pada penerima (untuk operasi di lokasi yang identik). Hal ini utamanya karena faktor arah angin dan prevalensi inversi suhu.
- Sensitivitas terhadap kebisingan dapat berbeda-beda dari orang yang satu dengan orang yang lain, dan memiliki unsur subjektivitas.

Dengan kata lain, apa yang terjadi kemarin bukan indikasi tentang apa yang akan terjadi hari ini, dan fakta bahwa salah seorang warga senang tidak berarti bahwa tetangga mereka juga senang - begitu pula orang yang akan membeli rumah mereka. Apakah tambang atau penduduk itu menjadi yang 'pertama' tidak ada relevansinya dengan apakah kebisingan dinilai mengganggu, dan jika penduduk yang baru datang tidak puas tambang bisa dianggap melanggar kondisi persetujuannya.

Perusahaan konsultan akustik dapat membantu manajemen tambang untuk melakukan analisis mendetail termasuk menafsirkan peraturan negara, melakukan pengukuran kebisingan dan prediksi, menilai dampak potensial dan merancang langkah-langkah mitigasi. Konsultan tersebut perlu dikelola secara efektif oleh manajemen tambang, operasional dan/atau tim, yang memiliki apresiasi khusus mengenai masalah penting.

Bab ini memberikan gambaran tentang bagaimana saya dapat mencapai praktik unggulan dalam pengelolaan kebisingan lingkungan selama tiga tahap kritis pengembangan tambang:

- Tahap perencanaan (penilaian lingkungan)-Dalam fase ini, pemrakarsa proyek pertambangan menetapkan kondisi lingkungan yang ada dan mengidentifikasi dampak potensial dan metode mitigasi, termasuk optimalisasi tata letak tambang atau cara tempat program eksplorasi dilakukan.

- Eksplorasi, pengembangan dan rincian tahap desain (rencana pengelolaan)- Setelah pengembangan tambang disetujui, lebih ada kepastian tentang proyek dan kesempatan bagi bisnis untuk berinvestasi lebih banyak dalam desain yang mendetail. Fase ini mungkin melibatkan pengulangan banyak tugas yang dilakukan dalam fase perencanaan, mendirikan sebuah rencana pengelolaan kebisingan yang komprehensif. Rencananya harus merinci metode untuk mengelola dan memantau kebisingan, sesuai dengan tujuan lingkungan tambang, dan pengaturan untuk berhubungan secara proaktif dengan masyarakat.
- Konstruksi, persiapan, dan operasi (program pemantauan dan audit)-Ini merupakan fase di mana sebagian besar kebisingan dihasilkan di lokasi. Kegiatan pengelolaan berfokus untuk memastikan bahwa rencana pengelolaan diimplementasikan dan tujuan mutu terus diverifikasi, dan menanggapi setiap keluhan.

Manfaat utama praktek kerja unggulan pengelolaan lingkungan adalah untuk meminimalkan kebisingan langsung. Walaupun beberapa mungkin memerlukan investasi modal di awal, namun pada akhirnya memberikan penghematan biaya melalui peningkatan efisiensi dan, seringkali dalam kesehatan dan keselamatan kerja yang membaik.

Selain memberi manfaat bagi masing-masing perusahaan dalam jangka pendek, pengelolaan kebisingan yang efektif akan menguntungkan sektor sumber daya yang lebih luas, baik secara ekonomi maupun dari segi peningkatan sikap masyarakat terhadap kegiatan pertambangan.

3.1 Sumber kebisingan

Eksplorasi sumber daya, ekstraksi, pengolahan dan transportasi berpotensi menghasilkan tingkat kebisingan yang signifikan yang bisa berdampak pada lingkungan sekitar. Masyarakat dapat mengalami kebisingan dan dampak getaran dari operasi pertambangan dalam banyak hal, bukan hanya dari lokasi tambang: kebisingan dapat terjadi pada semua tahap rantai logistik, termasuk pengangkutan lewat kereta api dan truk, dan kegiatan di pelabuhan.

Tambang terbuka membutuhkan peralatan penggalian besar seperti bulldozer, ekskavator, loader, truk angkut dan face shovel, ditambah konveyor yang panjangnya beberapa kilometer. Penggalian saluran udara diperlukan untuk peledakan. Untuk tambang bawah tanah memerlukan kipas ventilasi besar. Pengolahan material membutuhkan penumpuk dan reclaimers, penghancuran dan penyaringan fasilitas, pembersih batubara dengan suara yang terkait material yang sedang dibalikkan dan dipisahkan, konveyor lainnya, dan menara alur. Fasilitas pembongkaran muatan kereta api atau truk sudah umum.

Penggunaan bahan peledak menciptakan fluktuasi tekanan udara (hembusan udara) pada rentang frekuensi yang luas. Bila dalam rentang frekuensi yang lebih tinggi, energi ini terdengar dan dipersepsikan sebagai 'kebisingan'. Pada frekuensi kurang dari sekitar 20 hertz, energi suara tidak terdengar, namun dapat mengakibatkan benda bergetar seperti suara bergetar pada jendela yang longgar dan keramik.

3.2 Kemudahan kesehatan

Tingkat kebisingan di pemukiman di sekitar tambang pada umumnya tidak cukup tinggi untuk berdampak langsung pada kesehatan, seperti gangguan pendengaran. Efek tidak langsung dari kebisingan dan getaran pada kesehatan orang yang terpapar hingga tingkat yang berlebihan telah banyak didokumentasikan. Penyelidikan telah menemukan bahwa paparan yang berkepanjangan dapat mempengaruhi kesehatan mental dan fisik, terutama bagi mereka yang paling sensitif terhadap suara.

Kebisingan menghasilkan dampak psikologis yang sangat spesifik. Pada dasarnya adalah gangguan komunikasi atau konsentrasi, dan gangguan tidur. Faktor-faktor ini menyebabkan iritabilitas, yang merupakan tanda pertama dari dampak psikologis kebisingan. Respons psikologis kebisingan ditentukan oleh faktor-faktor pribadi dan oleh faktor-faktor yang terkait dengan kebisingan itu sendiri.

Kebisingan frekuensi rendah bisa sangat mengganggu dan bisa menyebabkan keluhan hingga berkilometer-kilometer jauhnya dari sumber. Kebisingan frekuensi rendah dapat dianggap berkisar di frekuensi sekitar 10 hertz sampai 200 hertz. Sumber umumnya adalah pompa besar, motor atau kipas dan sirkuit dan layar yang rusak. Persepsi kenyaringan dan gangguan akibat kebisingan frekuensi rendah meningkat dengan cepat seiring meningkatnya tingkat di atas ambang batas pendengaran.

Suara dalam rentang frekuensi di bawah 20 hertz biasanya didefinisikan sebagai 'infrabunyi' dan dapat terdengar (atau terasa) sebagai sensasi berdenyut dan/atau tekanan pada telinga atau dada, atau dapat menyebabkan efek sekunder seperti getaran pada jendela atau pintu.

Karena suara frekuensi rendah antara 20 hertz dan 200 hertz menyebar dengan atenuasi minimal melalui jarak yang besar dan ditransmisikan dengan mudah melalui kemas bangunan, frekuensi ini bisa cukup menonjol di dalam pemukiman tanpa efek masking dari frekuensi yang lebih tinggi. Suara frekuensi rendah dianggap lebih mengganggu daripada kebisingan frekuensi suara sedang umum oleh warga. Ketika menentukan kepatuhan, sebagian besar pihak regulator memiliki tes objektif untuk menentukan keberadaan kebisingan frekuensi rendah. Jika suara frekuensi rendah diketahui menjadi karakteristik sumber kebisingan, penyesuaian harus dibuat hingga tingkat yang terukur untuk memperhitungkan peningkatan gangguan.

Faktor-faktor seperti sikap atau suasana hati orang, lingkungannya, tingkat stimulasi atau gangguan yang dialami, dan apakah kebisingan yang dirasakan adalah pelanggaran privasi atau gangguan, akan menentukan tanggapan pribadi. Ini penting bagi pekerja shift yang tidur di siang hari. Kemampuan kebisingan diprediksi dan frekuensinya juga akan mempengaruhi reaksi.

3.3 Efek pada fauna

Efek kebisingan pada hewan mirip dengan efek yang diamati pada manusia. Kebisingan dapat berpengaruh buruk pada satwa liar dengan gangguan pada komunikasi, menutup suara pemangsa dan mangsa, menyebabkan 'stres' atau reaksi penghindaran dan (ekstremnya) mengakibatkan kerusakan sementara atau permanen pada pendengaran. Percobaan juga menunjukkan bahwa paparan kebisingan impuls sepanjang periode tidur mengakibatkan kinerja tugas yang lebih buruk (dengan memperhatikan bahwa sebagian hewan adalah binatang malam).

Penelitian terhadap efek kebisingan pada hewan jarang dilakukan. Hasil yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan seringkali bertentangan atau tidak meyakinkan. Namun demikian, tidak cukup jelas bahwa reaksi hewan terhadap kebisingan berbeda-beda dari satu spesies ke spesies yang lain.

3.4 Dampak meteorologi pada rambatan kebisingan

Salah satu faktor yang tidak bisa dikendalikan tambang adalah pengaruh kondisi meteorologi terhadap penyebaran kebisingan, khususnya untuk jarak yang lebih panjang (lebih dari 500 m). Beberapa pemahaman tentang dampak ini sangat penting jika tambang ingin mengelola dampak kebisingan dengan efektif. Tentu yang paling penting adalah rambatan melawan arah angin dan dampak inversi suhu, yang keduanya menyebabkan kebisingan menjadi 'membelok' ke tanah sehingga meningkatkan tingkat kebisingan.

3.4.1 Efek angin

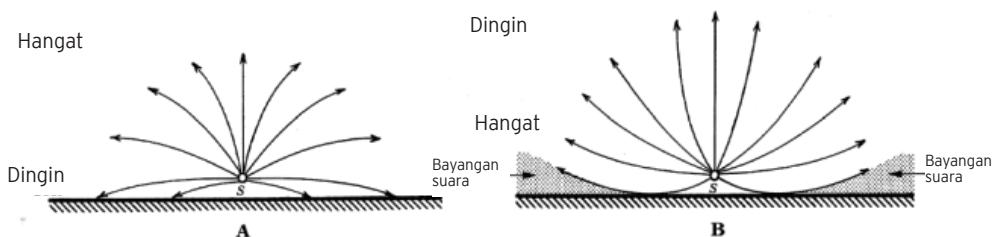
Angin yang pelan sampai sedang menghasilkan tingkat kebisingan yang lebih tinggi saat searah angin dan tingkat kebisingan yang lebih rendah saat melawan arah angin, dibandingkan udara diam.

Secara umum (dan bergantung pada jumlah dan jenis vegetasi setempat), angin sepoi-sepoi yang stabil yang berkecepatan kurang dari 1,5 meter per detik dapat meningkatkan tingkat kebisingan tanpa meningkatkan tingkat kebisingan latar belakang. Di sisi yang lain, angin berkecepatan lebih tinggi cenderung meningkatkan tingkat latar belakang mengingat turbulensi atau gerakan pohon serta semak-semak, dan mengaburkan sumber kebisingan lainnya. Searah angin, kecepatan angin yang besarnya sampai 1,5 meter per detik bisa meningkatkan tingkat kebisingan sekitar 5 dBA tergantung pada kondisi diam, dengan asumsi bahwa topografi antara sumber dan penerima datar, dan lebih jika tersedia pelindung berupa topografi alam. Sebaliknya dengan jumlah yang sama, tingkat kebisingan melawan angin bisa dikurangi.

Perlu diperhatikan bahwa peningkatan suara karena efek angin benar-benar spesifik pada lokasi dan diharapkan terjadi variasi tingkat yang signifikan dari perubahan yang 'umum dijumpai'.

3.4.2 Efek Pembalikan Suhu

Suhu udara biasanya menurun seiring dengan ketinggian (sebagaimana yang ditunjukkan pada B dalam gambar di bawah), satu kondisi yang dikenal sebagai 'penurunan suhu'. 'Pembalikan suhu' terjadi saat lapisan udara meningkat suhunya seiring dengan ketinggian, atau pada batas antara lapisan dingin yang lebih rendah dan lapisan hangat yang lebih tinggi (sebagaimana yang ditunjukkan pada A pada gambar di bawah).



Pengaruh pembalikan suhu pada perambatan suara-perambatan suara normal (A) dan perambatan dengan pembalikan suhu (B).

Di musim dingin, pembalikan suhu biasanya terkait dengan aliran penyaliran, di mana udara dingin mengalir ke tingkat dasar yang lebih rendah, sehingga menciptakan angin sepoi-sepoi. 'Aliran penyaliran' ini dipengaruhi topografi, dan karenanya dampak tingkatan efek ini bergantung pada kedalaman lapisan pembalikan.

Angin dan efek pembalikan suhu pada umumnya berlaku untuk semua jenis kebisingan, termasuk hembusan udara. Pembalikan suhu tampaknya lebih mempengaruhi suara frekuensi rendah daripada suara frekuensi yang lebih tinggi. Ini mungkin terjadi karena melalui jarak yang relatif panjang, frekuensi suara yang lebih tinggi siap dilemahkan oleh efek lain (seperti serapan atmosfer). Karena pembalikan inversi biasanya terjadi pada malam hari dan hilang dalam satu atau dua jam setelah matahari terbit pada periode musim panas, peristiwa kebisingan (terutama peledakan) harus direncanakan selama periode ini. Di area yang rentan terhadap pembalikan yang serius, kegiatan yang menimbulkan kebisingan yang terlalu berlebihan sedapat mungkin harus dihindari pada saat hari mendung.

3.5 Efek Kumulatif gangguan dari beberapa tambang

Tidak semua negara bagian memiliki panduan untuk secara efektif mengatasi dan mencegah dampak kebisingan kumulatif dari beberapa tambang, oleh karena itu setiap tambang harus memahami dan mengatasi masalah ini bersama dengan tambang yang ada di sekitar mereka.

Di beberapa kawasan mungkin ada beberapa lokasi tambang yang dapat memengaruhi penerima di pemukiman yang sama meskipun tidak berlangsung pada waktu yang sama. Satu contoh yang baik adalah di daerah Camberwell di Hunter Valley yang mendapat persetujuan multiple terpisah di beberapa perusahaan pertambangan.

3.6 Peledakan

Hembusan udara karena tekanan berlebihan adalah energi yang ditransmisikan dari lokasi ledakan, yang berjalan melalui atmosfer dalam bentuk gelombang tekanan. Ketika gelombang ini melewati posisi tertentu, tekanan udara meningkat dengan cepat, menurun lebih lambat, lalu kembali ke nilai suhu ruang setelah beberapa kali melakukan osilasi. Gelombang tekanan terdiri dari energi yang dapat didengar (kebisingan) dan tidak terdengar (konkusi). Tekanan maksimum yang berlebih dalam gelombang ini dikenal sebagai 'puncak tekanan berlebih udara', pada umumnya diukur dalam desibel menggunakan bobot frekuensi linear.

Tingkat hembusan udara yang diterima di tempat yang jauh dari ledakan merupakan fungsi dari banyak faktor, termasuk:

- massa muatan
- ketinggian *stemming* dan jenis *stemming*
- beban
- jarak lubang ledakan, urutan inisiasi ledakan, dan jeda waktu diantara lubang
- rasio diameter lubang ledakan ke beban ulangan
- tinggi wajah dan orientasi wajah
- perisai topografi
- jarak dari ledakan
- kondisi meteorologi.

Model telah dikembangkan untuk membantu memprediksi dampak hembusan udara di area sekitar. Model ini didasarkan pada data empiris, dan biasanya perlu disempurnakan dengan menggunakan pengukuran hembusan udara tekanan berlebihan yang diambil setelah tambang beroperasi.

3.7 Tindakan dan karakteristik dan kebisingan

Karakteristik gangguan kebisingan itu subjektif. Apakah kebisingan menyebabkan gangguan sebagian besar tergantung bagaimana seseorang menerimanya, lingkungan kebisingan itu didengar, jenis kegiatan dan suasana hati orang yang mendengarnya serta sejauh mana orang tersebut terbiasa dengan suara itu.

Suara diukur dalam desibel (dB). Ketika mengukur kebisingan lingkungan, jaringan pembobotan digunakan untuk menyaring frekuensi suara sehingga lebih sejalan dengan respons telinga manusia. Pengukuran kebisingan dilakukan dengan menggunakan jaringan pembobotan ini yang dinyatakan sebagai dBA.

Untuk mengelola rentang tekanan suara yang dapat terdeteksi telinga manusia, skala desibel itu bersifat logaritma serta sering membingungkan. Misalnya, jika dua mesin memancarkan persis tingkat kebisingan yang sama sebesar 80 dBA, tingkat kebisingan total bukanlah 160 dBA, melainkan 83 dBA, dua kali lipat dari intensitas yang nyaris tidak berbeda dari satu hari ke hari yang lain. Selain itu meskipun peningkatan 10 dBA pada tingkat suara sepuluh kali lipat besarnya dalam segi intensitas, angka itu hanya menunjukkan dua kali lipat kenyaringan. Contoh umum yang menggambarkan skala desibel dapat dilihat di bawah ini.

Contoh peringkat dBA atas peristiwa kebisingan

	Desibel dBA	
Ambang kesakitan	140	
	130	Mesin jet
Batas hembusan udara pada umumnya	120	
	110	Ledakan produksi di 100 m
	100	Palu batu pada 2 m
	90	Truk pembuang di 10 m
	80	
	70	Konveyor di 5 m
	60	Percakapan di 2 m
	50	
Kondisi lisensi pada umumnya	40	Ruang tengah yang tenang
	30	
	20	Waktu malam, area pedesaan
	10	
Ambang pendengaran	0	

Emisi Kebisingan diukur dengan menggunakan tingkat pengukur suara yang mendeteksi dan mencatat perubahan tekanan suara. Model yang lebih mahal juga dapat menyertakan informasi frekuensi. Untuk survei kebisingan latar belakang, pada umumnya menggunakan pencatat kebisingan lingkungan. Ini pada dasarnya berupa pengukur tingkat suara, dalam wadah yang kokoh dan tahan cuaca yang dapat diatur dan ditinggalkan untuk memantau di lokasi yang tepat.

Hembusan udara diukur dalam desibel, tetapi tidak dibobotkan seperti kebisingan lingkungan pada umumnya sehingga dinyatakan sebagai 'dB (linear)'. Peralatan khusus biasanya digunakan untuk mengukur hembusan udara, peralatan ini dirancang untuk ditinggalkan tanpa ada pengawasan dan diatur agar terpicu pada saat tingkat emisi melebihi tingkat yang telah ditentukan sebelumnya. Bentuk gelombang dari kejadian tersebut juga harus dicatat.

Untuk menggambarkan lingkungan kebisingan secara keseluruhan, sejumlah deskriptor kebisingan telah dikembangkan. Ini melibatkan analisis statistik dan lainnya atas berbagai variasi kebisingan selama periode pengambilan sampel yang biasanya dilakukan selama 15 menit. Empat deskriptor yang paling umum digunakan, yang ditunjukkan dalam grafik di bawah ini, adalah:

- Tingkat kebisingan maksimum (LA_{max})-Tingkat kebisingan maksimum selama periode sampel merupakan tingkat maksimum, diukur pada respons yang cepat selama periode sampel.
- LA_{10} -Tingkat LA_{10} adalah tingkat kebisingan yang melampaui 10 persen dari periode sampel. Selama periode sampel, tingkat kebisingan di bawah tingkat LA_{10} selama 90 persen dari waktu. LA_{10} adalah deskriptor kebisingan yang umum untuk kebisingan lingkungan serta kebisingan lalu lintas jalan.
- LA_{eq} -Tingkat bunyi kontinu ekuivalen (LA_{eq}) adalah rata-rata energi dari variasi kebisingan selama periode sampel dan setara dengan tingkat kebisingan konstan yang berisi energi yang sama dengan variasi kebisingan lingkungan. Pengukuran ini juga merupakan pengukuran kebisingan yang umum dan kebisingan lalu lintas jalan.
- LA_{90} -Tingkat LA_{90} adalah tingkat kebisingan yang melampaui 90 persen selama periode sampel. Selama periode sampel, tingkat kebisingan di bawah tingkat LA_{90} selama 10 persen dari waktu. Tindakan ini umumnya disebut sebagai 'tingkat kebisingan latar belakang'.

Sampel survei kebisingan menunjukkan langkah-langkah tingkat kebisingan utama.



3.8 Penghubung masyarakat

Penghubung antara perusahaan tambang dan masyarakat merupakan hal yang penting di setiap titik operasi penambangan, mulai dari awal tahap usulan, selama seluruh proses penyelidikan, penilaian, serta persetujuan, dan selama keseluruhan operasi tambang.

Anggota masyarakat harus terus diinformasikan dan dilibatkan dalam proses pengambilan keputusan yang memengaruhi mereka jika hubungan kerja yang baik ingin terbentuk di antara semua pihak yang terlibat. Hubungan kerja yang baik merupakan kunci bagi pendekatan menang-menang untuk menghindari serta menyelesaikan kemungkinan terjadinya keluhan. Implementasi dari program konsultasi masyarakat yang efektif akan memberikan kepercayaan bagi publik dan mengarah pada perencanaan dan fase persetujuan yang tanpa kendala serta periode operasional yang lebih efisien.

Kurangnya pengetahuan dan pemahaman seringkali menjadi penyebab ketakutan masyarakat di seputar usulan pertambangan. Kesalahpahaman sering mengakibatkan keberatan dan kesulitan yang tidak membangun dan memicu semangat tidak mau bekerja sama. Dengan menyediakan informasi dan titik temu di awal proyek pertambangan, dan terus menanggapi kekhawatiran masyarakat, perusahaan pertambangan memosisikan dirinya dengan baik untuk menyukseskan pelaksanaan program pengelolaan lingkungan. Aspek konsultasi dan penglibatan masyarakat dibahas dalam buku pegangan praktik terbaik keterlibatan dan pembangunan Masyarakat (DITR 2006).

Sebagai bagian dari rencana pengelolaan kebisingan dan getaran, perusahaan pertambangan harus mengembangkan kebijakan yang menjalin hubungan dengan masyarakat dalam menangani masalah kebisingan serta getaran. Rencana pengelolaan harus membuat protokol untuk menangani keluhan yang akan memastikan bahwa semua masalah dibahas dan tindakan korektif sebagaimana mestinya telah diidentifikasi dan diimplementasikan jika dan bila perlu.

Protokol ini harus bersifat proaktif dan responsif. Minimal, protokol harus memasukkan tindakan berikut (dan mengidentifikasi orang yang bertanggung jawab untuk setiap tindakan).

- Identifikasi orang yang ditunjuk sebagai penghubung untuk properti yang berpotensi terpengaruh, serta memberikan uraian singkat tentang proyek kepada mereka (bersama-sama rincian prosedur untuk mengajukan keluhan serta harapan yang mungkin mereka miliki tentang mekanisme respons yang akan dilaksanakan).
- Meneruskan semua keluhan kepada orang yang bertanggung jawab untuk menanganinya.
- Menyimpan catatan terkait sumber dan sifat dari keluhan.
- Menyelidiki keluhan untuk menentukan apakah kriteria telah terlampaui atau apakah kebisingan dan/atau getaran tidak semestinya terjadi.
- Jika kebisingan dan/atau getaran yang berlebihan atau tidak perlu telah terjadi, rencanakan dan laksanakan tindakan korektif.
- Laporkan keluhan terinci dan tindakan korektif.
- Informasikan kepada pengadu bahwa keluhan mereka sedang ditangani dan (jika perlu) tindakan korektif sedang dilakukan.
- Lakukan pemantauan tindak lanjut atau penyelidikan yang lainnya untuk memastikan efektifitas tindakan korektif.
- Informasikan kepada pengadu mengenai keberhasilan pelaksanaan tindakan korektif.

3.9 Tahap perencanaan

Perencanaan yang baik sangat penting untuk mengurangi dampak kebisingan yang mungkin memengaruhi masyarakat atau lingkungan alam sekitarnya. Mengoptimalkan cara pelaksanaan program eksplorasi dan cara tambang dirancang dari tahap yang paling awal, dengan bantuan seorang spesialis akustik, dapat meminimalkan dampak dan membantu dalam memenuhi harapan masyarakat.

Langkah pertama dalam menerapkan praktek kerja unggulan untuk sebuah proyek baru, atau pembangunan kembali proyek yang sudah ada, adalah memastikan bahwa keahlian yang sesuai sudah dimiliki tim yang akan melakukan penilaian lingkungan yang menguji usulan secara terperinci dan mengidentifikasi semua potensi sumber kebisingan.

Tahapan kerja dalam fase perencanaan bisa dikategorikan secara luas sebagai berikut:

- memantau latar belakang atau kebisingan sekitar di dalam masyarakat manapun yang berpotensi terkena dampak
- menetapkan kriteria kebisingan dan tujuan disain untuk menilai dampak yang merugikan, termasuk di lokasi dan di luar lokasi (kriteria peraturan wajib sedikit berbeda di antara yurisdiksi, informasi lebih lanjut tersedia dari otoritas perlindungan lingkungan di masing-masing negara bagian)
- memprediksi tingkat kebisingan untuk sejumlah skenario di masa mendatang, termasuk skenario di lokasi dan di luar lokasi (transportasi), ini biasanya melibatkan model komputer yang menyeluruh.

Jika penilaian lingkungan menunjukkan bahwa kriteria kebisingan akan terlampaui, ada persyaratan untuk merancang langkah-langkah mitigasi yang layak dan wajar yang akan mengurangi dampak secara efektif. Jika hal ini tidak mungkin, ada kemungkinan bahwa akuisisi properti diperlukan.

3.9.1 Pemantauan kebisingan latar belakang atau di sekitar

Sebagai bagian dari proses penilaian lingkungan untuk setiap proyek, biasanya ada persyaratan untuk memahami dan mengukur kebisingan lingkungan sekitar yang ada pada saat ini. Pemantauan biasanya berbentuk pengumpulan pengukuran dengan menggunakan pencatat kebisingan yang tidak diawasi dan otomatis. Pemantauan harus dilakukan selama periode waktu yang memadai untuk mencerminkan kondisi sebenarnya serta kondisi berulang yang biasanya dialami di area tersebut, serta tidak boleh terlalu dipengaruhi oleh variasi musiman karena pembalikan suhu, angin, serangga, dan sebagainya. Dalam kenyataannya, pemantauan berkelanjutan dilakukan selama paling sedikit satu minggu di tempat-tempat yang mewakili wilayah pemukiman sekitarnya atau penerima kebisingan yang sensitif lainnya (seperti sekolah atau gereja), yang idealnya dilakukan sebelum tambang beroperasi atau pada saat tambang tidak beroperasi.

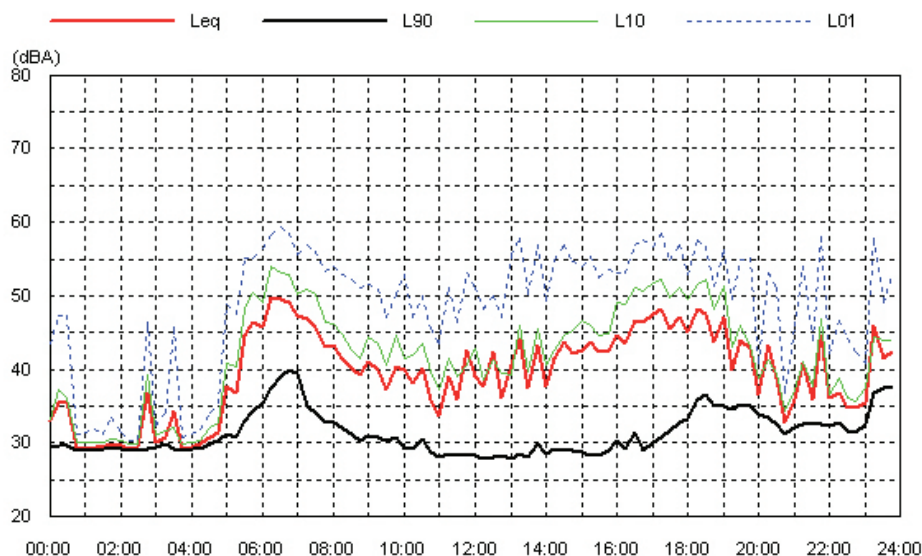
Informasi yang diperoleh dari pengukuran ini biasanya digunakan untuk menetapkan kriteria proyek tersebut. Ukuran terpenting adalah tingkat kebisingan latar belakang (LA90), yang biasanya diukur dalam periode 15 menit.

Kondisi meteorologi bisa memengaruhi tingkat kebisingan secara signifikan. Angin stabil, misalnya, pada umumnya menyebabkan peningkatan tingkat kebisingan latar belakang karena gerakan pepohonan. Angin kencang dan hujan dapat menyebabkan pengukuran tingkat kebisingan yang naik namun demikian tidak mencerminkan keadaan sebenarnya. Agar periode cuaca buruk bisa teridentifikasi, stasiun cuaca harus disiapkan agar dapat terus memantau kecepatan dan arah angin serta curah hujan. Data kebisingan selanjutnya harus disaring untuk memperhitungkan kondisi cuaca yang memiliki pengaruh atas hasil rekaman kebisingan.

Sebagian tempat yang ada di sekitar lokasi tambang yang baru sudah mengalami kebisingan dari lalu lintas jalan, jalur kereta api, tambang lain yang sudah ada atau sumber kebisingan yang mengganggu lainnya. Dalam situasi ini, selain pemantauan tanpa pengawasan, ada juga kemungkinan kebutuhan melakukan pemantauan kebisingan dengan pengawasan untuk memahami tingkat kebisingan yang ada dan memperkirakan kontribusi dari setiap sumber. Pengukuran ini juga dapat memberi cara untuk validasi metode prediksi kebisingan yang akan digunakan untuk menilai kebisingan dari proyek. Pengukuran sering kali bisa dilakukan pada satu atau dua ciri perwakilan untuk validasi setiap prediksi.



Contoh pencatat kebisingan lingkungan yang sedang beroperasi. Sumber: Wilkinson Murray.



Contoh grafik output dari pemantau kebisingan. Sumber: Wilkinson Murray.

3.9.2 Peraturan

Kebisingan operasional dan konstruksi

Pedoman kebisingan berbeda-beda di seluruh Australia. Pada umumnya, pedoman terdiri dari dua aspek: kontrol kemunculan kebisingan tambang di atas tingkat latar belakang, dan/atau tingkat mutlak yang bervariasi antara siang, sore, dan malam hari.

Di area yang sangat tenang, peraturan pembatasan biasanya ditentukan berdasarkan kemunculan di atas kriteria kebisingan latar belakang, sementara di area dengan kebisingan industri atau kebisingan lalu lintas jalan yang ada pada saat ini, mungkin kriteria mutlak atau 'amenity' adalah yang paling ketat. Kriteria 'kemunculan' adalah untuk kebisingan tambang (biasanya diukur selama periode 15 menit baik sebagai L_{eq} maupun L_{10}) agar tidak melebihi tingkat kebisingan latar belakang (biasanya diukur sebagai L_{90}) 5 dBA. Jika kebisingan tambang memiliki karakteristik yang 'tidak menyenangkan' (seperti nada suara atau keimpulsifan) pada penerima, maka perlu menambahkan faktor koreksi pada kebisingan tambang terukur atau terprediksi.

Untuk mencegah terbentuknya 'background creep' ('rayapan latar belakang') secara berturut-turut, tingkat perencanaan sering ditetapkan di bawah tingkat kebisingan latar belakang pada saat ini untuk memastikan bahwa efek kumulatif tidak berakibat pada tingkat kebisingan latar belakang lingkungan yang melebihi tingkat yang dapat diterima.

Selain kriteria tersebut, ada juga kewajiban untuk mempertimbangkan potensi gangguan tidur di malam hari. Ini dapat terjadi karena kebisingan yang ditimbulkan oleh benturan dan dentuman karena kereta yang memintas, atau muatan pertama yang dibuang dalam truk angkut yang kosong. Penilaian biasanya menganggap kemunculannya di atas tingkat latar belakang, tetapi masuk dalam tingkat kebisingan maksimum jangka pendek daripada 'rata-rata' L_{eq} atau L_{10} .

Kebisingan transportasi

Alih-alih harus mencapai kriteria 'latar belakang +', pendekatan sumber kebisingan transportasi sering hanya menominasikan batas mutlak yang harus dicapai, berdasarkan batas jam atau 24 jam. Dalam hal tingkat kebisingan lalu lintas pada saat ini sudah cukup tinggi dan melebihi batas mutlak, pendekatan normal menetapkan kriteria untuk membatasi setiap kenaikan lebih lanjut dalam kebisingan.

Kebisingan hembusan udara

Standar Australia AS 2187.2-2006 Bahan Peledak-penyimpanan dan berbagai penggunaan bahan peledak memberi rekomendasi batas untuk kontrol kosmetik kerusakan pada struktur. Batas dari 133 dB (linier) direkomendasikan sebagai tingkat yang aman yang akan mencegah kerusakan arsitektur/struktur akibat hembusan udara. Standar menyatakan lebih lanjut bahwa batas yang berbeda mungkin perlu dikembangkan untuk struktur layanan seperti pipa, kabel listrik dan kabel yang terletak di atas tanah.

Kriteria standar yang dirancang untuk menilai risiko kerusakan struktural. Standar ini tidak cocok untuk menilai reaksi manusia terhadap hembusan udara. Pedoman ini bervariasi di seluruh Australia, namun demikian batas dalam urutan 110 dB (linier) sampai 120 dB (linier) biasanya dianjurkan. Ini harus digunakan untuk bangunan yang akan tetap didiami selama peledakan. Batas yang lebih tinggi berlaku untuk bangunan kosong.

3.9.3 Pemodelan skenario pertambangan di masa mendatang

Dengan memperkirakan emisi kebisingan dari proyek pertambangan biasanya dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak pemodelan kebisingan lingkungan. Ada berbagai paket perangkat lunak prediksi kebisingan yang tersedia, sepanjang menggunakan algoritma industri yang diakui, paket perangkat lunak ini harus dapat diterima. Kemampuan untuk menangani kondisi meteorologi yang berbeda juga sangat penting. Spesialis akustik biasanya memiliki preferensi, dan manajemen tambang harus memahami model yang mereka usulkan untuk digunakan dan bagaimana output dari model yang tersebut akan berhubungan dengan tingkat kebisingan yang ada di masyarakat.

Sebuah model kebisingan membutuhkan tiga jenis informasi:

- data topografi tanah untuk mewakili jejak tambang dalam beberapa tahap dalam hidupnya-ini mencakup kedalaman lubang tambang, dan lokasi dan gradien jalan angkutan
- lokasi dari semua fasilitas dan peralatan serta perkiraan terciptanya kebisingan-ini seperti sebuah foto udara yang diambil pada waktu perwakilan skenario operasional 'kasus terburuk tertentu' (bukan kasus terburuk mutlak), menjelaskan peralatan dan kebisingan apa yang akan dihasilkan (ini mungkin dapat ditinjau kembali beberapa kali selama pemodelan)
- Data pada kondisi meteorologi selama beberapa tahun, dari stasiun cuaca di atau dekat lokasi.

Model Kebisingan bisa sangat berguna dalam menentukan peringkat dari berbagai sumber kebisingan di lokasi dan, oleh karena itu, perubahan kontribusi suara dari tambang yang dapat dihasilkan dari berbagai skenario operasional atau tindakan mitigasi kebisingan. Sebagai alat perencanaan, pengukuran dapat memberikan data tentang 'rata-rata' tingkat kebisingan yang diharapkan pada penerima, cukup untuk memungkinkan keputusan jenis perencanaan.

Tentu saja, pada tahap ini proyek tidak memiliki alternatif untuk menggunakan model prediktif, namun demikian manajemen tambang harus memahami keterbatasan dari setiap model kebisingan. Di awal proses perencanaan, model kebisingan tidak dapat memprediksi dengan tingkat keakuratan yang tinggi (1-2 dBA) tingkat kebisingan yang akan terjadi di pemukiman tertentu selama periode 15 menit untuk skenario operasi tertentu. Seiring waktu (beberapa tahun), melalui validasi yang memadai selama fase desain terinci serta fase operasional, model keterbatasan harus berkembang sedemikian rupa sehingga menjadi sangat spesifik lokasi dan lebih akurat.

Model kebisingan hanya akan baik jika ada informasi yang dimasukkan. Sebagian besar dikembangkan dengan menggunakan data empiris berdasarkan pengukuran yang dilakukan di beberapa bagian dunia selama 30-40 tahun terakhir. Model kebisingan mereka dari segi kondisi meteorologi kurang dikembangkan dan berasumsi bahwa hanya satu 'set kondisi' ada di sepanjang jalur kebisingan dari sumber sampai penerima. Ini jelas tidak terjadi dalam prakteknya, karena itu berbagai kisaran tingkat kebisingan yang diukur akan diharapkan untuk satu 'set' kecepatan dan faktor arah angin atau faktor pembalikan suhu. Model dapat mewakili penyesuaian terbaik (*best fit*) atau rata-rata data yang diukur. Harus disadari bahwa tingkat kebisingan dapat bervariasi sebesar 5 dBA dan bahkan hingga 10 dBA dalam kondisi meteorologi yang berbeda.

3.9.4 Langkah-langkah mitigasi dan akuisisi

Pada tahap perencanaan, serta mengidentifikasi tindakan "pada prinsipnya" untuk mengurangi kebisingan pada sumbernya, pendukung proyek sering kali harus mempertimbangkan pengambilalihan beberapa properti.

Tindakan pengendalian di lokasi yang pernah berhasil digunakan oleh perusahaan yang mempekerjakan praktek kerja unggulan mencakup:

- memilih bangunan yang memiliki tingkat kebisingan rendah
- mengoptimalkan tata letak tambang untuk melindungi bangunan yang memiliki tingkat kebisingan rendah dan jalan pengangkutan
- menerapkan langkah-langkah peredaman lainnya untuk fasilitas permanen dan bergerak serta kipas ventilasi
- memasang penutup akustik di sekitar bangunan proses
- menggunakan 'alarm pintar' untuk meminimalkan keluhan terkait alarm mundur yang ada pada kendaraan
- meminimalkan komponen nada atau ciri impulsif atau berjeda dari kebisingan
- merancang secara strategis dinding pematang untuk penyaringan akustik
- menggabungkan zona penyangga dan lanskap penghalang.

3.10 Eksplorasi, pembangunan, dan fase desain terperinci

Setelah persetujuan perencanaan telah diberikan atau diharapkan akan diberikan, fase desain terperinci dimulai. Selama fase proyek ini sebagian besar pekerjaan yang dilakukan selama fase perencanaan akan ditinjau kembali secara lebih terperinci. Tiga hasil penting yang saling terkait harus dicapai dan didokumentasikan dalam fase ini:

- spesifikasi kebisingan fasilitas dan peralatan untuk pemasok
- tinjauan dan desain terperinci mengenai tindakan mitigasi, termasuk penjadwalan yang menunjukkan posisi dan ketinggian gundukan kebisingan atau desain keteknikan atau spesifikasi kinerja untuk wilayah tertutup serta selubung bangunan
- rencana pengelolaan kebisingan. Mengembangkan rencana seperti itu sering merupakan syarat persetujuan proyek, dan menerapkan rencana akan memenuhi persyaratan perizinan.

3.10.1 Spesifikasi fasilitas dan peralatan

Asumsi tentang tingkat kebisingan dari peralatan yang dibuat selama fase penilaian lingkungan harus dipahami dan dialihkan dengan benar ke dalam spesifikasi untuk penyediaan fasilitas dan peralatan. Ini harus merinci tingkat kebisingan di bawah beban atau kondisi kecepatan tertentu pada jarak tertentu dari setiap bagian dari segi fasilitas. Ada standar uji Australia dan/atau internasional yang harus diikuti jika memungkinkan untuk menghindari kerancuan dalam penyediaan peralatan. Spesifikasi ini juga harus mewajibkan diujinya peralatan oleh personel terakreditasi independen setelah disampaikan atau dipasang di lokasi (lihat Bagian 3.10.1).

Jika bangunan atau selubung yang menjadi tempat peralatan ditentukan, baik desain secara terperinci atau spesifikasi kinerja harus disertakan. Dalam hal kebisingan, perhatian terhadap rincian sangat penting. Singkatnya adalah bahwa 90 persen dari kebisingan dapat keluar melalui pembukaan sebesar 10 persen. Jika operator telah bersusah payah merancang bangunan beton dengan hilangnya transmisi suara yang sangat baik, akan tetapi lupa menangani pembukaan untuk udara segar, upaya dan biayanya akan sia-sia belaka.

3.10.2 Rencana pengelolaan lingkungan termasuk kebisingan dan getaran

Rencana pengelolaan kebisingan dan getaran harus dikembangkan selama fase desain terperinci. Tujuan utamanya adalah untuk menunjukkan komitmen perusahaan untuk mencapai tujuan lingkungan (biasanya, kriteria kebisingan sebagai bentuk syarat persetujuan) yang dengan jelas menetapkan kebisingan lingkungan sekarang ini, menyatakan tujuan desain dan persyaratan hukum, serta menggambarkan tindakan pengendalian, pemantauan emisi serta pelaporan program, prosedur penanganan setiap pelanggaran, dan prosedur keluhan dan hubungan masyarakat.

Sangat mungkin jika pemantauan kebisingan sekitar lebih banyak dilakukan dan model komputer yang dikembangkan untuk penilaian lingkungan disempurnakan dan diperbarui lebih lanjut seiring dengan kepastian tentang jenis fasilitas dan lokasinya yang dikembangkan (lihat Bagian 3.10). Ketika hal ini terjadi, teknik mitigasi kebisingan harus ditinjau dengan mendalam.

STUDI KASUS: Truk muat tersenyap di dunia

Pertambangan di Hunter Valley di New South Wales memiliki beberapa kriteria kepatuhan kebisingan operasional yang paling ketat di industri pertambangan. Seorang konsultan melakukan atenuasi (pelemahan) akustik pada tiga truk angkut Caterpillar 789C yang baru untuk mencapai 113 dBA pada uji statis dan dinamis.



Truk yang ditangani pertama berhasil mencapai uji kebisingan dengan mencapai 110 dBA untuk uji dinamis dan 106 dBA untuk uji statis, dibandingkan dengan 123 dBA/119dBA untuk truk yang tidak ditangani. Kinerja kebisingan tercapai tanpa menghalangi sistem pendingin truk.

Proyek ini dimulai dengan diskusi dengan klien, untuk mengetahui harapan klien. Ini diikuti dengan menguji sebuah truk 789C yang belum ditangani akustiknya untuk mengumpulkan data kebisingan dasar. Pengukuran intensitas suara juga dilakukan. Intensitas bunyi mengukur kemampuan arah sumber kebisingan, selain besarnya suara, yang dapat memberikan penilaian yang lebih akurat tentang lokasi sumber-sumber kebisingan yang bermasalah pada mesin.

Pengukuran awal, berdasarkan ISO 6395 dan ISO 4872, memungkinkan konsultan untuk menetapkan berapa standar 789C CAT diperlukan untuk menurunkan akustik untuk memenuhi spesifikasi. Namun demikian, pengukuran ini tidak memberikan informasi yang cukup untuk isolasi kebisingan bermasalah dan frekuensi tertentu.

Pemetaan kebisingan mendalam dan analisis truk dilakukan dengan menggunakan intensitas suara dengan mempertimbangkan standar ISO 9614-1. Analisis akustik memungkinkan konsultan mengisolasi area spesifik yang mengalami masalah kebisingan dan frekuensi dominannya. Analisis akustik juga mengindikasikan tempat atenuasi harus difokuskan dan tempat pendekatan atenuasi yang kurang agresif bisa dilakukan.

(bersambung)

Informasi penting yang dikumpulkan melalui diskusi dengan klien (dan operator) memberi tim teknik informasi berharga untuk memperhatikan bidang-bidang utama yang bisa dilayani dan kriteria kinerja fungsional.



Proses desain ini meliputi:

- pertimbangan teknik manufaktur
- pemodelan akustik
- manufaktur eksplorasi dan manufaktur uji
- pertimbangan kemampuan servis, kesehatan dan keselamatan kerja, standardisasi, kinerja fungsional (muatan dan pendinginan truk) dan daya tahan, termasuk paparan ke cairan mesin, akumulasi kotoran dan kelelahan, serta pembersihan meriam air bertekanan tinggi
- desain barang terkait seperti sistem akses (tangga, sistem penahan, jalan pejalan kaki).

3.10.3 Hirarki kontrol

Tindakan yang pada umumnya digunakan berdasarkan rencana pengelolaan kebisingan dan getaran termasuk (untuk penurunan efektivitas):

- Memilih fasilitas dan peralatan dengan tingkat kebisingan yang lebih rendah yang menyertakan tersedianya kit kendali kebisingan. Ini harus menjadi salah satu tindakan pertama yang dipilih untuk meminimalkan dampak kebisingan. Misalnya, knalpot dan peredam radiator pada fasilitas penggalian tanah umumnya menghasilkan pengurangan kebisingan sebesar 5 dBA. Ketika menyelidiki solusi rekayasa untuk fasilitas dan peralatan, sekurang-kurangnya pertimbangan untuk kinerja termal, persyaratan pelayanan, kesehatan dan keselamatan kerja, dan pembatasan batas berat harus diambil.
- Menambahkan attenuator untuk kipas ventilasi tambang. Sebagaimana alat pabrik yang diredamkan, ini harus menjadi salah satu pilihan pengelolaan yang pertama kali digunakan, untuk memastikan berkurangnya tingkat kebisingan kipas dengan margin yang telah ditentukan dan emisi tidak akan melebihi batas yang dapat diterima.
- Menyediakan penutup akustik dan penanganan akustik dari bangunan proses. Ini adalah solusi yang sangat efektif untuk fasilitas penghancur, pencuci batubara dan sejenisnya. Penurunan sebesar 10 dBA dapat diharapkan dari penutup logam lembaran ringan. Lubang ventilasi harus diarahkan menjauh dari penerima kebisingan yang sensitif.
- Mengatur emisi dari alarm mundur. 'Alarm cerdas' yang membatasi sinyal balik hingga 10 dBA di atas tingkat kebisingan sekitar dapat dipilih, sehingga mengurangi gangguan (terutama di malam hari).
- Mengenali penempatan yang optimal dari tempat pembuangan sampah, lokasi jalan angkut, lokasi pabrik tetap seperti penghancur dan hopper pemuatan. Tempat pembuangan sampah, timbunan stok dan sejenisnya dapat digunakan untuk melindungi barang-barang tetap milik pabrik yang menghasilkan kebisingan.
- Menghilangkan karakteristik emisi kebisingan suara, impulsif atau berselang. Karakteristik ini lebih mungkin menyebabkan gangguan karena kemungkinan keluhan lebih sedikit untuk kebisingan broadband yang terus menerus terjadi daripada kebisingan yang sesekali dan/atau bernada. Komponen nada sering terjadi karena kesalahan pada mesin dan bisa dihilangkan dengan pemeliharaan yang tepat. Sistem kontrol lanjutan yang memungkinkan peralihan antara alarm yang terdengar selama operasi di siang hari dan alarm cahaya saat periode malam hari yang lebih tenang. Menggunakan lampu kilat sebagai alarm akan menghilangkan kebisingan berselang dan impulsif yang dihasilkan oleh alarm yang terdengar.
- Menyediakan dinding suara dan penyaring akustik. Pilihan ini umumnya efektif bila fasilitas beroperasi di permukaan tanah di dekat dinding pematang. Selain itu, tanggul tanah sering bisa dibangun dari lapisan pengubur dan bahan yang digali dalam penggalian awal, dan memberikan alternatif penimbunan tanah untuk pekerjaan rehabilitasi di masa mendatang. Namun demikian, penggunaan pematang kurang efektif saat jarak antara pematang dan sumber kebisingan dan penerima bertambah.
- Memasukkan zona penyangga yang optimal serta jarak kemunduran. Ini paling efektif jika melibatkan jarak yang jauh. Secara umum, melipatgandakan jarak antara sumber dan penerima akan menghasilkan pengurangan tingkat kebisingan sebesar 6 dBA.

- Tempat tinggal yang mengatur kondisi akustiknya. Ini umumnya dipandang sebagai upaya terakhir, meningkat pengurangan keseluruhan yang dicapai sering tidak sesuai dengan biaya yang dikeluarkan. Selain itu, tidak ada perbaikan fasilitas luar.

Kebisingan frekuensi rendah menjadi sangat sulit dikurangi karena besarnya panjang gelombang yang terlibat. Semua bahan bangunan lebih dapat mengurangi frekuensi yang lebih tinggi daripada frekuensi yang lebih rendah. Juga diperlukan unsur bangunan berukuran besar seperti dinding beton, atau konstruksi jenis papan plaster atau drywall dengan rongga udara yang besar. Pembukaan ventilasi cenderung menjadi masalah spesifik, mengingat sebagian besar louvre (lubang rana) dan attenuator kesulitan menangani kebisingan frekuensi rendah. Saran dari ahli harus diperoleh untuk desain penutup di sekitar peralatan dengan komponen frekuensi rendah yang signifikan, seperti pompa, sirkuit penghancuran, penyaring dan motor besar.

Langkah-langkah yang biasa diterapkan untuk mengendalikan dampak hembusan udara meliputi:

- mengurangi massa muatan
- meningkatkan/mengoptimalkan ketinggian stemming dan memastikan jenis stemming memenuhi syarat
- menghilangkan kabel detonator yang terbuka dan sisi yang menghadap ke peledakan sekunder agar jauh dari penerima yang berpotensi sensitif
- menggunakan penjarakan lubang dan beban yang akan menjamin kekuatan ledakan cukup untuk memecahkan bijih menjadi ukuran yang diperlukan
- menerapkan desain praktek unggulan dari urutan inisiasi ledakan dan waktu jeda (lihat Bagian 4.5)
- menyediakan zona penyangga dan jarak mundur yang optimal untuk struktur yang sensitif
- menangani kondisi akustik tempat tinggal

STUDI KASUS: Rig pengeboran eksplorasi permukaan yang menekan kebisingan

Selama bertahun-tahun, perusahaan telah berupaya untuk memanfaatkan sepenuhnya izin eksplorasinya, karena pembatasan kebisingan terkait dengan pengoperasian mesin di area perkotaan yang sudah terbangun. Perusahaan telah mencoba berbagai bentuk pengurangan kebisingan, termasuk di sekitar rig dengan kontainer pengiriman dan bandelajerami besar, mendirikan dinding suara, dan bahkan menggali lubang besar agar rig pengeboran dapat bekerja. Langkah-langkah ini semua memiliki tingkat keberhasilan tertentu namun masih belum ideal.

Di tahun 2007, perusahaan membeli sebuah rig pengeboran Atlas Copco CS14, dengan maksud menutup unit dalam kontainer yang sepenuhnya menutup kebisingannya.

Bagian pengeboran mengidentifikasi perlunya untuk membuat sistem agar modular dan mandiri. Enam kontainer laut yang digunakan-empat di lantai dasar dan dua pada tiang rig-untuk menutup seluruh tempat kerja. Semuanya, termasuk cairan pengeboran, peralatan, batang bor, pembangkit listrik dan bahkan ruang tidur, itu tertutup dalam sistem ini.

Setelah berkonsultasi dengan insinyur akustik, perusahaan memutuskan untuk menggunakan campuran produk peredam kebisingan di dinding kontainer untuk mengurangi kebisingan internal maupun eksternal. Produk peredam kebisingan termasuk cat pemat suara, busa penyerap suara setebal 50 milimeter dan penghambat suara nilon setebal 6 milimeter.

Paduan ini terbukti sangat sukses, mengurangi emisi kebisingan dari 110 dB pada mesin hingga 52 dB di luar kontainer dan 38 dB diukur pada 200 meter. Dengan penurunan 30 dB di dalam kontainer, redaman kebisingan diterima sebagai prestasi yang besar dalam hal kenyamanan dan keamanan operator.

Rig yang diberi kontainer berhasil diselesaikan dalam waktu enam bulan dengan pengeboran selama 24 jam di dua lokasi, keduanya hanya berjarak 200 meter saja dari pemukiman. Hingga saat ini, tidak ada keluhan yang diterima dari masyarakat sekitarnya.

3.11 Fase konstruksi, pemulaan, dan operasi

Tahap ketiga dalam pengelolaan kebisingan untuk melaksanakan pemantauan komprehensif dan program audit selama konstruksi, pemulaan, dan fase operasi, dan bahkan fase penutupan dan rehabilitasi. Program pemantauan menyediakan sarana bagi perusahaan pertambangan untuk menjaga rekor emisi kebisingan lingkungan. Teknologi juga memungkinkan manajer tambang untuk memiliki akses ke data secara seketika, dari lokasi pemantauan kediaman di sekitar tambang, yang mana data itu dapat dipakai untuk keputusan operasional. Program Audit juga membahas prosedur perusahaan untuk menangani pengaduan dan memastikan sasaran mutu terpenuhi.

3.11.1 Pemantauan kepatuhan di lokasi

Selama pemulaan atau tahap operasional awal tambang, pemilik tambang akan sering ingin mengkonfirmasi bahwa peralatan yang disediakan memenuhi nilai-nilai tingkat kekuatan suara yang ditentukan dalam proses pengkajian lingkungan dan dimasukkan ke dalam spesifikasi peralatan dalam tahap desain yang mendetail.

Bentuk pemantauan biasanya dilakukan oleh konsultan akustik yang berpengalaman yang hadir di lokasi tambang, baik menggunakan pengukur tingkat suara konvensional maupun teknik pengukuran yang lebih canggih seperti langkah-langkah intensitas kebisingan atau kamera bahkan akustik. Umumnya, pengukuran tingkat tekanan suara dilakukan pada jarak yang ditetapkan dari sumber yang kemudian dikonversi menjadi tingkat kekuatan suara untuk dibandingkan dengan satu spesifikasi.

Selain pengukuran tingkat suara secara keseluruhan (dBA), jenis pengukuran ini juga bisa dilakukan dalam pita oktaf atau pita oktaf ketiga untuk menentukan kandungan frekuensi kebisingan. Prosedur terperinci untuk pengukuran tersebut umumnya ditemukan dalam standar Australia atau luar negeri. Untuk memungkinkan perbandingan dengan spesifikasi dalam kontrak prosedur ini perlu diikuti secara akurat.

Teknik pengukuran intensitas berguna untuk mengisolasi sumber tertentu atau berjerawat keluarnya kebisingan dari bangunan. Kamera akustik memberikan indikasi visual yang jelas dari titik panas, bila digunakan oleh operator yang terampil yang memahami keterbatasan teknis dari suatu perangkat tertentu.

3.11.2 Pemantauan kepatuhan di luar lokasi

Pemantauan kepatuhan di lokasi mungkin merupakan bidang yang paling kontroversial dalam pemantauan kebisingan, bukan karena pengukurannya yang rumit, tetapi karena banyaknya penafsiran kualitas dan kuantitas data yang dibutuhkan untuk mendapatkan jawaban yang 'benar'. Banyak penafsiran ini terkait pertanyaan apakah kondisi persetujuan mengharuskan tidak pernah terlampauinya kriteria kebisingan dalam kondisi apa pun, atau apakah kondisi akan memungkinkan terlampauinya kriteria kebisingan selama sebagian kecil dari waktu (biasanya kurang dari 10 persen).

Pemantauan kepatuhan biasanya memerlukan kunjungan langsung ke lokasi sekali setiap empat bulan sekali untuk memantau di sejumlah penerima di sekitar perwakilan lokasi tambang, yang masing-masing berlangsung selama satu atau dua jam. Pemantauan ini umumnya dilakukan di malam hari. Jelas, tingkat kebisingan sangat bergantung pada kegiatan yang sebenarnya dilakukan dan, khususnya, kondisi cuaca di malam hari. Di malam tertentu, angin yang berlawanan dengan tempat tinggal hampir tak terdengar dan tidak terukur, sementara tempat tinggal yang searah angin memiliki tingkat kebisingan yang tinggi namun tidak sering dialami. Ada kekurangan dalam sisi kepatuhan selama satu tahun jika ditentukan oleh pengukuran yang diambil dalam waktu singkat.

Sebagai alternatif pemantauan kepatuhan secara langsung, peralatan yang serupa dengan yang digunakan untuk pemantauan kebisingan latar belakang dapat digunakan di lokasi. Namun demikian, di lingkungan pedesaan dan semi pedesaan sering ada banyak sumber kebisingan setempat yang menutupi suara kegiatan tambang, yang berarti bahwa hampir tidak mungkin untuk menentukan apakah kebisingan pasti terkait tambang. Teknik ini hanya bisa digunakan dengan yakin dalam hal di mana dampak kebisingan lokasi tambang adalah konstan (misalnya, dampak kebisingan di tempat tinggal sangat dekat dengan kipas ventilasi).

Salah satu keuntungan dari pengukuran langsung dengan pengawasan dan pengukuran tanpa pengawasan adalah kemampuan insinyur yang mengumpulkan pengukuran untuk memperkirakan proporsi kebisingan yang disebabkan oleh tambang. Namun demikian, bergantung pada kontribusi relatif dari kebisingan tambang dan kebisingan sekitar, ada kesalahan sebesar 2-3 dBA. Meskipun tidak besar, perbedaan ini dalam beberapa kasus sudah cukup mengubah hasil dari asumsi kepatuhan menjadi ketidakpatuhan.

Sebagai akibat dari kemajuan teknologi yang signifikan dalam pemantauan kebisingan dan peralatan komunikasi, kondisi persetujuan semakin sering diperbarui untuk menyertakan persyaratan untuk pemantauan waktu nyata. Seiring semakin seringnya kondisi digunakan, baik pemantauan tanpa pengawasan dengan perangkat 'tidak pintar' dan pemantauan dengan pengawasan kemungkinan akan semakin jarang digunakan.



Stasiun pemantauan jarak jauh mencakup instrumen kebisingan dan cuaca dan komunikasi nirkabel. Sumber: Wilkinson Murray.

Perubahan dalam teknologi pengukuran berkembang seiring dengan meningkatnya daya komputasi. Kini menyimpan data dalam jumlah besar bisa dilakukan, yang bisa diunduh secara waktu nyata melalui jaringan atau secara fisik ke hard disk eksternal atau 'memory stick'. Paling sedikit, perangkat pemantauan tanpa pengawasan harus dapat:

- mengukur tingkat dBA secara keseluruhan
- mencakup *low pass filter* (agar kebisingan frekuensi rendah yang biasanya terkait dengan tambang bisa dipisahkan dari kebisingan berfrekuensi yang lebih tinggi yang berasal dari burung dan serangga)
- merekam data suara (secara terus menerus atau menggunakan pemicu sesuai kebutuhan) dalam format yang bergantung pada kualitas yang dibutuhkan
- memperbarui basis data terpusat secara waktu nyata, biasanya setiap 5 menit.

Fitur peralatan minimum ini, bersama dengan pengolahan data sesudahnya (termasuk mendengarkan file yang direkam untuk menghilangkan suara dari selain tambang), bersama dengan dengan beberapa pengetahuan tentang lokasi dan operasinya, memungkinkan dilakukannya evaluasi kepatuhan yang lebih baik.

Perangkat pada teknologi juga tersedia. Satu contoh adalah pemantauan kebisingan sesuai arah. Teknologi ini mampu menentukan tingkat kebisingan yang berasal dari tambang (termasuk pilihan seperti penyaringan low pass), dan dapat membandingkan nilai ini secara langsung dengan kriteria untuk tambang, tanpa harus melalui pengolahan data sesudahnya.



Pemantau kebisingan sesuai arah. Sumber: Wilkinson Murray.

Peralatan pemantauan dapat diatur dari jarak jauh (menggunakan panel surya dan baterai) dan, dengan komunikasi telepon baik nirkabel maupun bergerak, serta mengirim data kembali ke lokasi tambang secara waktu nyata. Informasi tersebut tidak hanya digunakan untuk pelaporan kepatuhan (berbasis harian, mingguan, bulanan maupun kuartalan), namun juga dapat memberikan informasi waktu nyata kepada manajer produksi sehingga kegiatan operasi tambang bisa diubah setiap jam (jika perlu) untuk memastikan bahwa batas kebisingan tercapai meskipun kondisi cuaca berubah.

Dalam konteks memaksimalkan produksi dan tetap dalam batas kebisingan setiap saat, teknologi ini merupakan pendekatan yang masuk akal.

3.11.3 Pembuatan profil kebisingan

Sebagaimana dibahas dalam Bagian 3.10.2, kebisingan lingkungan sekitar seringkali mencakup banyak sumber kebisingan, dan kebisingan dari operasi pertambangan hanyalah salah satu komponen dari kebisingan secara keseluruhan. Oleh karena itu, jika kebisingan sekitar melampaui tujuan kebisingan proyek, ini tidak berarti bahwa kriteria kebisingan telah terlampaui karena tambang.

Dengan menggunakan model kebisingan spesifik lokasi, kontribusi suara dari tambang dapat diprediksi untuk kondisi cuaca yang berlaku dan selanjutnya dibandingkan dengan kedua tingkat terukur dan tujuan kebisingan untuk memahami kemungkinan dilampauinya kebisingan dari tambang. Setelah tambang menggunakan pendekatan ini untuk pengelolaan kebisingannya selama beberapa tahun, dengan validasi secara rutin terhadap hasil pengukuran, ini bisa menjadi alat yang sangat bermanfaat untuk mengelola kebisingan dan memahami kemungkinan dampak skenario 'bagaimana jika' saat merencanakan atau mengubah operasi.

Beberapa praktek terbaik bisnis sudah mencoba menghubungkan suara data pemantauan waktu nyata dengan data cuaca waktu nyata dalam alat pemodelan suara untuk memberikan informasi terancang yang mungkin untuk membantu manajer tambang memastikan bahwa operasi selalu dapat memenuhi batas-batas kebisingan.

3.12 Fase penutupan dan rehabilitasi

Dampak kebisingan cenderung berkurang secara signifikan selama fase penutupan dan rehabilitasi, dibandingkan dengan operasi tambang yang 'normal'. Namun demikian, dampak kebisingan dari penutupan dan rehabilitasi tidak dapat diabaikan, karena alat berat masih beroperasi dan sering beroperasi di lokasi saat bentukan lahan dibuat. Setiap rencana pengelolaan lingkungan untuk tambang harus tetap beroperasi selama penutupan dan rehabilitasi untuk memungkinkan pemantauan kebisingan yang berkelanjutan dan konsultasi masyarakat sesuai kebutuhan.

STUDI KASUS: Pemantauan efektif untuk memahami masalah kebisingan

Salah satu stasiun pembuangan utama untuk tambang batu bara terbuka yang besar terletak di dekat dengan properti perumahan. Rumah untuk properti terletak kira-kira 1.200 meter di utara-timur dari stasiun pembuangan, pada tanah tinggi dengan garis pandang yang jelas ke stasiun pembuangan.

Pemilik yang sekarang sudah tinggal di properti ini sejak bulan Juni 2000. Keluhan telah diterima sejak stasiun pembuangan ditingkatkan di pertengahan tahun 2002.

Pencatatan kebisingan sekitar di lokasi menunjukkan tingkat latar belakang yang rendah yang tipikal di pedesaan, namun tidak ada pola yang jelas dari tingkat kebisingan untuk daerah tinggi yang terkait dengan kegiatan stasiun pembuangan. Tidak ada korelasi yang jelas antara tingkat kebisingan yang tinggi dengan keluaran batubara yang tinggi, juga tidak tingkat kebisingan yang rendah dengan keluaran batubara yang rendah. Hal ini menyulitkan pemahaman akan tingkat serta sifat dari masalahnya.

Pengukuran di siang hari biasanya menunjukkan kebisingan tambang tidak terdengar, dan suara-suara alam seperti serangga dan kebisingan burung mendominasi. Pengukuran berulang dilakukan di malam hari untuk memahami kondisi saat-saat ketika keluhan biasanya terjadi.

Ini menunjukkan bahwa tingkat kebisingan di malam hari meningkat sebesar 5 sampai 6 dBA dibandingkan dengan tingkat kebisingan di siang hari, karena adanya kondisi cuaca buruk seperti pembalikan suhu. Tingkat kebisingan latar belakang sangat rendah. Akibatnya, emisi kebisingan dari stasiun pembuangan mendominasi lingkungan kebisingan sekitar.

(bersambung)

Sumber kebisingan utama yang terdengar adalah:

- kebisingan suara mesin dan jalur karena suara rantai bulldoser
- kebisingan konveyor
- suara dentingan karena batubara jatuh melalui menara alur
- kebisingan dari truk yang membuang muatannya di stasiun pembuangan.

Timbunan stok batubara bertindak sebagai penghalang suara untuk peralatan bergerak yang beroperasi di balik timbunan stok. Diketahui bahwa tingkat kebisingan peralatan ini bisa meningkat sampai 12 dBA ketika timbunan stok rendah.

Metode yang diusulkan untuk mengurangi tingkat kebisingan tersebut, mencakup:

- mengganti roda bulldoser dengan bulldoser ban karet
- mengatur ukuran batubara agar suara benturan pada menara alur berkurang
- melindungi konveyor panjang
- mempertahankan timbunan stok batubara yang tinggi selama periode waktu malam.

Akhirnya operator tambang membantu memindahkan rumah properti ke sisi sebaliknya dari properti, menghadap berlawanan dengan stasiun pembuangan. Emisi kebisingan dari stasiun pembuangan benar-benar tidak terdengar di lokasi ini, bahkan dengan tingkat kebisingan latar belakang sebesar 18 dBA.

Studi kasus ini menunjukkan bahwa pencatatan kebisingan saja seringkali tidak memadai untuk mengetahui ciri masalah kebisingan dan menentukan solusinya. Kebisingan tingkat latar belakang dapat berbeda-beda bergantung, bersamaan dengan keragaman variasi dalam sumber kebisingan dan efek cuaca, bisa menyulitkan penarikan kesimpulan dari pencatatan. Terkadang tidak ada pengganti untuk pengukuran di malam hari yang diawasi dalam kondisi operasi 'kasus terburuk yang umum terjadi'.



Stasiun buang menunjukkan efek timbunan stok batubara. Sumber: Emma Charlton, AECOM.



4.0 GETARAN

Gambaran Umum

'Getaran' adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan osilasi, resiprokasi, atau gerak berkala lainnya dari suatu badan yang dipaksa keluar dari keadaan keseimbangannya. Tingkat getaran yang rendah merupakan fitur normal lingkungan, dan biasanya tidak terasa oleh sebagian besar orang. Ketika tingkat latar belakang yang rendah terlampaui, getaran bisa mengakibatkan reaksi gangguan dan merugikan.

Dalam industri penambangan, getaran dialami dan/atau dihasilkan oleh banyak item fasilitas dan peralatan. Sumber utama emisi getaran, yang bisa menjadi kekuatan yang cukup untuk menimbulkan kekhawatiran di masyarakat, adalah peledakan. Ini digambarkan sebagai sumber getaran impulsif, ditandai dengan periode getaran singkat (biasanya kurang dari satu detik) yang secara signifikan melampaui tingkat latar belakang.

Konveyor, fasilitas pengolahan serta peralatan fasilitas lainnya juga memancarkan getaran, namun dengan cara yang lebih stabil kondisinya (yaitu dengan gejala amplitudo yang relatif kecil selama periode operasi). Getaran yang dipancarkan dari peralatan ini biasanya tidak jelas terdengar pada jarak yang lebih dari 20 meter dari sumbernya. Namun demikian, getaran dapat membuat kebisingan tambahan yang dapat memengaruhi reseptor yang berjarak cukup signifikan dan menerimanya sebagai kebisingan, bukan getaran.

Yang juga penting adalah getaran mesin seperti sirkuit penghancur dan penggerinda serta lapisan getar, yang memancarkan energi suara udara yang berfrekuensi rendah. Meskipun tidak selalu menghasilkan 'getaran', gelombang suara frekuensi rendah bisa mengakibatkan sesuatu yang terlihat seperti getaran dalam struktur di reseptor.

Efek yang tidak diinginkan dari getaran sebagai akibat dari aktivitas penambangan meliputi:

- gangguan dari getaran maupun tingkat kebisingan
- kelelahan, mual, serta efek kesehatan lainnya
- cedera pada orang
- kerusakan pada peralatan yang sensitif
- kerusakan struktur (termasuk kekuatan batuan di tambang).

Keluhan mengenai getaran di wilayah pemukiman sering muncul saat kekuatan getaran sedikit lebih besar dari tingkat yang bisa diterima. Di hampir semua kejadian, kekuatan getaran yang pertama kali diterima adalah tidak ada kemungkinan kelelahan atau gejala lainnya yang disebabkan oleh getaran.

Namun demikian, karena orang dapat 'merasakan' tingkat getaran yang sangat rendah, mereka sering melebih-lebihkan risiko kerusakan yang terkait dengan getaran pada bangunan. Hal ini terutama terjadi saat sumber getaran berada di luar gedung, yang tidak dapat mereka kendalikan. Sebaliknya, orang siap menerima tingkat getaran yang jauh lebih tinggi jika berasal dari sumber yang sudah tidak asing lagi seperti angin, peralatan rumah tangga dan orang-orang berjalan di lantai dan membanting pintu.

Getaran tanah dari peledakan adalah pemancaran energi mekanik dalam massa batuan atau tanah. Getaran ini terdiri dari berbagai tahapan getaran yang berpindah pada kecepatan yang berbeda-beda. Fase ini terpantul, terbias, teredam, dan tersebar di dalam massa batuan atau tanah, sehingga akibat dari getaran tanah yang dihasilkan di setiap lokasi tertentu itu akan memiliki sifat yang rumit yang berisi beberapa puncak dan frekuensi yang berbeda. Biasanya, frekuensi yang lebih tinggi diredam dengan cepat, ini artinya adalah di jarak yang dekat dengan sumber frekuensi tersebut akan hadir dalam proporsi yang lebih besar dari pada sumbernya.

Besarnya getaran tanah, bersama-sama dengan frekuensi getaran tanah, umum digunakan untuk mendefinisikan kriteria kerusakan. Pemilihan kriteria kerusakan yang tepat mungkin memerlukan pertimbangan frekuensi yang timbul dari ledakan. Studi dan pengalaman menunjukkan bahwa ledakan yang dirancang dan dikendalikan dengan baik tidak akan menciptakan getaran tanah dengan kekuatan yang menyebabkan kerusakan. Struktur tertentu seperti gedung yang tinggi, atau kondisi tanah yang tidak normal, tanah yang memperangkap air, harus dipertimbangkan dalam studi spesialis.

Celah dalam bangunan mungkin disebabkan penyebab lain selain getaran tanah, termasuk gerakan tanah atau pondasi (penurunan dan pembesaran) yang terkait dengan reaksi tanah liat selama periode cuaca kering atau basah berkepanjangan. Peristiwa seismik kegiatan tambang bawah tanah jarang memengaruhi struktur permukaan. Jika pun ada kasus kerusakan, kasus ini dikaitkan dengan beberapa operasi pembuatan celah ruang atau runtuhnya pilar seiring dengan kondisi geologi yang tidak biasa. Biasanya ada lapisan material bahan yang kuat dan rapuh yang bertindak mengumpulkan dan mengirimkan getaran ke beberapa zona di mana lapisan yang keras tersingkap atau muncul di dekat permukaan.

4.1 Pengendalian hukum

Karena kemungkinan dampak yang parah dan tidak dapat diubah, getaran tanah yang berlebihan, terutama yang terkait dengan struktur, batas hukum telah diberlakukan di kebanyakan negara. Batasan ini didasarkan pada studi dan pengukuran yang dirancang untuk menetapkan kriteria minimum untuk melindungi kenyamanan manusia dan mencegah kerusakan struktural.

Di Australia, ada sejumlah instansi pemerintah yang bertanggung jawab untuk mengatur getaran tanah akibat peledakan. Otoritas pertambangan umumnya bertanggung jawab untuk mengatur kegiatan peledakan dengan penerapan undang-undang dan standar subordinat. Namun demikian, dalam hal tingkat kenyamanan manusia karena getaran tanah, beberapa lembaga seperti otoritas kesehatan dan keselamatan kerja atau badan perlindungan lingkungan mungkin memiliki yurisdiksi. Hal ini penting untuk menetapkan lembaga atau instansi apa saja yang memiliki yurisdiksi sebelum memulai aktivitas peledakan. Dalam beberapa kasus, pemerintah daerah juga mungkin memiliki peran dalam mengatur kegiatan, biasanya melalui proses persetujuan pembangunan.

Batas untuk sumber getaran secara signifikan kurang daripada yang ditetapkan untuk peledakan. Getaran terus menerus dapat memicu frekuensi gema di gedung dan menginduksi respons jauh lebih besar daripada getaran impulsif seperti peledakan, meningkatkan risiko kerusakan struktural dan reaksi manusia. Jika getaran berlebihan pada sumber menyebabkan tingkat kebisingan yang lebih tinggi pada penerima, kriteria kebisingan yang dibahas dalam Bagian 3.9.2 berlaku.

4.2 Definisi getaran tanah

Getaran disebarkan melalui tanah dapat menyebabkan kerusakan pada struktur dan elemen arsitektur atau ketidaknyamanan bagi penghuninya. Tingkat getaran di mana orang merasa terganggu berada jauh di bawah tingkat di mana kerusakan terjadi. Kemungkinan kerusakan atau ketidaknyamanan tersebut dapat dipastikan dengan mengukur getaran dari ledakan dekat yang dengan lokasi yang dimaksud, seperti bangunan atau struktur lainnya.

Untuk semua batas, mengukur dalam tiga arah orthogonal harus dilakukan, satu searah vertikal dan dua lainnya searah horizontal tegak lurus. Pengukuran tersebut sejajar dengan sebagian besar bagian struktural dalam struktur yang dibuat oleh manusia. Dari pengukuran tersebut, menurunkan kecepatan partikel vektor puncak (dan kecepatan partikel komponen puncak untuk setiap arah) mungkin dilakukan.

Besarnya kecepatan partikel vektor merupakan amplitudo dari jumlah vektor tiga komponen kecepatan yang disinkronkan waktu yang secara langsung diukur oleh instrumen. Bila tidak diukur secara langsung, hal itu dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$v_p = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

v_x , v_y dan v_z adalah komponen kecepatan sesaat yang disinkronkan masing-masing pada sumbu x , y dan z . VPPV adalah nilai v_p maksimum.

4.3 Alasan untuk mengontrol getaran tanah

Operasi peledakan yang berlebihan dapat menyebabkan dampak kebisingan dan getaran yang berlebihan terhadap masyarakat. Tingkat getaran struktural berlebihan yang disebabkan oleh getaran tanah karena peledakan bisa mengakibatkan kerusakan, atau kegagalan, pada struktur. Orang dapat mendeteksi getaran pada tingkat yang jauh lebih rendah dari yang dibutuhkan untuk menyebabkan kerusakan dangkal pada struktur yang paling rentan sekalipun.

Kriteria yang ditetapkan dalam buku pegangan ini membantu meminimalkan gangguan, ketidaknyamanan, dan kerusakan yang mungkin disebabkan oleh peledakan pada kegiatan seperti pertambangan, penggalian, konstruksi dan operasi lainnya yang melibatkan penggunaan bahan peledak untuk memecahkan batuan. Pengelolaan praktek kerja unggulan lingkungan akan meminimalkan kemungkinan efek merugikan yang disebabkan oleh dampak dari getaran tanah di tempat-tempat yang sensitif terhadap kebisingan di antara orang-orang yang tinggal di atau memanfaatkan area sekitarnya.

4.4 Batas getaran tanah

Batas yang tergantung pada frekuensi memiliki kapasitas untuk menangani bahaya yang terjadi karena getaran tanah secara tepat dilihat sebagai dasar untuk praktik terbaik peledakan. Kriteria yang tergantung pada frekuensi tertentu harus dilaporkan dengan pengukuran. Semua batas yang diberikan dalam bagian ini adalah kecepatan partikel komponen puncak, sebagaimana yang digunakan dalam standar dan pedoman luar negeri. Klasifikasi jenis struktur mungkin sulit, jika ragu, batas yang lebih konservatif dari deskripsi terdekat dalam tabel kerusakan struktural harus diterapkan.

4.1.1 Batas kenyamanan manusia

Karena respons manusia terhadap getaran bergantung pada berbagai faktor, seperti tingkat getaran, lokasi dan waktu, persyaratan hukum yang berbeda untuk batas kenyamanan manusia dalam hal getaran tanah mungkin berlaku di negara yang berbeda. Pedoman umum mengenai respons manusia terhadap getaran bangunan diberikan di AS 2.670.2-1.990 Evaluasi paparan manusia pada getaran seluruh tubuh-getaran yang disebabkan oleh guncangan yang berlanjut pada bangunan (1 sampai 80 Hz), ISO 2631-2:2003 Gerakan dan guncangan mekanis- evaluasi paparan manusia pada getaran seluruh tubuh-Bagian 2: Getaran pada bangunan (1 Hz sampai 80 Hz), BS 6472 -1:2008 Panduan evaluasi paparan getaran pada manusia di dalam gedung. Sumber getaran selain peledakan, dan BS 6472-2: 2.008. Ledakan yang disebabkan getaran. Seperangkat kriteria khusus untuk kenyamanan manusia dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Batas getaran tanah untuk kenyamanan manusia

Peledakan		
Kategori	Jenis operasi	Kecepatan partikel komponen puncak (mm/s)
Situs sensitif ^a	Operasi yang berlangsung selama lebih dari 12 bulan atau lebih dari 20 ledakan	5 mm/s untuk 95 persen ledakan per tahun maksimum 10 mm/s kecuali tercapai kesepakatan dengan penduduk yang menerapkan batas yang lebih tinggi
Situs sensitif ^a	Operasi yang berlangsung selama kurang dari 12 bulan atau kurang dari 20 ledakan	maksimum 10 mm/s kecuali tercapai kesepakatan dengan penduduk yang mana batas lebih tinggi mungkin berlaku
Menempati lokasi yang tidak sensitif; seperti pabrik dan tempat komersial	Semua peledakan	maksimum 25 mm/s kecuali tercapai kesepakatan dengan penduduk yang mana batas yang lebih tinggi mungkin berlaku. Untuk lokasi yang berisi peralatan sensitif terhadap getaran, getaran harus dilakukan di bawah spesifikasi atau tingkat dari produsen yang terbukti mempengaruhi operasi peralatan
Lain		
Kategori	Periode	Kecepatan partikel komponen puncak (mm/s)
Pemukiman	Malam	0,2 mm/s
	Siang	0,3mm/s
Kantor	Saat didiami	0,6 mm/s
Menempati lokasi yang tidak sensitif; seperti pabrik dan tempat komersial	Saat didiami	2,5 mm/s

mm/s = milimeter per second (detik)

a 'Lokasi sensitif' termasuk rumah-rumah dan bangunan perumahan berketinggi rendah, bioskop, sekolah, dan bangunan serupa lainnya yang didiami orang.

4.1.2 Batas kerusakan bangunan

Saat ini Standar Australia untuk penilaian kerusakan bangunan yang disebabkan oleh energi getaran tidak tersedia. Bagian ini merangkum standar paling relevan yang tersedia di Inggris, Amerika Serikat, dan Jerman.

Tingkat panduan yang tidak tergantung pada frekuensi dan tergantung pada frekuensi dijelaskan dalam kedua Standar Inggris BS 7385-2: Evaluasi dan pengukuran getaran pada bangunan 1993.

Panduan atas tingkat kerusakan dari getaran yang berasal dari tanah dan Biro Pertambangan Amerika Serikat (USBM) RI 8507 Dampak pada struktur. Tingkat yang ditetapkan adalah kecepatan partikel komponen puncak, dan metode yang digunakan untuk menilai frekuensi yang sama pada kedua dokumen.

Untuk operator peledakan yang tidak memiliki fasilitas untuk menggunakan metode penilaian yang bergantung pada frekuensi, tingkat yang ditentukan dalam Tabel 4.3, yang lebih konservatif untuk sebagian besar penerapan peledakan, akan mengurangi potensi kerusakan. Tabel harus digunakan bersamaan dengan catatan.

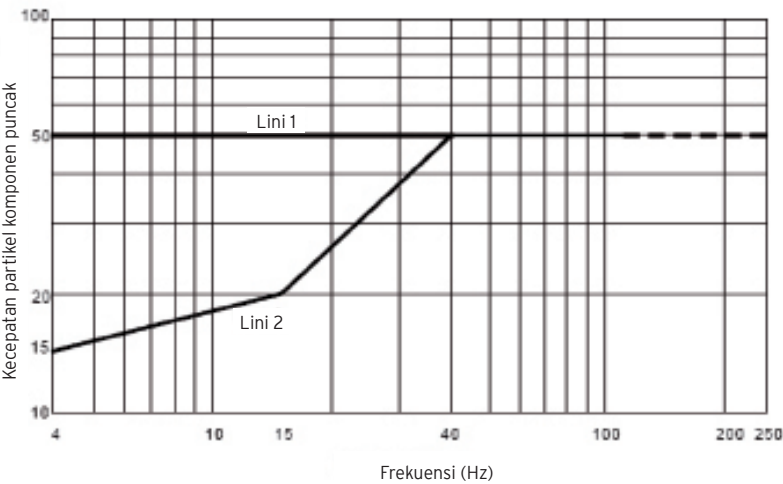
Jika memungkinkan, tingkat getaran tanah dari semua operasi peledakan harus dibatasi hingga kriteria batas kerusakan yang ditunjukkan di bawah pada semua lokasi yang dimiliki atau dikendalikan oleh organisasi yang memerintahkan peledakan.

Tabel 4.2 BS 7385-2 Nilai panduan getaran transien untuk kerusakan kosmetik

Lini	Jenis bangunan	Kecepatan partikel komponen puncak dalam rentang frekuensi denyut yang dominan	
		4 Hz sampai 15 Hz	15 Hz dan di atas
1	Diperkuat atau struktur rangka. Bangunan komersial dan industri berat	50 mm/d pada 4 Hz dan di atasnya	
2	Struktur tanpa penguatan atau berkerangka ringan. Bangunan jenis pemukiman atau komersial ringan	15 mm/d pada 4 Hz meningkat menjadi 20 mm/d pada 15 Hz	20 mm/d pada 15 Hz meningkat menjadi 50 mm/d pada 40 Hz dan di atasnya

Catatan:

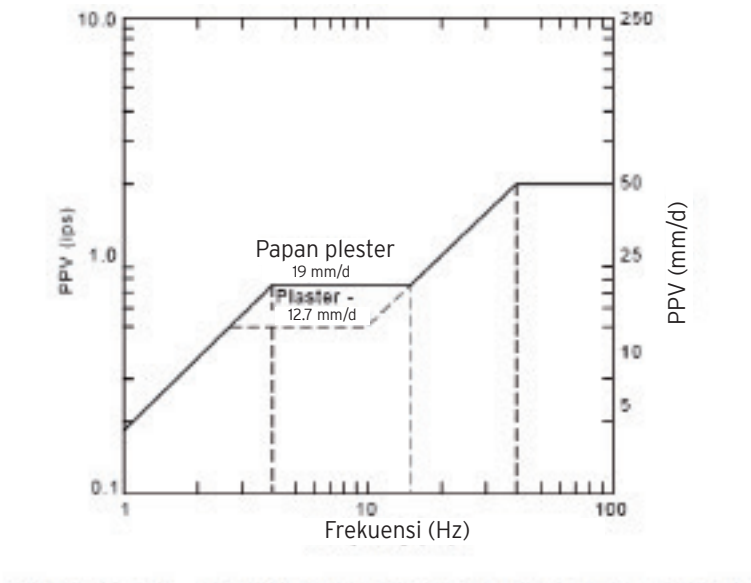
- 1 Nilai yang dirujuk ada di dasar bangunan.
- 2 Untuk lini 2, pada frekuensi di bawah 4 Hz, perpindahan maksimum 0,6 mm (nol sampai puncak) tidak boleh terlampaui.



Tabel 4.3 BS 7385-1:1990-Klasifikasi Kerusakan

Klasifikasi kerusakan	Deskripsi
Kosmetik	Pembentukan retakan tipis pada permukaan kering atau pembesaran retakan yang sudah ada pada papan plester atau permukaan dinding, di samping itu, pembentukan retakan tipis pada sambungan mortar batu bata/blok beton konstruksi
Ringan	Pembentukan retak atau longgarnya dan jatuhnya dari plester atau permukaan papan plaster, atau retakan melalui batu bata/blok beton
Berat	Kerusakan pada elemen struktur bangunan, retakan pada tiang penyangga, melonggarnya sambungan, bangunan batu yang retak dll.

Klasifikasi Kerusakan USBM	
Klasifikasi seragam	Deskripsi
Ambang	Melonggarkan cat, retakan plester kecil di sambungan antar elemen konstruksi, memanjangnya retakan lama
Ringan	Longgarnya dan jatuhnya plester, retakan batuan di sekitar pembukaan di dekat partisi, garis tipis sampai 3 mm (0 sampai 1/8), jatuhnya mortar yang longgar
Berat	Celah beberapa mm pada dinding; pecahnya pada kubah yang terbuka, pelemahan struktural, jatuhnya bebatuan, misalnya, cerobong asap, kemampuan penyangga muatan terganggu



Kriteria tingkat getaran peledakan yang ‘aman’ menurut USBM .

Penelitian menunjukkan bahwa nilai-nilai panduan dan metode penilaian yang diberikan dalam BS 7385-2 dan (USBM) RI 8507 berlaku untuk kondisi Australia, dan direkomendasikan bagi pengguna bahan peledak dengan fasilitas untuk memanfaatkannya. Estimasi frekuensi setiap komponen getaran yang

akan digunakan dalam penilaian kerusakan struktural yang rumit. Pendekatan sederhana yang disarankan dalam BS 7385-2 dan (USBM) RI 8507 meliputi:

- frekuensi kecepatan partikel puncak maksimum puncak amplitudo
- frekuensi dominan dari riwayat waktu komponen getaran
- frekuensi persimpangan nol dari puncak amplitudo kecepatan partikel.

Metode (USBM) RI 8507 dan BS 7385-2 untuk menilai frekuensi telah banyak digunakan selama bertahun-tahun, dan cocok untuk digunakan pada komputer desktop dan laptop dengan kemampuan yang umum tersedia di tahun 1980 dan awal 1990-an. Tampaknya frekuensi gerak yang ditentukan dengan metode sederhana, seperti persimpangan nol, bersifat konservatif dalam menilai potensi kerusakan.

Standar Jerman DIN 4150-3:1999-02 Getaran pada bangunan-Bagian 3: efek pada struktur memberikan saran tingkat maksimum getaran yang mengurangi kemungkinan kerusakan bangunan yang disebabkan oleh getaran. Tingkat ini merupakan 'batas aman', karena tidak ada kerusakan karena efek getaran ini telah diamati untuk kelas bangunan tertentu. 'Kerusakan' yang dimaksud DIN 4150 termasuk bahkan efek ringan non-struktural seperti keretakan permukaan pada campuran semen, pembesaran retakan yang sudah terjadi, dan pemisahan partisi atau dinding antara dari dinding bantalan beban. Jika kerusakan tersebut seperti itu teramati tanpa getaran yang melebihi 'batas aman', maka hal bisa dikaitkan dengan penyebab lain. DIN 4150 juga menyatakan bahwa saat getaran lebih tinggi daripada 'batas aman' yang ada, hal itu tidak selalu diikuti dengan kerusakan.

Tabel 4.4 Standar getaran untuk bangunan, DIN 4150-3

Kelompok	Jenis Struktur	Kecepatan Getaran Puncak, mm/s			
		Di fondasi pada frekuensi			Bidang di lantai teratas
		Kurang dari 10 Hz	10 Hz sampai 50 Hz	50 Hz sampai 100 Hz	Semua frekuensi
1	Bangunan yang digunakan untuk tujuan komersial, bangunan industri dan bangunan yang berdesain serupa	20	20 sampai 40	40 sampai 50	40
2	Tempat tinggal dan bangunan desain dan/atau penggunaan serupa	5	5 sampai 15	15 sampai 20	15
3	Struktur yang karena kepekaan khususnya pada getaran, tidak sesuai dengan yang tercantum dalam Garis 1 atau 2 dan memiliki nilai intrinsik (misalnya bangunan yang berada di bawah perintah pelestarian)	3	3 sampai 8	8 sampai 10	8

Sumber: DIN 4150-3:1999-02 Getaran pada bangunan-Bagian 3: efek pada struktur

4.5 Praktik peledakan terbaik

Menggunakan inisiasi ledakan elektronik daripada detonator tradisional tabung kejut secara signifikan mengurangi dampak getaran yang disebabkan oleh ledakan. Ledakan elektronik telah terbukti:

- mengurangi data getaran maksimum
- mengurangi jumlah dan intensitas data bergetaran tinggi
- meningkatkan keseragaman ledakan
- mengontrol frekuensi getaran untuk meminimalkan frekuensi rendah
- meningkatkan laju penggalian.

Ledakan elektronik memungkinkan waktu inisiasi yang tepat dari setiap pengisian. Hal ini akan mengurangi tingkat getaran. Sistem ini telah banyak dipakai di tambang Telfer milik Newcrest.

STUDI KASUS: Perbandingan detonator elektronik dan tradisional

Uji coba dilakukan di Dam AngloGold Ashanti Sunrise, tambang emas terbuka di mana dua ledakan dilakukan, satu menggunakan detonator elektronik dan satu menggunakan detonator tabung shock. Parameter desain dari dua ledakan tetap konstan. Lokasi yang dipilih dari dua ledakan diambil agar geologinya sedapat mungkin konsisten. Parameter desain ledakan, termasuk waktu pemulaan, ditentukan oleh keteknikan agar sesuai dengan geologi dan konstan untuk kedua ledakan.

Hasil ledakan menunjukkan:

- Profil tumpukan puing dan gelombang
 - Ledakan elektronik meningkatkan fragmentasi pada permukaan ledakan.
 - Ledakan elektronik mencapai tarikan yang jauh lebih konsisten.
- Produktivitas-Kenaikan laju penggalian sebesar 16 tercapai dengan ledakan yang dimulai secara elektronik dibandingkan dengan ledakan yang dimulai oleh tabung kejut.
- Fragmentasi-Ledakan yang dimulai secara elektronik mencapai peningkatan fragmentasi secara keseluruhan.
- Penghancur-Ledakan yang dimulai secara elektronik mencapai rata-rata keluaran yang lebih tinggi dan keluaran yang maksimum daripada ledakan yang dimulai dengan tabung kejut.
- Analisis getaran - Data getaran yang dicapai dari ledakan yang dimulai secara elektronik lebih seragam meskipun tidak secara signifikan lebih rendah.

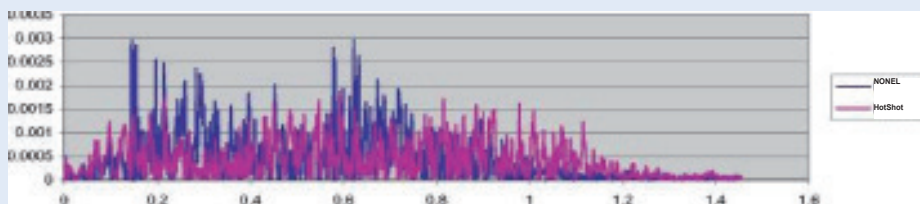
(bersambung)



Tumpukan puing hasil ledakan elektronik



Tumpukan puing hasil ledakan tabung kejut.



Perbandingan getaran geofon tabung kejut (NONEL ©) dan elektronik (HotShot ©)

Rincian lengkap studi kasus ini dapat ditemukan dalam dokumen teknis: Vaughan, M, Hall, E, Varga, D, Billing, G & McSweeney, K 2007, 'Blast improvements with electronics at Sunrise Dam Gold Mine', makalah dipresentasikan pada EXPLO Conference, Wollongong, NSW, 3-4 September 2007.

STUDI KASUS: Lubang ventilasi di daerah perumahan

Lubang ventilasi 315 tanam cukup menantang jika ketika Anda menempatkannya di area perumahan dari kota besar, Anda benar-benar perlu melakukan persiapan yang matang.

Perencanaan dan konsultasi

LGL Ballarat mulai merencanakan lubang ventilasi pada tahun 2006, jauh sebelum tanggal dimulainya tanggal konstruksi yang direncanakan pada bulan Juli 2006.

Dengan adanya warga yang bekerja 60 meter dari tempat kerja, upaya yang signifikan direncanakan untuk mengurangi dampak pada warga sekitar. Konsultasi yang panjang dengan masyarakat dilakukan sebelum, selama, dan setelah setiap fase konstruksi.

Konsultasi awal (penyebaran surat) diikuti oleh kontak secara pribadi dengan warga terdekat dan mereka dengan yang berkepentingan secara khusus. Konsultasi tatap muka langsung warga tetangga, menggunakan diagram dari setiap fase, terjadi selama tahap perencanaan awal. Setiap tetangga ditanya apakah mereka memiliki keprihatinan, sebagian besar khawatir tentang potensi getaran karena ledakan, kebisingan, jam kerja dan debu.

Perusahaan ini memiliki sejarah panjang keterlibatan masyarakat yang baik, sehingga banyak anggota masyarakat yang tertarik dan mendukung proyek ini. Informasi yang dikumpulkan dari survei masyarakat dimasukkan ke dalam rencana akhir. Misalnya, tata letak lokasi diubah untuk mengakomodasi dua tetangga, area parkir bergerak, memasang layar visual untuk memastikan lampu mobil tidak menyinari properti warga memindahkan area pusat jungkit untuk mengurangi dampak debu dan kebisingan.

Penyebaran surat dan brosur masyarakat dibuat selama masa pembangunan sumur. Lokasi ini juga dimasukkan ke dalam hari terbuka publik milik perusahaan. Informasi yang diberikan difokuskan pada penjelasan kegiatan saat ini dan yang mendatang serta memastikan masyarakat memiliki jalur komunikasi yang terbuka dengan perusahaan.

LGL Ballarat berusaha meminimalkan dampak pada masyarakat, daripada sekadar mencapai batas kepatuhan yang ditetapkan oleh pembuat regulasi. Untuk proyek, perusahaan menetapkan target internal yang jauh di bawah tingkat kepatuhan untuk getaran ledakan. Misalnya, batas internal untuk kecepatan partikel puncak adalah 3 milimeter per detik, atau kurang sepertiganya dari batas kepatuhan terhadap peraturan yang 10 milimeter per detik.

Setelah persiapan lokasi selesai dan pengerjaan lubang dimulai, masyarakat menyadari bahwa perusahaan sedang melakukan yang terbaik untuk memastikan bahwa semua dampak diminimalkan. Perusahaan menjawab semua keluhan secara serius dan mengubah praktek kerja untuk memastikan kemajuan yang konstan. Penghargaan terbesar bagi tim proyek datang ketika penentang awal menjadi pendukung proyek dan mengakui upaya konsultasi yang dilakukan. Satu komentar dari pembuat peraturan adalah 'melakukan sesuatu yang melampaui kepatuhan adalah emas.' "

(bersambung)



Tampak atas dari lokasi kerja di Ballarat. Sumber: Ladang Emas LGL-Ballarat.

Debu

Air hujan dan air tambang yang didaur ulang digunakan sebagai penghilang debu sementara dan, meskipun dapat diterima, tidak memberikan hasil yang memuaskan. Teknologi lainnya diuji coba tetapi, mengingat lingkaran memutar yang ketat dari kendaraan berat serta kebutuhan penggunaan kembali yang konstan, mereka juga gagal memberikan hasil yang memuaskan. Satu-satunya cara yang secara efektif mengurangi emisi debu adalah meletakkan aspal di tempat parkir, yang dilakukan perusahaan. Selain itu, penyiram dilibatkan dipakai untuk mengurangi debu yang meningkat jumlahnya selama peledakan.

Kebisingan

Penelitian mengidentifikasi kertas daur ulang yang diproduksi lokal dan produk peredam suara beton yang cocok untuk dinding campuran berketinggian untuk 6 meter. Kegiatan seperti penggunaan penggulung lubang, dan kompresor udara, pembuang batuan, pemuatan truk dan penanganan peralatan. Untuk memastikan bahwa tidak ada gangguan pada catu daya warga, generator listrik bertenaga diesel dengan peredam kebisingan (seperti yang digunakan di lokasi syuting film dan acara terbuka) digunakan. Generator ini ditempatkan di dalam suatu lokasi yang hambatan redaman tambahannya lebih kecil, di samping lokasi proyek yang jauh dari warga. Semua alarm mundur kendaraan diganti menjadi dengan pengeras suara berfrekuensi rendah.

(bersambung)



Petugas pemantauan kebisingan mengunjungi rumah warga, dengan dinding suara terlihat di latar belakang.

Getaran

Beberapa warga prihatin dengan potensi retaknya rumah mereka karena getaran ledakan. Untuk memberikan jaminan kepada tetangga ini perusahaan menugaskan pemeriksaan rumah oleh pemeriksa bangunan independen, selama fase perencanaan. Empat penyelidikan yang dilakukan dimulai dan dua selama proyek. Pemeriksaan ini dan pemantauan tambahan yang dilakukan oleh perusahaan memberikan ketenangan pikiran bagi warga sehingga kerusakan yang terjadi pada properti mereka kecil kemungkinannya terjadi.

Konsultasi dengan produsen peledak dan tinjauan sesama oleh ahli ledakan independen memastikan tingkat kontrol yang tinggi terhadap proses desain ledakan. Keputusan untuk menggali bebas lubang dengan ekskavator kecil hingga kedalaman 70 meter, bukan ledakan, mengurangi dampak peledakan dekat permukaan.

Selama masa peledakan, detonator elektronik yang dipakai untuk memberikan waktu jeda peledakan yang andal dan rentang jeda yang lebih besar dibandingkan dengan metode inisiasi yang lebih umum digunakan. Getaran karena ledakan ini digunakan untuk meminimalkan dan meniadakan penggunaan peledakan dengan kabel, yang bisa menjadi sumber ledakan suara. Tiga pemantau ledakan dengan geofon dan mikrofon linear yang digunakan dalam proyek ini, dua tetap diam sementara yang ketiga digunakan untuk penyelidikan reaktif pada properti yang warganya khawatir dengan peledakan.

Salah satu pelajaran utama dari proyek tersebut melibatkan pentingnya menyediakan layanan SMS lisan lewat telepon untuk memperingatkan warga segera sebelum peledakan dilakukan. Banyak warga yang kaget karena getaran dan suara ledakan, serta hanya dengan memberi peringatan kepada mereka lima menit sebelum peledakan akan menghilangkan masalah ini.



5.0 KESIMPULAN

Pendekatan daur hidup, melalui perencanaan dan eksplorasi hingga pengembangan dan operasi dan, terakhir, untuk penutupan dan rehabilitasi, merupakan pengelolaan praktis terbaik yang penting untuk pencemar udara, kebisingan dan getaran yang muncul dari operasi pertambangan. Risiko dan masalah yang berbeda muncul di dalam setiap fase kehidupan tambang, dan harus dikelola secara sistematis. Dari tahap awal, strategi manajemen harus dipadukan ke dalam sistem dan rencana, sebagai alat bagi staf operasional dan dasar untuk memastikan kepatuhan dan meningkatkan kinerja.

Buku panduan ini memakai pendekatan pengelolaan risiko atas tiga masalah. Ini melibatkan identifikasi debu, kebisingan atau bahaya getaran, menilai risiko dan menerapkan kontrol. Kebutuhan pemantauan dan pengelolaan untuk memastikan pengendalian berjalan secara efektif adalah pesan umum di seluruh buklet ini.

Meskipun buku pegangan harus berfokus pada kendali teknik keras yang diperlukan untuk menghilangkan atau mengurangi risiko, pentingnya bekerja sama dengan masyarakat juga ditekankan di seluruh bagian buku ini. Tanpa keterlibatan dan keikutsertaan masyarakat di dalam semua aspek daur hidup tambang, yang 'izin sosial untuk beroperasi'-nya akan segera ditarik dan operasi akan menutup, meninggalkan kesan negatif pada sikap masyarakat yang dapat mempengaruhi tidak hanya operator namun juga seluruh industri.

Praktek unggulan adalah tentang memadukan pembangunan berkelanjutan ke dalam operasi pertambangan. Melalui teks, foto, gambar, tabel dan studi kasus, buku ini menyediakan alat bantu untuk menerapkan praktik terbaik dalam pengelolaan pencemar udara, suara, dan getaran.

DAFTAR ISTILAH

CFD	dinamika fluida komputasi
dBA	Suara diukur dalam desibel (dB). Ketika mengukur kebisingan lingkungan, jaringan pembobotan digunakan yang menyaring frekuensi suara sehingga lebih sejalan dengan respons telinga manusia. Dalam buku ini, pengukuran kebisingan dilakukan dengan menggunakan jaringan pembobotan tersebut dan dinyatakan sebagai dBA.
dB (linear)	Ukuran suara yang terkait dengan efek pada struktur bangunan dan bukan pendengaran manusia, puncak dB (linear) adalah pembacaan maksimum dalam desibel (diperoleh dengan menggunakan karakteristik waktu-pembobotan 'P' sebagaimana yang ditetapkan dalam pengukur tingkat suara AS 1.259.1-1990, dengan semua frekuensi jaringan pembobotan tidak dioperasikan
DEM	kelembapan pemusnah debu
$L(A)_{eq}$	Dalam pemantauan kebisingan, setara dengan tingkat kebisingan konstan yang mengandung energi yang sama dengan lingkungan kebisingan yang bervariasi
$L(A)_{10}$	Dalam pemantauan kebisingan, tingkat kebisingan yang melebihi untuk 10 persen dari periode sampel
$L(A)_{90}$	Dalam pemantauan kebisingan, tingkat kebisingan yang melebihi 90 persen dari periode sampel-umumnya dikenal sebagai 'tingkat kebisingan latar belakang'.
MHM	materials handling moisture (kelembapan penanganan material)
NEPM	National Environment Protection Measure (Tindakan Perlindungan Lingkungan Nasional)
NPI	National Pollutant Inventory (Inventori Bahan Pencemar Nasional)
PLC	programmable logic controller (pengontrol logika yang dapat diprogram)
PM_{10}	diameter bahan partikel kurang dari 10 mikron
$PM_{2.5}$	diameter bahan partikel kurang dari 2,5 mikron
TEOM	tapered element oscillating microbalance (neraca mikro osilasi elemen bertirus)
TSP	total suspended particulate matter (total materi partikel tersuspensi)
RASS	Radar Acoustic Sounding System (Sistem Suara Akustik Radar)
SO ₂	sulphur dioxide (Belerang dioksida)
SODAR	Sonic Detection and Ranging (Deteksi dan Rentang Sonik)
TEOM	Tapered Element Oscillating Microbalance (neraca mikro osilasi elemen bertirus)
TSP	Total Suspended Particulate Matter (Total Materi Partikel Tersuspensi)



REFERENSI DAN BACAAN LANJUTAN

Bollhofer, A, Storm, J, Martin, P & Tims, S 2006, 'Geographic Variability in Radon Exhalation at a Rehabilitated Uranium Mine in the Northern Territory, Australia', *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 114, nos 1-3, pp. 313-330.

British Standards Institution 2008, BS 6472.1:2008, Guide to evaluation of human exposure to vibration in buildings. Vibration sources other than blasting, British Standards Institution.

–1993, BS 7385-2:1993. Evaluation and measurement for vibration in buildings. Guide to damage levels from groundborne vibration, British Standards Institution.

Clarke, T 2008, 'Barnett: Esperance lead pollution still a major concern', *WA Today*, 10 November 2008, viewed 30 August 2009, <http://www.watoday.com.au/wa-news/barnett-esperance-lead-pollution-still-a-major-concern-20081110-5lg9.html>.

Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts 2009a, National Pollutant Inventory, viewed 30 August 2009, <http://www.npi.gov.au>.

–2009b, Protecting people from the impact of uranium mining, viewed 30 August 2009, <http://www.environment.gov.au/ssd/research/protect/index.html>.

Department of Industry, Tourism and Resources 2008a, Mine closure and completion, Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry, DITR, Canberra.

–2008b, Mine rehabilitation, Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry, DITR, Canberra.

–2006, Community engagement and development, Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry, DITR, Canberra.

Department of Resources, Energy and Tourism 2009, Evaluating performance: monitoring and auditing, Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry, DRET, Canberra.

–2008, Risk assessment and management, Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry, DRET, Canberra.

Deutsches Institut für Normung e.V., DIN 4150-3:1999-02, Vibration in buildings—Part 3: effects on structures, DIN.

DEWHA—see Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts.

DITR—see Department of Industry, Tourism and Resources.

DRET—see Department of Resources, Energy and Tourism.

Environment Protection Authority Victoria 2007, 'Noise surveys 2007', accessed 30 August 2009, http://www.epa.vic.gov.au/noise/noise_surveys.asp.

–2006, Draft protocol for environmental management—mining and extractive industry, accessed 21 September 2009, <http://www.epa.vic.gov.au/air/epa/default.asp>.

Environmental Protection and Heritage Council 2009, National Environment Protection Measures (NEPMs) explained, accessed 21 September 2009, <http://www.ephc.gov.au/nepms>.

–2003, Variation to the National Environment Protection (Ambient Air Quality) Measure, EPHC, 7 July 2003.

EPA—see Environment Protection Authority Victoria.

EPHC—see Environmental Protection and Heritage Council.

Hassall, JR & Zaveri, K 1979, Acoustic noise measures, Brüel & Kjær.

Holmes, N & Lakmaker, S 2009, Meteorological modelling for the Hunter Valley, ACARP research project C12036. Australian Coal Association Research Program.

International Organization for Standardization 2003, ISO 2631-2:2003 Mechanical vibration and shock—evaluation of human exposure to whole body vibration—Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz), ISO.

–1988, ISO 6395:1988 Acoustics—measurement of exterior noise emitted by earth-moving machinery—dynamic test conditions, ISO.

–1993, ISO 9614-1:1993 Acoustics—determination of sound power levels of noise sources using sound intensity—Part 1: measurement at discrete points, ISO.

–1978, ISO 4872:1978 Acoustics—measurement of airborne noise emitted by construction equipment intended for outdoor use method for determining compliance with noise limits, ISO.

ISO—see International Organization for Standardization.

Jones, H 1980, 'Development of an in-pit dust suppression system for haul roads', BHP technical bulletin, vol. 24, 2 November 1980, pp. 32-26.

Quarry, 2007, Quarry, Institute of Quarrying Australia, November.

Queensland Environmental Protection Agency 2006, Guideline—Noise, Noise and vibration from blasting, Queensland Government, March 2006.

Safe, M 2009, 'Bad vibrations', *The Australian*, 26 January 2009.

Safework Australia 2009, *Safe design*, viewed 30 August 2009, <http://www.safeworkaustralia.gov.au/swa/healthsafety/safedesign>.

Sharland, I 1972, *Woods practical guide to noise control*, Woods Acoustics, Colchester.

Siskind, DE, Stagg, MS, Kopp, JW & Dowding, CH 1980, 'Structure response and damage produced by ground vibrations from surface mine blasting', United States Bureau of Mines Research Investigation RI-8507.

Standards Australia 2006, AS 2187.2-2006 Explosives—storage and use—use of explosives, Standards Australia.

–1990, AS 2670.2-1990 Evaluation of human exposure to whole-body vibration—continuous and shock-induced vibration in buildings (1 to 80 Hz), Standards Australia.

Thompson, RJ & Visser, AT 2006, 'Selection and maintenance of mine haul road wearing course materials'. *Mining Technology: Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy*, vol. 115, no. 4, section A, pp. 140-153.

–2002, 'Benchmarking and managing surface mine haul road dust emissions', *Transactions of the Institute of Mining and Metallurgy (UK)*, Section A, p. 113.

–2000, 'The reduction of the safety and health risk associated with the generation of dust on strip coal mine haul roads', *Safety in Mines Research Advisory Committee, Collieries Sub-committee Final Report*, Project COL 467, Pretoria, South Africa.

Vaughan, M, Hall, E, Varga, D, Billing, G & McSweeney, K 2007, 'Blast improvements with electronics at Sunrise Dam Gold Mine', paper presented at the EXPLO Conference, Wollongong, New South Wales, 3-4 September 2007.