

TUGAS AKHIR

**EVALUASI DAN PENYESUAIAN SISTEM VENTILASI PADA
TAMBANG BATUBARA BAWAH TANAH LUBANG
THC-04 CV. TAHITI COAL KECAMATAN
TALAWI KOTA SAWAHLUNTO
PROVINSI SUMATERA BARAT**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Oleh:

JACKY WIDANA
16137029/2016

Konsentrasi : Tambang Umum
Studi : SI Teknik Pertambangan
Departemen : Teknik Pertambangan

**DEPARTEMEN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2023**

**LEMBARAN PERSETUJUAN
TUGAS AKHIR**

**EVALUASI DAN PENYESUAIAN SISTEM VENTILASI PADA
TAMBANG BATUBARA BAWAH TANAH LUBANG
THC-04 CV. TAHITI COAL KECAMATAN
TALAWI KOTA SAWAHLUNTO
PROVINSI SUMATERA BARAT**


Nama : Jacky Widana
NIM/BP : 16137029/2016
Program Studi : S1 Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Telah diperiksa dan disetujui oleh :


Padang, November 2023

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Koordinator Program Studi S1
Teknik Pertambangan**


Ir. Adree Octova, S.Si., M.T.
NIP. 19861028 201212 1003

Dosen Pembimbing


Dr. Bambang Heriyadi, M.T.
NIP. 19641114 198903 1 002

Mengetahui ;

**Kepala Departemen Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang**


Dr. Ir. Rudy Anarta, S.T., M.T.
NIP. 19780912 200501 1001

**LEMBARAN PENGESAHAN
TIM PENGUJI**

Nama : Jacky Widana
NIM/BP : 16137029/2016
Program Studi : S1 Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Dinyatakan Lulus Setelah Mempertahankan Skripsi di Depan Tim Penguji Program
Studi Teknik Pertambangan Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas
Negeri Padang

Dengan Judul :

**Evaluasi dan Penyesuaian Sistem Ventilasi Pada Tambang Batubara Bawah
Tanah Lubang THC-04 CV. Tahiti Coal Kecamatan Talawi Kota Sawahluto
Provinsi Sumatera Barat**

Padang, November 2023

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. Pembimbing : Dr. Bambang Heriyadi, M.T

1.



2. Penguji 1 : Ir. Heri Prabowo, S.T, M.T

2.



3. Penguji 2 : Jukepsa Andas, S.Si, M.T

3.





KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

FAKULTAS TEKNIK

DEPARTEMEN TEKNIK PERTAMBANGAN

Jalan Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang 25131 Telepon (0751)7055644

Homepage: <http://pertambangan.ft.unp.ac.id> E-mail : mining@ft.unp.ac.id

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Jacky Widana
NIM/TM : 16137029/2016
Program Studi : Teknik Pertambangan (S1)
Departemen : Teknik Pertambangan
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan Judul :

"Evaluasi Dan Peningkatan Sistem Ventilasi Pada Tambang Batubara
Bawah Tanah Lubang THC-04 CV. Tahiti Coal Kecamatan Teluk
Kota Sawah Lunto Provinsi Sumatera Barat

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 17-11-2023

yang membuat pernyataan,

Diketahui oleh,
Kepala Departemen Teknik Pertambangan


Dr. Ir. Rudy Anarta, S.T., M.T.
NIP. 19780912 200501 1 001



BIODATA DIRI

I. Data Diri

Nama Lengkap : Jacky Widana
BP/NIM : 2016 /16137029
Tempat/Tanggal Lahir : Batusangkar / 26 Juli 1996
Jenis Kelamin : Laki – laki
Nama Bapak : Eri Surat Men
Nama Ibu : Aida Yustriani
Jumlah Bersaudara : 6 (Enam)
Alamat Tetap : Belakang Pasar Sago, Sago Salido,
Kecamatan IV Jurai, Kabupaten Pesisir
Selatan, Provinsi Sumatera Barat
Telp./HP : 085274005707



II. Data Pendidikan

Sekolah Dasar : SD Negeri 19 Padang Magek
Sekolah Menengah Pertama: SMP Negeri 1 Rambatan
Sekolah Menengah Atas : SMA Negeri 1 Rambatan

III. Tugas Akhir

Tempat Penelitian : CV. Tahiti Coal
Jadwal Penelitian : 23 Mei s/d 28 Juni 2022
Topik Penelitian : Evaluasi Dan Penyesuiain Ventilasi
Pada Tambang Batubara Bawah Tanah
Lubang THC-04 CV. Tahiti Coal.

Padang, November 2023

JACKY WIDANA
NIM. 16137029/2016

ABSTRAK

Nama : Jacky Widana
Prodi : S-1 Teknik Pertambangan
Judul : **Evaluasi dan Penyesuaian Sistem Ventilasi Pada Tambang Batubara Bawah Tanah Lubang THC-04 CV. Tahiti Coal Kecamatan Talawi Kota Sawahluto Provinsi Sumatera Barat**

Pemasangan blower sistem hembus tidak diikuti dengan pemasangan blower hisap, sehingga udara kotor tidak segera tersirkulasikan keluar. Udara kotor hasil dari kegiatan penambangan dari satu depan dipompakan kembali ke depan berikutnya dan mengakibatkan peningkatan kepekatan debu dan suhu. Dari hasil pengukuran suhu di dalam Lubang THC-04 28,6 °C dan kelembaban rata-rata yakni 90,54 %. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian yang bersifat terapan, dimana hasil penelitian yang dilakukan dapat segera diterapkan diperusahaan. Jumlah udara yang dibutuhkan pada THC-04 adalah 6,808 m³/dtk. Sedangkan kuantitas udara sebanyak 4,38 m³/dtk. Sehingga dapat dinyatakan bahwa sistem ventilasi yang diterapkan sekarang tidak dapat memenuhi kebutuhan udara pada lubang THC-04. Hasil evaluasi berdasarkan data keadaan aktual kuantitas dan kualitas udara menyatakan bahwa sistem ventilasi belum memenuhi syarat sesuai dengan ketentuan yang ada dalam Kepmen ESDM no. 1827 K/30/MEM/2018. Berdasarkan hasil rencana sistem ventilasi yang baru diperoleh hasil penyediaan terhadap nilai kuantitas dan kualitas udara sudah terpenuhi. Hal ini dikarenakan pada rancangan sistem ventilasi yang baru ditambahkan blower hisap pada ujung lubang pengiring. Untuk kuantitas udara sendiri juga mengalami peningkatan yaitu 4,38 m³/dtk. Menjadi 9 m³/dtk.

Kata Kunci : Batubara, Kelembapan, Suhu, Tambang Bawah Tanah, Ventilasi

ABSTRACT

Nama : Jacky Widana
Prodi : S-1 Teknik Pertambangan
Judul : **Evaluasi dan Penyesuaian Sistem Ventilasi Pada Tambang Batubara Bawah Tanah Lubang THC-04 CV. Tahiti Coal Kecamatan Talawi Kota Sawahluto Provinsi Sumatera Barat**

Installation of the blower system blower is not followed by installation of the suction blower, so that dirty air is not immediately circulated out. Dirty air resulting from mining activities from one front is pumped back to the next front and results in an increase in dust density and temperature. From the results of measurements, the temperature inside the THC-04 Hole was 28.6 °C and the average humidity was 90.54%. The type of research used is applied research, where the results of the research carried out can be immediately applied in companies. The amount of air needed for THC-04 is 6.808 m³/sec. Meanwhile, the air quantity is 4.38 m³/sec. So it can be stated that the ventilation system currently implemented cannot meet the air needs in the THC-04 hole. The evaluation results based on data on the actual condition of air quantity and quality state that the ventilation system does not meet the requirements in accordance with the provisions in the Minister of Energy and Mineral Resources Decree no. 1827 K/30/MEM/2018. Based on the results of the new ventilation system plan, the provision of air quantity and quality values has been met. This is because in the design of the new ventilation system a suction blower is added at the end of the accompaniment hole. The quantity of air itself also increased, namely 4.38 m³/sec. Becomes 9 m³/sec

Keyword : Coal Mine, Humidity, Temperature, Underground, Ventilation,

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur Penulis ucapkan kepada Allah SWT atas ridho dan rahmat-Nya. Sholawat serta salam Penulis haturkan kepada Rasulullah SAW. Alhadulillah Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “ **Evaluasi Dan Penyesuaian Sistem Ventilasi Pada Tambang Batubara Bawah Tanah Lubang THC-04 CV. Tahiti Coal Kecamatan Talawi Kota Sawahlunto Sumatera Barat**”.

Ditujukan untuk memenuhi Tugas Akhir sebagai persyaratan dalam penyelesaian kuliah pada program studi S1 Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya atas semua dukungan, baik moril maupun material yang telah diberikan kepada Penulis sehingga bisa menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini. Ucapan terimakasih tersebut Penulis sampaikan kepada :

1. Teristimewa kepada Ibu (Aida Yustriani) dan Ayah (Eri Surat Men) yang tercinta selalu mendukung dan memberikan do'a dan selalu mendukung penulis bisa semangat menggapai impian serta selalu mengingatkan untuk berdo'a kepada Allah SWT.
2. Bapak Dr. Bambang Heriyadi, M.T. selaku Dosen Pembimbing yang selalu membimbing dan memberikan masukan kepada penulis.
3. Bapak Jukepsa Andas, S.Si, M.T. dan Bapak Ir. Heri Prabowo S.T., M.T. selaku Dosen Penguji.
4. Bapak Drs. Rusli HAR, M.T. selaku Dosen Penasehat Akademis penulis di

Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

5. Bapak Ali Basrah Pulungan, S.T., M.T. selaku Kepala Unit Hubungan Industri Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
6. Bapak Ardi , selaku pembimbing lapangan di CV. Tahiti Coal.
7. Teman-teman satu angkatan dan satu perjuangan yang selalu memberikan suport bagi penulis.
8. Senior yang ikut serta membantu dalam pemberian informasi kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini masih jauh dari kata sempurna, baik dari segi penyusunan, bahasa, ataupun penulisannya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih dan semoga laporan pengalaman lapangan industri ini bermanfaat terutama untuk penulis sendiri, perusahaan dan bagi pembaca.

Padang, November 2023

Jacky Widana
16137029

DAFTAR ISI

LEMBARAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	i
LEMBARAN PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	ii
BIODATA.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A Latar Belakang Masalah	1
B Identifikasi Masalah	4
C Batasan Masalah	4
D Perumusan Masalah.....	5
E Tujuan Penelitian.....	6
F Manfaat Penelitian.....	6
BAB II KAJIAN TEORI.....	7
A Deskripsi Perusahaan.....	7
B Teori Dasar	10
C Penelitian Relevan	36

D Kerangka Konseptual	43
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	45
A Tempat dan Waktu Penelitian.....	45
B Teknik dan Pengambilan Data.....	45
C Teknik Pengolahan Data.....	47
D Diagram Alir Penelitian.....	48
BAB IV PEMBAHASAN	49
A. Data Penelitian.....	49
B. Pengolahan Data.....	52
C. Analisis	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	60
A. Kesimpulan.....	60
B. Saran	61

Daftar Pustaka

Lampiran

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta IUP Batubara CV. Tahiti Coal	8
Gambar 2. Lokasi Kesampaian daerah	9
Gambar 3. Peta Layout Penambangan Lubang THC-04.....	10
Gambar 4. Ventilasi Alami	11
Gambar 5. Blower yang berfungsi untuk menghembuskan udara ke dalam <i>duct</i>	12
Gambar 6. Axial Fan.....	13
Gambar 7. Sentrifugal Fan.....	14
Gambar 8. Grafik hubungan T_d dan T_w untuk Temperatur Efektif	20
Gambar 9. Grafik Hubungan Antara Temperature Efektif Dan Efisiensi Kerja	20
Gambar 10. Diagram Pemantauan Kuantitas Dan Kualitas Udara	25
Gambar 11. Anemometer.....	26
Gambar 12. Gas Detektor.....	26
Gambar 13. Pengukur Kelembapan	27
Gambar 14. Jendela Import Pada Ventsim.....	35
Gambar 15. Contoh Layout yang telah Diimport	35
Gambar 16. Jendela Edit Airways.....	36
Gambar 17. Contoh Duct yang telah dipasang	36
Gambar 18. Contoh Hasil Simulasi Ventilasi pada Software Ventsim	37
Gambar 19. Kerangka Konseptual	46
Gambar 20. Diagram Alir Penelitian	50
Gambar 21. Lubang THC-04 Tahiti Coal	52

Gambar 22. Peta Layout Penambangan Lubang THC-04.....	52
Gambar 23. Layout THC-04	53
Gambar 24. Hasil Simulasi Kuantitas Udara Lubang THC-04 Saat Ini	58
Gambar 25. Simulasi rancangan baru	60

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Koordinat batas IUP Batubara CV. Tahiti Coal	8
Tabel 2. Kebutuhan Oksigen Untuk Pernapasan Manusia.....	16
Tabel 3. Komposisi udara Segar	16
Tabel 4. Pengaruh Kekurangan Oksigen	17
Tabel 5. Hasil Pengukur Temperatur kering, Temperatur Basah, Temperatur Efektif Dan Kelembaban Udara	51
Tabel 6. Hasil Pengukuran Dimensi lubang THC-04 dan dimensi Duct.....	52
Tabel 7. Hasil Pengukuran Kandungan Gas	52
Tabel 8. Spesifikasi Blower	53
Tabel 9. Hasil Perhitungan Kuantitas Udara.....	54
Tabel 10. Kebutuhan udara total di lubang THC-04.....	57

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A. Dokumentasi Lapangan	66
LAMPIRAN B. Simulasi Ventsim	68
LAMPIRAN C. Data pengukuran.....	70
LAMPIRAN D. Temperatur Efektif.....	72

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Indonesia dikenal sebagai negara utama penghasil batubara di Asia Pasifik selain China, India, dan Australia. Dari total produksi batubara Indonesia, sekitar 25% digunakan untuk kepentingan dalam negeri, sedangkan 75% diekspor keluar negeri. Pada tahun 2012, Indonesia menjadi eksportir terbesar batubara dunia dan menjadi produsen kedua terbesar di dunia (Irwandy Arif, 2014). Pada tahun 2020 Dirjen Minerba Kementerian ESDM batubara Indonesia menyatakan hasil tambang mencapai 557 juta ton. Penambangan batubara dapat dilakukan dengan penambangan terbuka atau penambangan bawah tanah.

Ventilasi tambang adalah suatu usaha pengendalian terhadap pergerakan udara atau aliran udara tambang termasuk di dalamnya adalah jumlah, mutu, maupun arah alirannya. Adapun tujuan utama dari ventilasi tambang adalah menyediakan udara segar dengan kuantitas dan kualitas yang cukup baik, kemudian mengalirkan serta membagi udara segar tersebut ke dalam tambang sehingga tercipta kondisi kerja yang aman dan nyaman baik bagi para pekerja tambang maupun proses penambangan. (Howard L Hartman *Mine ventilation and airconditioning*, 1997).

Pembuatan Ventilasi tambang bertujuan agar para pekerja di dalam tambang tidak kehabisan udara segar. Karena dapat menyebabkan kehilangan nyawa para pekerja. Oleh karena itu perlunya pengaturan ventilasi yang sesuai dengan kebutuhan yang memberikan jaminan *supply* udara yang memadai dan

dapat bekerja dengan optimal.

Salah satu perusahaan yang melakukan penambangan bawah tanah adalah CV. Tahiti Coal. CV. Tahiti Coal adalah salah satu perusahaan tambang batubara bawah tanah di Kota Sawahlunto yang menerapkan metode penambangan *room and pillar*. Pada tambang bawah tanah semakin orang mengali untuk mencari sumber daya batubara yang ada, maka akan semakin meningkat pula panas yang akan dihasilkan dan semakin berkurang pula udara segar yang masuk kedalam untuk di perlukan sistem ventilasi yang baik agar dapat menyuplai kebutuhan udara untuk para pekerja.

Untuk lubang THC-04 *Axial* dan 16 inci sebagai blower pendukung setiap cabang. Sistem ventilasi di Lubang THC-04 CV. Tahiti Coal adalah *system* hembus dan tidak menerapkan sistem hisap, sehingga udara kotor dari front penambangan tidak segera tertransportasikan keluar, dan udara bersih yang dialirkan dari blower utama kembali tercampur dengan udara kotor yang berasal dari *front* penambangan. Keadaan ini dapat mengakibatkan jumlah gas-gas pengotor, temperatur, serta kelembaban udara menjadi tinggi.

Dari hasil observasi, pemasangan blower sistem hembus tidak diikuti dengan pemasangan blower hisap, sehingga udara kotor tidak segera tersirkulasikan keluar. Udara kotor hasil dari kegiatan penambangan dari satu front dipompakan kembali ke front berikutnya dan mengakibatkan peningkatan kepekatan debu dan temperature. Dari hasil pengukuran temperatur di dalam lubang THC-04 28,6 °C dan kelembaban rata-rata yakni 90,54 %. Hal ini bertentangan dengan peraturan pemerintah dalam KEPMEN

1827K/30/MEM/2018 yang menyebutkan “Temperatur udara di dalam tambang bawah tanah harus dipertahankan antara 18°C sampai dengan 27°C dengan kelembaban relatif maksimum 85%”, sehingga harus dilakukan evaluasi. Setelah dilakukannya pemasangan ventilasi hisap, temperatur udara efektif dan kelembaban relatif sudah sesuai dengan Nilai ambang Batas yang diperbolehkan oleh KEPMEN 1827K/30/MEM/2018. Pengontrolan terhadap temperatur udara efektif dan kelembaban relatif perlu dilakukan agar terciptanya kondisi kerja yang aman dan nyaman.

Dari hasil observasi, permasalahan lain yang di temukan di lubang lain adalah ditemukan kebocoran pada jalur ventilasi kebocoran tersebut disebabkan karena bahan *duct* yang digunakan cukup tipis dan terkadang duct sengaja di bocorkan pekerja pada tempat yang tidak seharusnya. Kebocoran ini menyebabkan kehilangan udara yang dapat merugikan, karena jumlah udara di *supply ke front* berkurang. Kondisi inilah yang menyebabkan pekerja di dalam THC-04 mudah lelah dan penambangan tidak maksimal. Judul ini direkomendasikan oleh pihak perusahaan untuk mengevaluasi ventilasi pada lubang THC-04 tersebut. Kondisi ini melebihi aturan dalam Kepmen 1827 K/30/MEM/2018 temperatur udara di dalam tambang bawah tanah harus dipertahankan antara 18°C - 27°C. Sesuai pedoman pelaksanaan kaidah teknik pertambangan yang baik, untuk dioperasikan dengan optimal berdasarkan kebutuhan para pekerja agar bekerja dengan aman dan nyaman.

B. Identifikasi Masalah

Dari latar belakang masalah maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan, yaitu:

1. Sistem ventilasi yang diterapkan adalah sistem hembus dan tidak tersedianya *blower* hisap sehingga udara bersih yang baru dialirkan kembali terkontaminasi dengan udara kotor yang masih ada di *front* penambangan.
2. Terdapat kebocoran di beberapa titik pada jalur ventilasi di kedalaman, sehingga terjadi kehilangan udara dan menurunkan kualitas udara front kerja.
3. Temperatur efektif pada Lubang THC-04 yaitu 28,6°C dan pada lubang melebihi nilai ambang batas seharusnya tidak lebih dari 18°C-27°C

C. Batasan Masalah

Dari beberapa identifikasi masalah diatas peneliti membatasi pembahasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian hanya dilakukan pada lokasi lubang tambang THC-04 CV. Tahiti Coal.
2. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pemenuhan kualitas dan kuantitas system ventilasi yang seharusnya menurut Kepmen 1827K/30/MEM/2018.
3. Penelitian dilakukan untuk mengevaluasi kualitas dan kuantitas, *temperature* kelembaban *relative* kebutuhan udara total dalam kegiatan penambangan di Lubang THC-04 CV. Tahiti Coal.
4. Pemodelan sistem ventilasi saat ini dan setelah evaluasi akan dibuat menggunakan *software Vensim*.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah kualitas dan kuantitas sistem ventilasi terpasang saat ini di Lubang THC-04 CV. Tahiti Coal dengan berdasarkan Peraturan di Kepmen 1827 K/30/MEM/2018?
2. Berapakah kebutuhan udara total untuk kegiatan penambangan di Lubang THC-04 CV. Tahiti Coal?
3. Apakah sistem ventilasi pada tambang bawah tanah CV. Tahiti Coal telah memenuhi syarat terkait kualitas udara yang baik untuk penambangan bawah tanah?
4. Bagaimana rancangan model system ventilasi baru yang bisa diterapkan dan memenuhi standar kelayakan kuantitas dan kualitas udara pada lubang THC-04 CV. Tahiti Coal?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan data keadaan aktual kuantitas dan kualitas udara pada lubang tambang THC-04 CV. Tahiti Coal.
2. Mendapatkan kebutuhan udara total untuk kegiatan penambangan Lubang THC-04 CV. Tahiti Coal.
3. Mengungkapkan hasil analisis kelayakan kuantitas dan kualitas udara pada sistem ventilasi pada lubang tambang THC-04 CV. Tahiti Coal.

4. Menghasilkan rancangan model system ventilasi baru yang bisa diterapkan dan memenuhi standar kelayakan kuantitas dan kualitas udara pada lubang THC-04 CV. Tahiti Coal

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapatkan dari penelitian yang dilakukan adalah:

1. Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat diaplikasikan di dunia kerja.
2. Memberikan masukan dan saran kepada perusahaan dalam upaya meningkatkan kualitas dan kuantitas pada lokasi penelitian sehingga dapat meningkatkan efisiensi kerja dan kenyamanan bagi pekerja tambang bawah tanah.