

## STUDI AWAL RESIKO PERTAMBANGAN BATUBARA

Topo Suprihadi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Engineering Faculty, IULI University, Associate Tower Intermark 7th, BSD  
City, 15310

e-mail: <sup>1</sup>topo.suprihadi@iuli.ac.id

**Abstract – Indonesian national energy policy in primary energy supply, targeted contribution of coal in the energy mix by 30% in 2025 which is equivalent to 171.6 x 109 kg of coal and at least 25% equivalent 357 x 109 kg of coal in 2050. Coal mining is a high risk activity for humans, nature and the environment. Therefore, the government program should be escorted by an accurate mitigation scenario. A risk analysis study of coal mining activities have been conducted with the aim of identifying the risk parameters to be taken into consideration in the preparation of adequate mitigation scenario. By using statistical data on coal mining in the United States, has studied a variety of typical coal mining accident, which is dominated by the mine explosion, collapse and subsidence and Suffocation. Coincidence various causes predictable aggravate accidents. Interference environmental conditions, such as the decline of biodiversity through species extinction, soil and coal dust pollution in the environment, acid mine water pollution, subsidence, erosion, landslides, sedimentation of water bodies will be serious repercussions in mining. Principialy these study are a 'lessons learned; that needs to be sharpened with actual data's from Indonesia**

**Key Word :** Coal, Coal Mine, Surface Mining, Underground Mining, Risk, Accident, Environmental Effects, Disaster, Mitigation.

### 1. PENDAHULUAN

Dalam rangka mewujudkan kedaulatan energi, pemerintah telah menyusun kebijakan yang dituangkan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 79 tahun 2014 pada Kebijakan Energi Nasional. Kebijakan utama dari Kebijakan Energi Nasional (PP. N0. 79 Th 2014, Pasal 3, ayat (2) adalah :

- a) Ketersedian energi untuk kebutuhan energi nasional
- b) Prioritas pengembangan energi
- c) Pemanfaatan sumber daya energi nasional
- d) Cadangan energi nasional.

Lebih lanjut Pasal 8 butir a dari PP. N0. 79 Th 2014 menyebutkan bahwa untuk mewujudkan Ketersediaan Energi untuk Kebutuhan Energi Nasional, Pemerintah menetapkan sasaran penyediaan dan pemanfaatan energi primer dan energi final, yaitu terpenuhinya penyediaan Energi Primer pada tahun 2025 sekitar 400 MTOE (empat ratus *million tonnes of oil equivalent*) dan pada tahun 2050 sekitar 1.000 MTOE (seribu *million tonnes of oil equivalent*) dengan menempatkan peran batubara pada bauran energi primer pada tahun 2025 minimal 30% (tiga puluh persen), dan pada tahun 2050 minimal 25% (dua puluh lima persen) ( PP. N0. 79 Th 2014 Pasal 9 f butir 3).

Untuk mencapai sasaran peran batubara pada tahun 2025 dibutuhkan energi batubara sekitar 171.6 juta t SKE (120 juta TOE) yang setara  $171.6 \times 10^9$  kg batubara. Sementara peran batubara pada tahun 2050 adalah sekitar 357 Juta t SKE yang setara  $357 \times 10^9$  kg. Dengan ketebalan lapisan sekitar 60 cm – 500 cm, estimasi produktivitas lahan batubara lahan batubara secara nasional di Amerika Serikat (di luar Wyoming) adalah 1271118,726 m<sup>2</sup>/ 1 Juta ton batubara<sup>[2]</sup>, Meskipun ketebalan lapisan batubara disetiap tempat berbeda, tetapi estimasi produktivitas lahan di Amerika Serikat cukup memberi gambaran seberapa luas lahan yang dibutuhkan untuk menyiapkan ketersediaan batubara nasional Indonesia.

Kegiatan dalam pengelolaan pertambangan batubara adalah kegiatan yang padat resiko bagi pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup. Sejak awal, pemerintah telah menjadikan AMDAL sebagai persyaratan dalam perijinan pengelolaan tambang batubara, dengan tujuan untukantisipasi dan minimalisasi dampak besar dan penting dari kegiatan yang direncanakan. Pada kenyataannya, selalu ada perbedaan persepsi antara masyarakat, pemerintah dan pengelola pertambangan ketika terdapat keluhan dari masyarakat mengenai adanya gangguan lingkungan hidup yang disinyalir berasal dari kegiatan pertambangan.

Jika dalam fakta lapangan nyata yang membuktikan adanya berbagai dampak lingkungan, dampak kesehatan dan keselamatan pada manusia, dibutuhkan langkah mitigasi yang tepat terap untuk mencapai tujuan dari mitigasi itu sendiri. Baik AMDAL maupun skenario mitigasi yang akurat memerlukan pengetahuan kandungan resiko dalam setiap kegiatan pertambangan.

## 1.1 Tinjauan Pustaka

Endapan batubara ditemukan hampir di seluruh pulau besar di dalam kepulauan Indonesia, tetapi yang berpotensi besar sekaligus bernilai ekonomis berada di Kalimantan dan Sumatera. Pulau Jawa, Papua dan Sulawesi hanya mengandung sejumlah kecil tambang batubara<sup>[8,30]</sup>.

### 1.1.1 Jenis Pertambangan Batubara.

Istilah 'Pertambangan' mencakup seluruh tahapan kegiatan dalam rangka penelitian, pengelolaan dan pengusahaan mineral atau batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, *penambangan*, pengolahan dan pemurnian, pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pascatambang (UU No.4 tahun 2009, Pasal 1).

Lapisan endapan batubara ditemukan diberbagai posisi, seperti misalnya nyaris di permukaan bumi, di dalam perut bumi atau tersimpan di volume perbukitan. Lapisan cadangan batubara yang relatif dekat dengan permukaan, yaitu pada kedalaman kurang dari sekitar 180 ft (50 m)<sup>[11,19]</sup>, biasanya dikelola sebagai Pertambangan Permukaan. Sedangkan lapisan cadangan batubara yang ditemukan pada kedalaman 50 sampai 100 m dikelola sebagai Pertambangan Bawah Tanah<sup>[11,19]</sup>. Dalam kasus tertentu, seperti misalnya Tagebau Hambach di Jerman, meskipun posisi lapisan batubara berada pada 1000-1500 (300-450 m), tambang ini dikelola sebagai pertambangan permukaan<sup>[16,17]</sup>.

Sebuah rencana dan implementasi pengelolaan pertambangan batubara dilaksanakan jika tahapan eksplorasi dan evaluasi situs, memberikan informasi bahwa lahan cukup ekonomis, layak implementasi teknis dan tidak menyebabkan gangguan ekstrim pada lingkungan secara umum dan lingkungan sekitarnya<sup>[11,14,16]</sup>. Implementasi kegiatan pengelolaan pertambangan batubara meliputi tahapan :

- Konstruksi Tambang yang meliputi Pembersihan Lahan Tambang dari vegetasi dan pembangunan infrastruktur pertambangan (baik fasilitas penunjang kegiatan penambangan maupun transportasi tambang).
- Praktik Teknis Penambangan dan Reklamasi lahan.
- Pencucian batubara hasil pengerukan.

### 1.1.2 Konstruksi Pertambangan

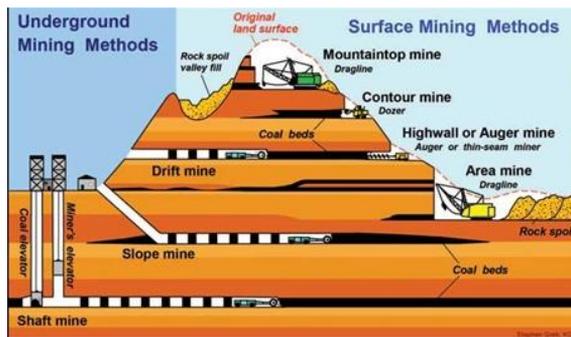
Konstruksi Tambang meliputi kegiatan Pembersihan Lahan Tambang dari pepohonan, pembangunan fasilitas transportasi (Sistem Ban Berjalan, hanggar dan perbengkelan peralatan, jalan, rel kereta baubara, dll), pengangkutan dan pengelolaan lapisan humus (untuk dipergunakan kembali pada tahapan reklamasi) dan berbagai kegiatan pembangunan fasilitas pen-

dukung termasuk fasilitas pencucian batubara<sup>[11,14,18]</sup>.

Dari segi jenis kegiatan penyiapan lahan, hampir tidak ada perbedaan pada pengelolaan Tambang Bawah Tanah atau Tambang Permukaan. Namun demikian, kuantitas kegiatan jauh lebih besar pada Tambang Permukaan, mengingat posisi lapisan batubara hampir sebidang dengan lahan infrastuktur kegiatan.

### 1.1.3 Teknik Penambangan Batubara

Berbagai model praktek teknik penambangan batubara telah dikembangkan sesuai dengan jenis pertambangannya. Gambar.1 menampilkan skema umum pertambangan batubara dan berbagai teknik penambangan yang diterapkan dalam dalam pertambangan batubara, baik pertambangan permukaan maupun pertambangan bawah tanah.



Gambar.1 Skema Pertambangan dan teknik Penambangan yang umum diterapkan<sup>21</sup>

#### 1.1.3.1 Teknik Penambangan Bawah Tanah.

Teknik penambangan pada pertambangan bawah tanah bertujuan untuk mengkeruk lapisan cadangan batubara yang ada **jauh** di bawah kulit bumi tanpa harus membongkar lapisan tanah dan bebatuan yang menutupi cadangan batubara.

Mempertimbangkan hal tersebut, berbagai cara akses lapisan dilakukan sesuai dengan posisi lapisan terhadap pusat kendali kegiatan. Meskipun demikian pusat kendali kegiatan pertambangan berada di permukaan tanah.

Ketika lapisan batubara tidak terlalu berbeda elevasi dengan pusat kendali kegiatan,

akses ke lapisan batubara dilakukan dengan membuat terowongan yang hampir datar ke posisi lapisan, sehingga seakan – akan batubara hanya digeser keluar dari posisinya ke arah pusat kendali kegiatan atau sering disebut dengan istilah Penambangan Geser<sup>[18]</sup>.

Akses ke lapisan batubara dilakukan dengan membuat terowongan miring ketika posisi lapisan batubara berbeda elevasi tetapi tidak terlalu dalam. Penerapan metode akses secara miring menjadikan pengangkutan batubara dari bawah tanah ke permukaan memerlukan teknik pengangkutan sederhana, tidak berbeda jauh dengan sistem pengangkutan pada penambangan geser<sup>[11,18,19]</sup>.

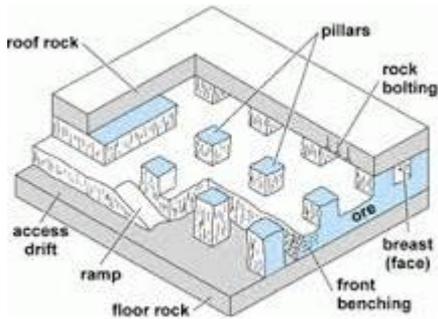
Lapisan batubara yang terletak jauh di kedalaman bumi, diakses melalui terowongan vertikal. Sistem Lift Vertikal dipergunakan untuk pengangkutan batubara hasil pengerukan dan lalu lintas sumber daya kerja. Di Pertambangan batubara Kentucky, Amerika Serikat, satu tambang poros mencapai 1.200 meter di bawah permukaan<sup>[18,19]</sup>.

### Teknik Pengerukan Batubara

Pertimbangan dasar dalam teknik penambangan bawah tanah adalah pengerukan lapisan batubara meninggalkan ruang kosong luas yang menyangga lapisan tanah dan bebatuan di atasnya. Dari pertimbangan dasar ini diterapkan teknik pengerukan metode Pilar – Ruang dan Dinding Panel Panjang (Longwall)<sup>[11,14, 18]</sup>.

#### a. Metode Pilar – Ruang

Pada Teknik Pilar dan Ruang, lapisan batubara dimodelkan sebagai kubus besar yang terdiri dari elemen kubus – kubus kecil, sehingga menyerupai matriks blok kubus. Pengerukan batubara dilakukan secara sistematis dengan pola salib, sehingga meninggalkan pilar (tiang) batubara di sudutnya. Pilar difungsikan sebagai penyangga lapisan tanah dan bebatuan di atasnya (selanjutnya disebut Atap Tambang), sedemikian rupa sehingga atap tidak runtuh<sup>[1,11,18]</sup>.



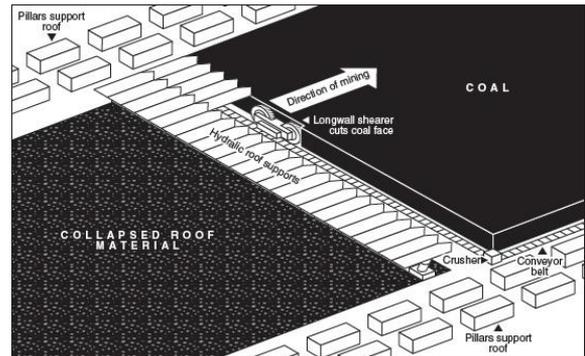
Gambar.2 Skema hasil penerapan Teknik Penambangan Pilar – Ruang<sup>22</sup>

Pada akhir kegiatan pengerukan batubara, pilar – pilar diangkat juga. Proses ini disebut dengan istilah Penambangan Balik (Retreat Mining). Pengangkatan batubara dari blok pilar ini dilakukan dengan kehati-hatian yang tinggi dan urutan pengangkatan batubara secara benar. Biasanya atap dari satu deretan blok pilar yang secara keseluruhan telah diangkat batubaranya, dapat menyebabkan keruntuhan lapisan tanah di atasnya.

#### b. Teknik Penambangan Dinding Panel Panjang

Teknik Penambangan Dinding Panel Panjang (LongWall Mine) adalah alternatif teknik pengangkatan batubara di bawah tanah yang lebih efisien<sup>[18,19]</sup>. Lapisan cadangan batubara dimodelkan sebagai blok kubus, tanpa dibagi dalam elemen kubus yang lebih kecil. Di kedua sisi kubus di buat jalur terowongan, dimana salah satu terowongan menjadi jalur utama pengangkutan hasil pengerukan batubara ke terowongan yang menuju ke permukaan tanah. Jalur di sisi lain, lebih banyak berfungsi sebagai sistem aliran udara. Dari sisi ke sisi kubus lapisan dibuat terowongan awal, sehingga ke dua jalur di sisi blok besar lapisan cadangan terhubung. Terowongan inilah yang disebut sebagai Dinding Panel Panjang dengan panjang mencapai 400 meteran<sup>[18,19]</sup>.

Di dalam dinding panel panjang ini ditempatkan alat keruk/cukur lapisan batubara (Shearer) yang bergerak menyamping disepanjang lorong panel dan kemudian maju ke depan setelah satu lorong telah selesai dikeruk.



Gambar.3 Skema hasil penerapan Teknik Penambangan Dinding Panel Panjang<sup>23</sup>

Bersama dengan mesin keruk ini melekat sistem penyangga atap dan sistem pengangkut batubara hasil potongan (biasanya dalam bentuk ban berjalan). Yang dimaksud dengan sistem penyangga atap adalah, penyangga lapisan tanah dan bebatuan di atas ruang kosong yang muncul akibat dari pengerukan.

Proses pengerukan meninggalkan selapis ruang kosong di sepanjang Dinding panel, yang berpotensi runtuh. Untuk mengantisipasi hal ini, alat pengeruk di dukung dengan sistem penyangga yang bekerja secara hidrolik (Hydraulic Jack). Sistem penyangga akan bekerja segera setelah ruang kosong tercipta akibat pengerukan batubara.

#### 1.1.3.2 Teknik Penambangan pada Pertambangan Permukaan

Teknik penambangan pada Pertambangan Permukaan bertujuan untuk mengkeruk lapisan cadangan batubara yang berada dekat dengan permukaan kulit bumi. Karena lapisan batubara berada di dekat permukaan tanah, maka tidak dibutuhkan Fasilitas Akses khusus ke lapisan batubara. Sebelum dilakukan pengerukan batubara, terlebih dahulu dilakukan pengelupasan lapisan tanah dan bebatuan.

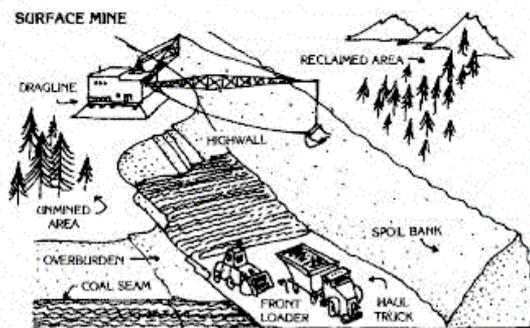
#### Teknik Pengerukan Lapisan Batubara

Teknik pengerukan batubara, yang digunakan pada Pertambangan Permukaan di Amerika Serikat terklasifikasi menjadi: Teknik Petakan Permukaan (Area Surface Mining), Teknik Kontur (Contour Mining), dan Teknik Lobang Terbuka (Open Pit)<sup>[18,19]</sup>.

Parameter teknik yang menentukan jenis teknik pengerukan yang dipergunakan adalah topografi permukaan tanah dan kompleksitas geologi lapisan batubara<sup>[16,17,19]</sup>.

#### a. Teknik Penambangan Petakan (Area Mining)

Teknik Penambangan Petakan diterapkan pada lahan tambang dengan hamparan lapisan batubara yang luas, tetapi mempunyai ketebalan tipis di topografi lahan yang relatif datar<sup>[11,14]</sup>. (Gambar.4).



Gambar.4 Skema proses dan hasil penerapan Teknik Penambangan Petakan<sup>24</sup>

Penerapan Teknik Penambangan Petakan dilakukan juga pada lahan tambang di atas gunung atau perbukitan, dengan syarat lahan tambang merupakan dataran luas dengan kemiringan yang kecil. Apabila lahannya sempit dengan kemiringan yang cukup tinggi, teknik penambangan kontur lebih tepat untuk diterapkan<sup>[17,18,19]</sup>.

Dalam praktek penambangan, lahan dibagi dalam petakan – petakan lahan tambang, yang diberi sela lahan bebas untuk fasilitas penempatan peralatan keruk dan transportasi sesuai dengan yang dibutuhkan<sup>[7,11,14]</sup>. Pengelupasan lapisan tanah penutup dilakukan seperti umumnya pertambang permukaan, yaitu dikeruk langsung dengan peralatan keruk atau diledakan. Demikian pula dalam teknik pengerukan, juga dilakukan peledakan lapisan jika lapisan cukup tebal atau dikeruk langsung dengan alat potong jika lapisan batubara cukup tipis<sup>[3,4,5,9]</sup>.

Limbah tanah bongkaran dari hasil pengelupasan petak lahan pertama disimpan

pada tempat tertentu, tetapi limbah tanah bongkaran dari pengelupasan petak lahan berikutnya, diisikan pada petakan lahan yang selesai dikeruk, demikian seterusnya dalam mengelola limbah tanah bongkaran dari pengelupasan lapisan penutup lapisan batubara. Jajaran petak galian dari kejauhan membentuk serangkaian galian parit paralel yang disebut sebagai alur atau strip. Panjang strip ini mungkin dapat mencapai ratusan meter<sup>[18]</sup>. Tanah dan bebatuan bongkaran dari blok pertama, seharusnya diisikan pada galian tambang yang terakhir.

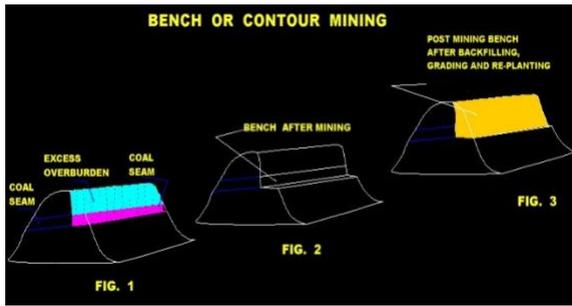
Apabila lapisan batubara, meskipun di dekat permukaan kulit bumi, tetapi di alam perut sebuah bukit, teknik pengerukan diberi istilah khusus, yaitu Teknik Pengeksploitasi Penghapusan Puncak Gunung (Mountain Top Removal Mining).

#### b. Teknik Penambangan Kontur

Teknik Penambangan Kontur umumnya digunakan pada medan berbukit, dimana lapisan cadangan batubara secara kurang lebih mengikuti pola kontur permukaan tanah di pegunungan/ perbukitan<sup>[17]</sup>.

Pengelupasan lapisan tanah dan bebatuan penutup lapisan batubara, pada umumnya dilakukan dengan meledakan lapisan penutup tersebut dengan dinamit. Untuk keperluan ini, dibuat lobang penempatan bahan peledak disepanjang garis punggung dan pinggang kontur. Posisi dan kedalaman dibuat secara terencana dan demikian pula proses peledakannya<sup>[3,4,5,9]</sup>. Hal ini terkait dengan usaha mengurangi resiko dan sekaligus manajemen penyimpanan sementara bongkaran tanah hasil ledakan. Pada gilirannya bongkaran tanah itu harus digunakan menutup lobang galian batubara dan mengembalikan bentuk kontur semula<sup>[5,7,9]</sup>.

Dalam rangka pengelolaan bongkaran tanah dan bebatuan penutup, sistematika pengelupasan dan pengerukan dilakukan dengan petak – petak lahan berurutan seperti halnya pada Teknik Pengerukan Petakan Permukaan. Satu lahan petakan kontur terkeruk, ditutup dengan bongkaran tanah di petakan kontur berikutnya<sup>[14,18]</sup>.



Gambar.5 Skema proses dan hasil penerapan Teknik Penambangan Kontur<sup>25</sup>

Untuk penghematan biaya pengerukan, beberapa pengelola pertambangan, meledakan lapisan batubara terlebih dahulu dan baru kemudian dikeruk dengan berbagai peralatan keruk untuk kemudia diangkut ke fasilitas pencucian. Penggalan berurutan ini akan mengurangi jumlah lapisan tanah penutup sampai dengan lobang tambang terakhir. Gambar.5 menunjukkan jenis pertambangan dan pengelolaan bongkaran lapisan tanah penutup, dikembalikan pada posisi semula sekaligus membentuk kembali topografi semula. Pecahan bebatuan yang ditimbulkan dalam peledakan punggung bukit dengan volume besar, yang tidak dapat ditempatkan ke lobang – lobang tanah bekas penambangan, ditempatkan di lembah atau struktur lain sejenis<sup>[7,9,20]</sup>.

### c. Teknik Penambangan Lobang Terbuka (Open Pit Mining)

Teknik Penambangan Lobang Terbuka diterapkan pada lahan dengan lapisan batubara yang tebal atau lahan yang berisi dari sejumlah lapisan batubara, yang mana pola lapisan tidak selalu teratur, bahkan kadang dijumpai antar lapisan saling memotong<sup>[4,16,19]</sup>. Teknik ini diterapkan juga pada kondisi lahan tambang dimana tidak mungkin dibuat akses terowongan.

Dalam praktik Penambangan Teknik Lobang Terbuka, kulit bumi dikelupas dipermukaannya dalam luasan yang cukup besar dan igali sampai ketebalan tanah tertentu, kemudian dilanjutkan dengan penggalian kedalam lagi tetapi luasan yang lebih kecil dan hal ini terus berlanjut. Apabila luasan obyek galian berbentuk lingkaran, maka

pola geometrik lobang membentuk sikloid, dengan diameter lingkaran mengecil pada tiap tataran/ teras sikloid dengan arah ke bawah. Pada pertambangan batubara lobang terbuka, dasar lobang menjadi dasar ketinggian lapisan batubara yang ditambang, oleh karena itu Teknik Penambangan Lobang Terbukan menghasilkan limbah bongkaran tanah penutup lapisan batubara yang maksimal sebesar volume lobang terbuka.



Gambar.6 Skema proses dan hasil penerapan Teknik Penambangan Kontur<sup>26</sup>

Penambangan biasanya dihentikan, ketika operasional tambang tidak ekonomis lagi. Banyak sekali lobang terbuka dari pertambangan permukaan yang ditinggalka tanpa ada penutupan lobang kembali, atau usaha memulihkan topografi sebelumnya.

### d. Teknik Penambangan Auger (Pengeboran) dan Dinding Tinggi.

Ketika proses penambangan petakan atau penambangan kontur berujung pada dinding tinggi perbukitan, baik dinding alamiah ataupun dinding hasil akibat penggalian, dan lapisan batubara yang masih bernilai ekonomik, berlanjut ke dalam volume dinding perbukitan tersebut, penambangan batubara dilanjutkan dengan penerapan Teknik Auger dan Teknik Dinding Tinggi<sup>[16,19]</sup>. Penerapan Teknik Penambangan Auger dan Dinding Tinggi dalam pertambangan batubara biasanya disebut proses sekunder.

Teknik Auger memanfaatkan mesin bor dengan kontruksi Mata Bor yang khusus, mirip ulir skrup dengan jarak paritan yang lebar.

Sehingga proses maju mata bor menyebabkan batubara terpotong bergerak berlawanan dengan arah maju mata bor. Dalam satu mesin dapat dipergunakan lebih dari satu mata bor, sehingga proses pemotongan batubara menjadi lebih efektif. Mesin Bor terbatas untuk mengangkat batubara pada kedalaman maksimal 200 meter ke dalam lapisan batubara.



Gambar.7 Skema proses dan hasil penerapan Teknik Penambangan Auger<sup>27</sup>

Selain Teknik Penambangan Auger, kadang dipilih Teknik Penambangan Dinding Tinggi. Proses Penambangan Dinding Tinggi sama dengan Teknik Penambangan Dinding Panel Panjang, tetapi dilakukan di atas permukaan tanah.



Gambar.7 Skema proses dan hasil penerapan Teknik Dinding Tinggi<sup>28</sup>

#### e. Teknik Penambangan Penghapusan Puncak Bukit.

Lapisan batubara di tanah berbukit, banyak ditemukan atau berlanjut ke dalam perut bukit/ gunung yang tidak terlalu jauh dari puncaknya. Dalam situasi yang demikian, atas pertimbangan efektifitas ekonomi, banyak pengelola pertambangan menerapkan Teknik Penambangan Penghapusan Puncak Bukit.



Gambar.8 Skema proses dan hasil penerapan Teknik Penambangan Pengikisan Puncak Gunung<sup>29</sup>

Praktek lapangan teknik ini adalah meruntuhkan Puncak Bukit dengan meledakan volume tanah dan bebatuan puncak bukit. Peruntuhan yang demikian ini dapat meruntuhkan ketinggian puncak bukit sampai 150 meteran. Bongkaran tanah dan bebatuan dari runtuhan puncak gunung tersebut kemudian dibuang di lembah sekitarnya.

Ada banyak kontroversi tentang penempatan reruntuhan tanah dan bebatuan yang ditimbun di lembah yang berdekatan dengan wilayah pertambangan, karena menyebabkan modifikasi topografi yang asli.

#### 1.1.4 Proses Preparasi Batubara.

Batubara hasil pengerukan dari lahan tambang disebut sebagai batubara 'run-of-mine' (ROM). Batubara ROM masih kotor atau mengandung material anorganik yang tak layak bakar (noncombustible) seperti serpih, batuan, dan tanah liat. Selain itu, kualitas organik (maturitas) batubara sering dijumpai tidak sama.

Untuk memenuhi kebutuhan pengguna akhir, yang pada umumnya menuntut 'mutu

yang konsisten'), perlu dilakukan pengolahan (preparasi awal) batubara ROM, yang disebut dengan istilah umum, yaitu pencucian batubara ("coal beneficiation" atau "coal washing").

Proses umum pencucian batubara ROM meliputi proses pemurnian (cleaning), penyeragaman pada ukuran fisik tertentu (sizing), penyusutan kelembaban (dewatering), dan pengelolaan limbah (tailing).

Dari proses pencucian, penyeragaman ukuran dan penyusutan kelembaban batubara, dihasilkan sejumlah massa yang tidak dapat dipergunakan oleh pengguna akhir yang disebut limbah (tailing). Proses dewatering di atas, dipergunakan pula untuk limbah pencucian batubara, sebelum dibuang.

#### 1.1.5 Reklamasi Tambang Batubara.

Pertambangan batubara adalah penggunaan sementara tanah dan bagaimanapun pertambangan batubara juga melibatkan perpindahan volume besar tanah dan batu dan mengakibatkan berbagai tingkat kerusakan lingkungan/ ekosistem. Oleh karenanya sangat penting rehabilitasi, segera setelah operasional pertambangan batubara berhenti.

Kegiatan reklamasi tambang batubara sebaiknya dilakukan secara bertahap mengembalikan kondisi geologi serta topografi lahan dan sangat penting pengembalian lapisan humus, penyemaian dengan rumput dan penanaman pohon yang terjadi pada daerah wilayah lahan tambang. Kehatian – hatian harus dilakukan untuk merelokasi kembali aliran air, satwa liar, dan sumber daya lainnya yang berharga.

Secara umum, reklamasi lahan pertambangan batubara meliputi :

- Pemulihan topografi pasca tambang yang mendekati topografi sebelum dimulai pertambangan.
- Meminimalkan dampak pada keseimbangan hidrologi yang ada.
- Mampu mendukung penggunaan lahan pasca tambang, seperti penggembalaan ternak dan habitat satwa liar.

Dengan demikian, reklamasi lahan pertambangan batubara menciptakan tata ruang dan wilayah yang dipergunakan memenuhi berbagai tujuan mulai dari restorasi

ekosistem produktif untuk penciptaan sumber daya industri dan perkotaan

## 1.2 TUJUAN

Penelitian yang hasilnya dilaporkan dalam makalah ini bertujuan untuk mendapatkan berbagai parameter resiko dan mekanisme menuju kejadian sebuah kecelakaan atau kebencanaan pada kegiatan pertambangan batubara.

## 2. METHODOLOGI

Studi Awal Resiko Pertambangan Batubara merupakan studi deskriptif dari data kecelakaan/ bencana Pertambangan Batubara di Amerika Serikat dari tahun 1939 sampai 2010 yang dipublikasikan oleh MSHA (Mine Safety Health Administration) United States Department of Labor-USA dan data statistik kecelakaan Pertambangan Batubara 10 negara dunia yang termuat dalam Project Report **International Mining Fatality Database** publikasi dari NSW – Trade and Investment Resources and Energy. Kajian analisis dilakukan dengan membandingkan isi laporan kecelakaan dan konsep teoritis

Data dan analisis yang mendasari penulisan makalah ini, dipersiapkan dalam Uji Kompetensi Bidang seleksi Calon Anggota Unsur Pengarah

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Statistik Bencana Tambang Batubara

Pertambangan adalah sebuah pekerjaan yang didalamnya sangat banyak mengandung resiko yang berpotensi menimbulkan bencana. Di seluruh dunia ribuan penambang menjadi korban setiap tahunnya dari pertambangan batubara. Namun demikian, jumlah yang akurat tentang kejadian bencana dan korban meninggal di seluruh dunia, masih cukup sulit untuk diperoleh sampai saat ini, karena di beberapa negara, dengan alasan tertentu, tidak melakukan pencatatan rinci kasus kecelakaan di pertambangan batubara atau tidak mempublikasikan secara terbuka setiap kejadian bencana pertambangan batubara. NSW – Trade and Investment

Resources and Energy pernah melakukan pendataan untuk Project **International Mining Fatality Database** yang dipublikasikan di website milik NSW – Trade and Investment Resources and Energy dan hanya mendapatkan data dari 10 negara yang validitasnya dapat diperhitungkan secara statistik, seperti yang tertuang dalam table.1 berikut :

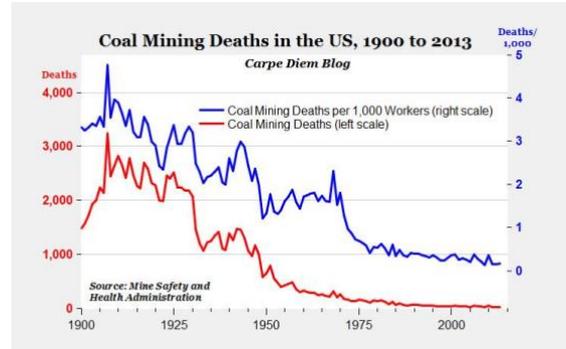
**Tabel.1 Resume sementara jumlah korban kecelakaan Tambang Batubara untuk 142 tahun terakhir dengan dominasi data antara 1980 – 2008**

Negara	Jumlah Fatalitas dari Jenis Pertambangan			Jumlah Total
	Bawah Tanah	Pertambangan	Tak Teridentifikasi	
Australia	919	86	0	1005
China	2565	0	0	2565
Perancis	1060	0	0	1060
Jerman	299	0	0	299
India	1053	0	0	1053
Jepang	1465	0	0	1465
New Zealand	63	5	13	81
Rusia	147	0	0	147
Afrika Selatan	437	0	0	437
Ukraina	244	0	0	244
Inggris Raya	1598	6	4	1608
United States of America	1315	152	93	1560
Yugoslavia	195	0	0	195
Zimbabwe	427	0	0	427
Total	11787	249	110	12146

Di Amerika Serikat, pencatatan kecelakaan dan korban pada tambang batubara sudah lama dilakukan. Publikasi tentang kecelakaan dan jumlah korban yang dipublikasikan melalui OMSHA, CDC Amerika Serikat, menunjukkan terdapat kecenderungan jumlah kejadian bencana dan jumlah korban menurun sangat signifikan (gambar.9).

Penurunan jumlah korban terlihat nyata, sejak tahun 1950-an. Penurunan jumlah kecelakaan dan korban ini adalah hasil penelitian dan pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi di bidang pertambangan batubaram, yang pelaksanaannya didorong oleh tuntutan masyarakat sebagai reaksi kejadian bencana tambang Monongah, West Virginia, Desember 1907, dimana Congress membentuk United States Bureau of Mines dengan tujuan investigasi dan inspeksi

tambang untuk meminimalisasi kejadian yang sama



Gambar.9 menampilkan statistik korban manusia dalam pertambangan batubara mulai dari tahun 1900 di negara Amerika Serikat (Diambil dari MSHA).

Pertambangan di Amerika Serikat, secara umum mempunyai tradisi untuk menyebut sebuah kecelakaan menjadi bencana ketika korban kematian manusia lebih dari lima orang (MSHA : Mine Safety and Health Administration USA). Dari 727 Catatan Kejadian Kecelakaan Pertambangan di Amerika Serikat yang diperoleh dari Database MSHA Amerika Serikat, sekitar 623 adalah kejadian Pertambangan Batubara, yaitu dari sejak Tambang Black Heath 03/18/1839 sampai dengan Upper Big Branch Mine-South 04/05/2010. Dari 623 Kejadian Kecelakaan pada Pertambangan Batubara telah menelan korban 14.615 orang. Evaluasi dari 623 Kejadian Kecelakaan, Jumlah korban dan jenis kecelakaan terangkum dalam table.2 berikut :

**Tabel.2 : Kejadian Kecelakaan khusus Tambang Batubara dalam 142 tahun terakhir di Amerika Serikat**

No	Jenis Kejadian Kecelakaan	Jumlah Kejadian	Jumlah Korban
1	Ledakan Tambang	504	12147
2	Kebakaran	50	990
3	Keruntuhan	18	175
4	Pengangkutan	18	747
5	Banjir	12	283
6	Sufokasi/ Nafas Tercekik	9	53
7	Mekanik	9	115
8	Ledakan Dinamit	3	105
		623	14.615

Tiga terburuk dari 623 kejadian kecelakaan tambang batubara tersebut adalah, ditampilkan di tabel.3.

Tabel 3 : Kejadian Kecelakaan Tambang Batubara Terburuk dalam 142 tahun terakhir di Amerika Serikat

Waktu Kejadian	Pertambangan dan Lokasi	Jenis Kecelakaan	Korban Meninggal
22/10/1913	Stag Canon No. 2, Dawson, New Mexico	Ledakan Tambang	263
13/11/1909	Cherry Mine, Cherry, Illinois	Kebakaran	259
06/12/1907	Monongah Nos. 6 and 8, Monongah, West Virginia	Ledakan Tambang	362

Seperti ditampilkan dalam tabel. 2 ini, kecelakaan tambang ternyata didominasi oleh Ledakan Tambang yang mencapai 81 %, yang disusul oleh Kebakaran 8 %, Keruntuhan dan Pengangkutan 2.9 %. Dari catatan lebih rinci kecelakaan tambang batubara di Amerika Serikat, kecuali Pengangkutan, Mekanik dan Ledakan Dinamit, kasus – kasus kecelakaan tersebut merupakan citra umum kecelakaan Pertambangan Bawah Tanah.

Dalam pertambangan apapun ; resiko, kecelakaan dan bencana adalah tiga aspek konsekuensi pelaksanaan seluruh kegiatan pertambangan. Di dalam Kamus Webster, resiko dinyatakan sebagai sesuatu yang mengandung kebolehan jadian yang dapat menyebabkan sesuatu yang merugikan keselamatan manusia dan merugikan sebagian atau keseluruhan yang mengandungnya. Mempelajari statistika kecelakaan pertambangan batubara di Amerika Serikat yang dibahas di atas, diperoleh pemahaman resiko pertambangan batubara secara urutan tingkat kandungannya adalah Ledakan Tambang, Kebakaran, Keruntuhan, Pengangkutan, Banjir, Ketercekikan dan Dampak ledakan Dinamit.

### 3.2 Kajian Resiko

Dari pembahasan statistika kecelakaan tambang, pencatatan hanya sebatas pada kecelakaan yang berdampak pada operasional

pertambangan batubara itu sendiri. Sebenarnya, resiko, kecelakaan dan bencana yang merupakan aspek konsekuensi operasional pertambangan, diprediksi sangat kuat juga terjadi pada lingkungan hidup. Namun demikian, data kuantitatif dan kualitatif yang terpublikasikan dan valid secara ilmiah, sampai saat ini masih sulit untuk diperoleh. Meskipun demikian, bahasan analisis resiko juga mengkaji dampak lingkungan hidup dari operasional pertambangan batubara.

#### 3.2.1 Kajian Resiko Kecelakaan Operasional Pertambangan Batubara

Yang dibahas dalam analisis resiko kecelakaan tambang batubara adalah kecelakaan yang khas terjadi pada tambang batubara. Dengan demikian, Kecelakaan Kebakaran, Banjir, Pengangkutan dan Mekanik tidak dibahas dalam kajian resiko ini.

##### a. Ledakan Tambang.

Ledakan tambang pada umumnya dipicu oleh kebakaran dan ledakan metana yang kemudian dipercepat dan dipertinggi intensitas ledakannya oleh ledakan debu batubara. Metana adalah komponen utama gas alam yang mudah terbakar. Campuran dengan udara mencapai konsentrasi 5.5 % sampai 15 % menjadi eksplosif<sup>[9,10,12,13]</sup>. Ketika udara mengandung sekitar 9.5 % metana udara mencapai titik oksidasi sempurna. Hal ini menghasilkan air, karbon dioksida dan banyak jumlah panas. Tidak membutuhkan panas yang tinggi untuk menyulut pembakaran dan metana meledak sangat cepat dengan kekuatan merusak yang tinggi.

Panas yang dihasilkan oleh proses ini meningkatkan suhu udara di dalam tambang, yang menyebabkan udara mengembang. Karena udara panas tidak dapat dengan mudah mengembang di bawah tanah, terbangun tekanan di dalam tambang. Jika tekanan ini cukup tinggi, dapat menyebabkan udara mencapai zona pembakaran yang menyebabkan tekanan besar dan menyebabkan gelombang kejut.

Ledakan hebat pada tambang dapat dipicu ketika partikel halus debu batubara yang bersentuhan dengan sumber panas. Pada dasarnya metana hanya lebih mudah untuk

terpercik sebagai api, tetapi sebenarnya nilai tekanan ledakan dan panas metana tidak setinggi debu batubara.

Dalam kebanyakan kasus, ledakan debu yang pertama disebabkan oleh ledakan metana. Ledakan debu batubara membutuhkan konsentrasi debu batubara yang sangat tinggi di udara, yang sebenarnya jarang ditemukan di lingkungan Pertambangan Terbuka.

Gelombang kejut yang disebabkan oleh ledakan metana dapat meledakkan debu batubara dalam tambang, dan panas yang dihasilkan oleh reaksi metana dapat memicu debu, yang sangat mengintensifkan energi ledakan.

### **Keruntuhan Tambang.**

Keruntuhan tambang, sebenarnya juga terjadi pada jenis pertambangan di luar batubara. Namun demikian, keruntuhan tambang menjadi kekhasan di Pertambangan Batubara Bawah Tanah dengan penerapan teknik penambangan yang eksotis, yaitu Pilar – Ruang dan Dinding Panel Panjang<sup>[1,3,4]</sup>.

Hampir semua keruntuhan, misalnya atap, dinding selasar tambang, pilar dan berbagai struktur penyangga atap, dapat ditelusuri ke arah 2 penyebab utama, yaitu : (1) interaksi tekanan pada atap, pilar dan lantai yang mengarah kepada retak strata atap; dan (2) keberadaan morfologi dari kondisi geologi lokal, terutama komponen geologi yang menjadi atap tambang, seperti kanal pasir, zona transisi, tumpukan tipis pada lapisan utama batubara, retak serta sambungan (struktur antarmuka) antar lapisan dan keberadaan air (kelembaban). Pada umumnya, kejadian kecelakaan keruntuhan atap terindikasi oleh keberadaan keduanya<sup>[3,17,18,19]</sup>.

Pengerukan lapisan batubara pada Teknik Pilar – Ruang menciptakan ruang kosong. Ruang kosong ini merubah keseimbangan kritis tekanan dan gaya pada stabilitas morfologik permukaan kulit bumi. Dengan adanya pilar batubara, kemungkinan keruntuhan atap dinetralisir oleh kehadiran pilar batubara<sup>[3,19]</sup>. Pada akhir kegiatan penambangan meninggalkan pilar batubara dan ruang. Kehadiran air yang menyusup pada lapisan atap dan juga sampai pada pilar batubara, dapat menjadikan lapisan mengalami

perubahan kohesi material penyusunnya, sehingga kekuatan meneruskan gayapun berubah. Bila hal ini akhirnya berpengaruh terhadap keseimbangan kritis, maka akan memicu keruntuhan.

Keseimbangan kritis pun dapat terganggu dengan adanya beban gaya yang mendadak, misalnya adanya gempa tektonik atau vulkanik. Seismisitas alam (tektonik dan vulkanik) yang mana gelombang kejutnya melewati lahan pertambangan dapat memicu keruntuhan. Keruntuhan tambang dapat juga menimbulkan fenomena seismisitas. Kecelakaan yang terjadi pada : Crandall Canyon Agustus 2007, New Castle 1989, Ladang Pertambangan Batubara Virginia ( Sago, Aracoma, Monongah, Upper Big Branch) dari berbagai tahun, Raspotocje Bosnia September 2014, Silesia Polandia 2013, Oberhausen, Jerman Oktober 2014, Fuyuan China Januari 2012<sup>[17,19,20]</sup> dan masih banyak lagi tempat pertambangan lain di dunia, diduga merupakan koinsidensi seismisitas yang memicu kejadian keruntuhan tambang pada lahan tambang dan merambat ke daerah pemukiman penduduk<sup>[20]</sup>.

Teknik Penambangan Dinding Panel Panjang sudah diperhitungkan menimbulkan keruntuhan atap demikian mesin potong bergerak lebih maju. Demikian pula Teknik Penambangan Retreat yang mengeruk kembali pilar dari pertambangan bawah tanah<sup>[6,9,15,20]</sup>.

Ledakan yang ditimbulkan oleh gas metan dan debu halus batubara dapat pula memicu keruntuhan tambang. Apabila keseimbangan kritis tekanan dan gaya pada struktur geologi atap terganggu akibat dari gelombang kejut ledak metan dan debu batubara, keseimbangan dapat saja menjadi hancur dan terjadi keruntuhan atap.

Keruntuhan dapat juga terjadi pada pertambangan terbuka, dimana di akhir pengerukan pada dataran dilanjutkan dengan penambangan pada lapisan batubara yang masuk kedalam dinding atau tebih tanah dengan penerapan Teknik Penambangan Auger. Keseimbangan kritis tekanan atau gaya pada stabilitas morfologik permukaan kulit bumi berubah ketika dilakukan pengeboran pada dinding tinggi tersebut<sup>[20]</sup>. Getaran yang muncul dari putaran mata bor yang jumlah dapat mencapai 6 mata bor, mempunyai kemung-

kinan untuk menghadirkan resonansi getaran<sup>[20]</sup>.

Ledakan Dinamit pada dasarnya memang untuk membongkar keseimbangan gaya atau tekanan pada keberadaan obyek tertentu, misalnya batuan besar yang menjadi penutup lapisan batubara. Tetapi pada proses penggalian yang berurutan seperti misalnya penerapan teknik penambangan garis sejajar (Strip) pada permukaan tanah berkontur, peledakan dinamit<sup>[3,4,5,6]</sup> diprediksi dapat menimbulkan keruntuhan tambang yang sebelumnya telah selesai proses penambangannya. Karena getaran yang ditimbulkan dapat menjadi penyebab ketergangguan stabilitas kritik struktur geologi lahan habis tambang.

### Sufokasi

Keberadaan gas non oksigen dalam konsentrasi tinggi pada ruang tambang bawah tanah yang muncul oleh berbagai sebab dan sumber, menyebabkan sufokasi (ketercekikan pernafasan). Gas tersebut mendesak atau mengurangi atau menggantikan konsentrasi oksigen normal. Karena gas penyebab sesak nafas relatif inert dan tidak berbau, kehadiran mereka dalam konsentrasi tinggi mungkin tidak diperhatikan, kecuali dalam hal karbon dioksida (hiperkapnia). Kelompok gas nitrogen, karbon dioksida dan uap air yang tercampur, yang biasa disebut 'blackdamp', menggantikan oksigen di udara lobang tambang bawah tanah<sup>[10,12]</sup>.

Selain bahaya di dalam lobang tambang, blackdamp dapat "dihembuskan" dalam jumlah besar dari tambang (terutama tambang batubara lama ditinggalkan dengan beberapa lobang ke udara bebas), ketika terjadi perubahan mendadak tekanan atmosfer di dalam dan di luar tambang. Kematian pekerja pada pertambangan masa lalu, karena sufokasi pasca kebakaran tambang dan ledakan bawah tanah.

### 3.2.2 Dampak Lingkungan.

Tak dapat diingkari bahwa keseluruhan kegiatan pertambangan, secara umum mengganggu dan merubah kondisi rona lingkungan sebelum adanya pertambangan, sebagai akibat dari degradasi atau perusakan

lahan berguna dalam rona sebelumnya. Sekitar 4 ha lahan rusak untuk setiap juta ton batubara yang ditambang pada pertambangan permukaan. Untuk dapat memproduksi 10 Juta Ton batubara, dibutuhkan 800 ha lahan untuk ditambang<sup>[12]</sup>.

### Dampak Ekologi

Di setiap kegiatan pertambangan jenis apapun, didahului dengan fase konstruksi pertambangan yang mulai dengan kegiatan 'land clearing' (penggundulan lahan). 'Land clearing' adalah kegiatan dimana seluruh komposisi vegetasi yang ada di lahan disingkirkan, tidak pandang bulu apakah lahan tersebut merupakan lahan produktif atau bukan, semuanya yang ada termasuk habitat didalamnya terutama satwa penghuni lahan. Hasil dari 'land clearing' adalah lahan gundul yang siap dibongkar isi perutnya.

Dampak ekologi yang paling jelas adalah penurunan keanekaragaman hayati dalam skala lokal, dan kepunahan berbagai jenis spesies pada skala global<sup>[12]</sup>. Selain itu, sebuah area di bumi yang semula ikut mengisap polusi udara, telah lenyap dan lahan itu siap menjadi produsen material polusi udara, misalnya CO<sub>2</sub>.

Dalam 'land clearing' ini, berbagai fitur geomorfik serta geofisika dan sumber daya yang bernilai khusus juga dikorbankan untuk kepentingan pertambangan. Bahkan dalam hal ini, nilai sejarah paleontologi, budaya, dan lainnya dapat terancam oleh kegiatan teknis 'land clearing', seperti misalnya peledakan, ekskavasi, dan pengerukan batubara.

Di atas permukaan lahan gundul, suhu lahan memanaskan lebih cepat dan mencapai suhu yang lebih tinggi disbanding dengan lingkungan sekitarnya yang tak gundul. Akibatnya air tanah mengalami penguapan. Dengan lahan yang sangat luas, akan berlangsung gerakan uap air ke atas dan meningkatkan pembentukan awan lokal dan akhirnya menghasilkan lebih banyak curah hujan. [39]. Tingkat penguapan air tanah bermakna menguras kandungan air dalam tanah serta air tanah dan kelembaban atmosfer. Jika kandungan air lebih banyak menguap ke atas, maka berbagai sumber yang dipasok oleh air tanahpun, seperti misalnya

mata air dari sebuah sungai, atau mata air penduduk setempat akan mongering<sup>[12]</sup>.

Lahan gundul yang dipersiapkan menjadi lahan tambang biasanya menjadi lahan kering, dimana gaya kohesi antar tanah lenyap, sehingga berubah menjadi tanah tak berikatan satu sama lain. Kegiatan yang berhubungan dengan pembangunan fasilitas pertambangan, seperti misalnya jaringan jalan di lahan pertambangan, penimbunan bongkaran tanah lapisan, pembongkaran lapisan tanah/bebatuan penutup cadangan batubara, lalu lintas kendaraan untuk pengangkutan bongkaran tanah, mendorong tanah yang tak lagi saling mengikat menjadi debu. Kuantitas debu di sekitar operasi pertambangan sangat tinggi. Debu menurunkan kualitas udara di daerah, memiliki dampak negatif pada kehidupan vegetatif, misalnya perkebunan dan pertanian di lahan sekitar lahan pertambangan dan sekaligus merupakan resiko kesehatan dan keselamatan bagi pekerja tambang dan warga di dekatnya<sup>[20]</sup>.

### Dampak Lingkungan Geologik

Dampak lingkungan geologik yang sering terjadi adalah keruntuhan atap pertambangan bawah tanah, keruntuhan dinding/tebing pada pertambangan permukaan, keruntuhan goa – goa yang tercipta oleh pengeboran dinding, penurunan permukaan tanah dan beberapa hal lain lagi. Mekanisme keruntuhan atap telah didiskusikan di atas.

Keruntuhan atap pertambangan bawah tanah dapat memberikan dampak lingkungan geologik, berupa penurunan permukaan tanah atau subsidensi. Subsidensi terjadi ketika pertambangan bawah tanah meluas sampai pada daerah bawah tanah produktif atau lahan pemukiman atau badan air, misalnya sungai.

Stabilitas tanah pada lahan gundul terancam ketika penguapan tinggi pada kandungan air di tanah permukaan lahan. Hal ini dimungkinkan oleh berkurangnya gaya kohesi tanah. Pada saat yang sama, tanah permukaan kehilangan perlindungan dari serasah pohon serta hilangnya pengikat tanah yang lain, yaitu akar pepohonan. Akar pohon mengikat tanah dangkal dan sekaligus

bertindak sebagai pengikat batuan dasar di bawahnya. Lahan pertambangan di tanah berkontur mengalami hal itu, sehingga erosi, banjir dan longsor sangat mungkin terjadi dan hal ini mengancam orang yang tinggal di dekatnya.

Stabilitas tanah menjadi perhatian khusus di daerah pertambangan batubara dengan topografi lereng yang curam. Secara alami saja kawasan topografi yang curam, rawan longsor dan rawan kegagalan perlerengan. Ketika tanah berlereng menjadi lahan pertambangan, proses yang sama dalam 'land clearing' akan terjadi. Erosi, tanah longsor dan banjir adalah konsekuensi lahan pertambangan di tanah berlereng<sup>[20]</sup>.

Kelongsoran butiran tanah dapat secara mendadak atau bersifat laten. Kelongsoran secara laten menjadikan berbagai proses sedimentasi pada badan air. Apabila pendangkalan sudah cukup tinggi, maka kemungkinan banjir pada musim penghujan sangat mungkin terjadi.

### Dampak Lingkungan Hidup Manusia

Pertambangan Lobang Terbuka memerlukan sejumlah besar air untuk fasilitas preparasi dan pencucian batubara dan penindasan debu. Untuk memenuhi kebutuhan ini pengelola pertambangan mendapatkan dan sekaligus mengatur air permukaan atau air tanah yang berfungsi sebagai pasokan dari pertanian atau pengguna domestik terdekat, sehingga mengurangi produktivitas operasi ini atau menghentikan sama sekali<sup>[20]</sup>. Sumber daya air ini jarang kembali berfungsi setelah pertambangan, sehingga mengakibatkan degradasi permanen dalam produktivitas pertanian. Pertambangan bawah tanah memiliki efek yang sama (dengan intensitas sedikit kurang), karena kebutuhan air yang lebih rendah untuk penindasan debu; Namun, masih tetap membutuhkan air yang cukup untuk mencuci batubara.

Pertambangan permukaan sangat mengganggu air tanah dalam berbagai cara: dengan menggunakan drainase air dari akuifer dangkal; menurunkan tingkat air di daerah yang berdekatan dan perubahan arah aliran dalam akuifer<sup>[12]</sup>; kontaminasi akuifer yang dapat digunakan di bawah operasi penambangan

karena infiltrasi (perkolasi) dari air tambang berkualitas rendah; dan peningkatan infiltrasi curah hujan pada tumpukan limbah bongkaran tambang. Dimana batubara atau serpih karbon hadir, meningkatkan infiltrasi yang dapat mengakibatkan peningkatan limpasan air berkualitas rendah dan erosi dari tumpukan limbah bongkaran tambang, resapan air berkualitas rendah ke akuifer air tanah dangkal dan aliran air berkualitas rendah ke sungai terdekat.

Kontaminasi air tanah dan sungai terdekat untuk jangka waktu yang lama. Penurunan kualitas hasil aliran dari drainase asam tambang, elemen beracun, tingginya kandungan padatan terlarut dalam air drainase tambang, dan peningkatan beban sedimen dibuang ke sungai. Ketika permukaan batubara yang terkena, pirit datang dalam kontak dengan air dan udara dan membentuk asam sulfat. Seperti air mengalir dari tambang, asam bergerak ke saluran air; selama hujan jatuh pada tailing tambang produksi sulfat-asam terus, apakah tambang masih beroperasi atau tidak. Juga buang tumpukan dan tumpukan penyimpanan batubara dapat menghasilkan sedimen ke sungai. Air permukaan dapat diberikan tidak layak untuk pertanian, konsumsi manusia, mandi, atau penggunaan rumah tangga lainnya.

Air asam tambang (AAT) dapat menjadi tantangan di operasi penambangan batubara. AAT adalah air yang mengandung logam dari reaksi kimia antara air dan batuan yang mengandung bantalan mineral sulfur. AAT terbentuk saat mineral sulfida tertentu yang ada pada batuan terpapar dengan kondisi dimana terdapat air dan oksigen (sebagai faktor utama) yang menyebabkan terjadinya proses oksidasi dan menghasilkan air dengan kondisi asam. Hasil reaksi kimia ini, beserta air yang sifatnya asam, dapat keluar dari asalnya jika terdapat air penggelontor yang cukup, umumnya air hujan yang pada timbunan batuan dapat mengalami infiltrasi/perkolasi. Air yang keluar dari sumbernya inilah yang lazimnya disebut dengan istilah AAT tersebut.

AAT adalah istilah yang digunakan untuk merujuk pada air asam yang timbul akibat kegiatan penambangan, untuk membedakan dengan air asam yang timbul oleh kegiatan lain seperti: penggalian untuk pembangunan

pondasi bangunan, pembuatan tambak, dan sebagainya. Batuan yang mengandung mineral sulphida terutama partikel kecil sebagai hasil dari proses pelapukan, mempunyai peran ganda, yaitu mempercepat proses oksidasi mineral sulphida dan partikel kecil ini juga berperan dalam menurunkan permeabilitas lapisan<sup>[10,11,12]</sup>. Selain itu faktor cuaca dan temperatur juga dapat mempercepat pembentukan AAT.

Di Indonesia dengan curah hujan yang cukup tinggi, dan temperatur yang kadangkala panas dapat menciptakan kondisi basah-kering yang merupakan pemicu pelapukan batuan. Produksi AAT dapat terjadi seelah tambang ditinggalkan cukup lama, ketika bebatuan mengalami kontak dengan air dan udara.

Tambang batubara tidak hanya menghasilkan polusi ke badan air saja, tetapi juga ke udara. Tambang batubara menghasilkan polusi udara dalam bentuk debu tanah maupun debu / partikel halus batubara<sup>[13]</sup>.

#### 4. KESIMPULAN

Belajar dari pengalaman panjang pengelolaan pertambangan batubara di beberapa negara maju teknologi dan keterbukaan informasi, terutama dari Amerika Serikat yang didiskusikan di atas, dapat disimpulkan sebagai berikut :

Seluruhan kegiatan Pertambangan Batubara adalah kegiatan padat resiko dan banyak menelan korban jiwa terutama para pekerja tambang, yang tercermin kecelakaan khas tambang batubara sebagai berikut :

1. Ledakan Tambang yang disebabkan oleh ledakan gas metana yang secara berantai memicu ledakan debu batubara
2. Keruntuhan Tambang sebagai konkwensi gagal keseimbangan kritik tekanan dan gaya yang membentuk struktur geologi, sebagai konkwensi logik tahapan penerapan hampir di seluruh teknik penambangan dan koinsidensi fenomena seismisitas alam.
3. Kekosongan oksigen di lobang tambang akibat keberadaan gas non oksigen di tambang bawah tanah yang muncul atau bersumber dari berbagai proses atau kelanjutan dari kebakaran tambang

4. Penurunan keanekaragaman hayati dan kepunahan berbagai jenis spesies
5. Hilangnya komponen alam yang dapat mereduksi CO<sub>2</sub> dan polutan alam lainnya
6. Munculnya sumber polusi baru dalam bentuk debu tanah serta debu batubara
7. Kemungkinan lenyapnya berbagai nilai sejarah paleontologi, budaya, dan lainnya yang ada dalam lahan yang dipergunakan pertambangan.
1. Subsidence dan kerawanan erosi, longsor dan banjir
2. Hilangnya sumber air dan ganggana badan air terutama kontaminasi air asam tambang

Dengan pengenalan berbagai kandungan resiko dari pertambangan batubara yang diperoleh dengan cara 'lesson learn' dari negara maju, diharapkan dapat membuka wawasan tentang resiko pertambangan batubara yang diharapkan dapat mengawal dan mendukung kegiatan pembangunan kemandirian energi Indonesia dari sisi keselamatan lingkungan dan manusia. Namun demikian, wawasan dimaksud pada dasarnya perlu dilengkapi dengan pengenalan resiko yang lebih realitis dari pertambangan batubara di Indonesia. Oleh karena itu, disarankan kepada BNPB untuk mempelopori berbagai kajian dan penelitian resiko Pertambangan di Indonesia, terutama Pertambangan Batubara Indonesia.

**UCAPAN TERIMA KASIH** – Dalam kesempatan ini penulis memohon ijin kepada MSHA – USA untuk dapat menggunakan Sumber Informasi yang telah dipublikasikan dan sekaligus mengucapkan terima kasih. Penulis juga memohon ijin kepada para pemilik dan pengguna awal gambar dan pemikiran makalah untuk dipergunakan dalam makalah ini dan untuk itu diucapkan terimakasih.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. HESLOP, W.T. (1921) Coal pillar extraction from two seams and surface effects. J. Chem. Metall. Min. Soc. S.Afr., Oct. 1921.
2. Young, W.H. and R.L. Anderson (1952) Thicknes of Bituminous-Coal and Lignite Seams. At All Mines and Thickness of Overburden at Strip Mines in The Unites States in 1950, Cicular Information 7642, United States Department of Interior.
3. Obert L. and Duwall W.I. (1967) Rock Mechanics and the Design of Structures in Rock, New York: Wiley, 650 pp.
4. Hoek, E. (1975) Influence of drilling and blasting on the stability of slopes in open pit mines and quarries. Proc. Atlas Copco Bench Drilling Days symp., Stockholm, Sweden.
5. McIntyre, J.S. and T.N. Hagan (1976) The design of overburden blasts to promote highwall stability at a large strip mine. Proc. 11th Canadian rock mech. symp. , Vancouver
6. SCHÜMANN, E.H.R. (1984) Surface subsidence due to the extraction of moderately thick coal seams at shallow depth. Proceedings 3rd International Conference Ground Movements and Structures, Cardiff.
7. WAGNER, H., and SCHÜMANN, E.H.R. (1985) The effect of total coal seam extraction on the surface and surface structures. Colloquium on Recent Mining and Metallurgical Developments in the Eastern Transvaal, Witbank, South African Institute of Mining and Metallurgy.
8. Horkel, A. (1990). On the Plate-Tectonic Setting of the Coal Deposits of Indonesia and the Phillippines. Vienna : Österreichische Geologische Gesellschaft, 82, 119 – 133
9. Brauner, G. (1994) Rockbursts in coal mines and their prevention. Balkema, Rotterdam, 144p.
10. Grüber, A. (2002) Trends in Global Emissions: Carbon, Sulfur, and Nitrogen. Causes and consequences of global environmental change, Encyclopedia of Global Environmental Change, Ed. Professor IanDouglas (ISBN 0-471-97796-9), v. 3, 2002, pp 35–53.
11. Singh, R.D. (2005) Principles and Practices of Modern Coal Mining, New Age International, 696 p

12. The Environmental Impacts from Coal, Greenpeace briefing, Climate, New Zealand, January, 2005.
13. Sapko, MJ et.al (2006). Coal Dust Particle Size Survey of U.S. Mines. In: Proceedings of the Sixth International Symposium on Hazards, Prevention, and Mitigation of Industrial Explosions (Halifax, NS, Canada, Aug 27 -Sept 1, 2006). Halifax, Canada: Dalhousie University, 2006 Aug; 2:676-682
14. Darling, P. (2011) SME Mining Engineering Handbook, Third Edition, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration; 3 edition
15. Molinda, G. and Mark, C. (2010) Ground failure in coal mines with weak rocks. The Electronic Journal of Geotechnical Engineering (F. Bund). Vol. 15, 2010, pp. 547-588. (online).
16. Alexeev, A.D. (2011) Physics of Coal and Mining Processes
17. Thomas, Larry. (2013). Coal Geology second edition . New York – Oxford – West Sussex : Wiley– Blackwell.
18. Bise, C.J. (2013) Modern American Coal Mining: Methods and Applications Society for Mining, Metallurgy, and Exploration
19. Farmer, I.W. (2013) Coal Mine Structures, Springer; Softcover reprint of the original 1st ed. 1985
20. Newhouse, T. V. (2013) Coal Mine Safety, Nova Science Publishers, Inc.; 1 edition
21. <http://www.uky.edu>
22. <http://www.collegegreenmag.com>
23. <http://www.patriotcoal.com>
24. <http://www.coaleducation.org>
25. <http://www.mine-engineer.com>
26. <http://www.thinglink.com>
27. <http://oilprice.com>
28. <http://www.northsidedevelopment.com>
29. <http://www.ohvec.org>
30. <http://www.minerba.esdm.go.id>