

Smart Safety Vest Pendeteksi Gas CO, dan CO₂ untuk Pekerja pada Area Underground Mine dengan Sistem Internet of Things

Yoga Dwikurniawan^{1*}, Am Maisarah Disrinama² dan Adianto³

¹Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

³Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: yogadwikurniawan@student.ppns.ac.id

Abstrak

Abstrak—Pekerjaan tambang merupakan salah satu dalam pekerjaan yang memiliki risiko dan bahaya tinggi. Apalagi pekerjaan tambang bawah tanah yang juga termasuk dalam pekerjaan ruang terbatas, sehingga akan berbahaya apabila terpapar gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂). Di sisi lain, penerapan inovasi teknologi pada alat pelindung diri masih belum maksimal dilakukan. Salah satu yang dapat dilakukan yaitu memanfaatkan rompi keselamatan pada pekerja sebagai media dalam pengaplikasiannya. Dalam meningkatkan keselamatan pekerja, penelitian ini mengembangkan Smart Vest, yaitu rompi pintar berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat mendeteksi gas CO, CO₂ secara *real-time*. Adapun sistem ini menggunakan sensor MQ-7 untuk mengukur gas CO, MQ-135 untuk mendeteksi CO₂. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui desain dan uji efektivitas dari prototipe. Sedangkan metode penelitian ini yaitu eksperimen dan deskriptif. Data dari sensor diolah menggunakan modul ESP32 kemudian dikirimkan ke *server* untuk dimonitor menggunakan situs web. Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini berupa realisasi prototipe sesuai desain dan uji evektifitas meliputi kalibrasi alat, uji keluaran respon *output* dan uji respon bahaya. Pada uji kalibrasi tidak terdapat error data yang melebihi 5% sehingga akurasi tidak kurang dari 95%. Kemudian pada pengujian respon output *delay* terjadi tidak lebih dari 1 detik. Sedangkan pada uji respon bahaya terdapat notifikasi apabila pengukuran melebihi nilai ambang batas yang ditentukan. Monitoring data dilakukan secara *real-time* dengan durasi pengiriman data 0,5 detik. Namun apabila terdapat yang melebihi nilai ambang batas respon sistem dilakukan selama 5 detik nilai melebihi nilai ambang batas secara terus-menerus. Dengan adanya integrasi teknologi IoT, Smart Safety Vest menjadi solusi inovatif untuk meningkatkan keselamatan kerja di lingkungan tambang bawah tanah.

Kata Kunci: Tambang Bawah Tanah, Karbon Monoksida, Karbon Dioksida.

Abstract

Abstract— Mining work is one of the jobs that has high risks and dangers. Moreover, underground mining work is also included in confined space work, so it will be dangerous if exposed to hazardous gases such as carbon monoxide (CO) and carbon dioxide (CO₂). On the other hand, the application of technological innovation in personal protective equipment has not been maximized. One thing that can be done is to utilize safety vests on workers as a medium in its application. In improving worker safety, this study developed Smart Vest, a smart vest based on the Internet of Things (IoT) that can detect CO, CO₂ gas in real-time. This system uses the MQ-7 sensor to measure CO gas, MQ-135 to detect CO₂. The purpose of this study is to determine the design and effectiveness test of the prototype. While the research method is experimental and descriptive. Data from the sensor is processed using the ESP32 module and then sent to the server to be monitored using a website. The results obtained in this study are the realization of the prototype according to the design and effectiveness tests including tool calibration, output response tests and hazard response tests. In the calibration test, there was no data error exceeding 5% so that the accuracy is not less than 95%. Then in the output response test, the delay occurred no more than 1 second. While in the hazard response test, there is a notification if the measurement exceeds the specified threshold value. Data monitoring is carried out in real-time with a data transmission duration of 0.5 seconds. However, if there is a value exceeding the threshold value, the system response is carried out for 5 seconds continuously exceeding the threshold value. With the integration of IoT technology, Smart Safety Vest becomes an innovative solution to improve work safety in underground mining environments..

Keywords: Underground Mine, Carbon Monoxide, Carbon Dioxide

6. PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara kepulauan, memiliki kekayaan sumber daya alam yang melimpah baik di darat

maupun di laut, yang berpotensi besar dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat (G. Nikawanti, 2023). Salah satu sektor yang memiliki potensi besar tersebut adalah pertambangan. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) tahun 2021, terdapat 356 lokasi pertambangan yang tersebar di berbagai daerah di Indonesia (Badan Geologi, 2022). Persebaran lokasi ini berbanding lurus dengan jumlah perusahaan pertambangan. Data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2021 mencatat bahwa terdapat 116.034 unit usaha atau perusahaan yang bergerak di sektor pertambangan di Indonesia (Menteri ESDM RI, 2018).

Namun demikian, sektor ini juga menyumbang peningkatan jumlah kasus kecelakaan kerja. Menurut data BPJS Ketenagakerjaan, terjadi tren peningkatan kasus kecelakaan dan penyakit akibat kerja dari tahun 2019 hingga 2022, dengan jumlah kasus mencapai 234.370 pada tahun 2021 (Kementerian Ketenagakerjaan RI, 2022). Salah satu perusahaan tambang bawah tanah bahkan mencatat 36 kasus kecelakaan sepanjang tahun 2023, mencakup kerusakan alat, cedera ringan, dan kecelakaan berat. Tingginya angka kecelakaan ini mencerminkan bahwa penerapan program Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) masih belum berjalan secara optimal. Padahal, penerapan K3 sangat krusial, terutama di tambang bawah tanah yang memiliki tingkat risiko tinggi.

Data dari Direktorat Jenderal Pembinaan Pengawasan Ketenagakerjaan (2022) menunjukkan bahwa dari 7.298 kecelakaan kerja pada tahun 2021, sekitar 9% disebabkan oleh faktor kelelahan. Penelitian *Underground Mining* (2023) juga mengungkapkan bahwa pekerja tambang bawah tanah rentan terhadap kelelahan akibat pengaturan waktu kerja yang tidak ideal, suhu lingkungan yang tinggi, serta kondisi fisik yang menurun.

Salah satu risiko serius di tambang bawah tanah adalah paparan gas beracun yang dapat mengganggu sistem pernapasan pekerja. Laporan kecelakaan kerja tahun 2016 mencatat bahwa lima pekerja terpapar gas berbahaya, dengan satu orang meninggal dunia (Sudarno, 2016). Data dari perusahaan tambang menunjukkan bahwa gas karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂) merupakan dua jenis gas yang harus dipantau secara ketat karena melebihi ambang batas dapat mengancam keselamatan pekerja.

Peningkatan kadar gas berbahaya ini biasanya disebabkan oleh aktivitas mesin serta pelepasan gas dari dalam tambang. Pengukuran yang dilakukan dari Januari hingga April 2024 di 56 titik lokasi menunjukkan bahwa 11 area melebihi ambang batas CO₂, 4 area melebihi batas CO, dan 23 area tidak memenuhi standar iklim kerja. Selain itu, masih banyak pekerja yang belum menggunakan detektor gas atau alat pemantau suhu secara kontinu, sehingga meningkatkan risiko gangguan pernapasan.

Sebagai upaya pencegahan dan mitigasi risiko kecelakaan, setiap pekerja tambang diwajibkan mengenakan Alat Pelindung Diri (APD) sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor Per.08/MEN/VII/2010 (Republik, 2010). Salah satu APD yang umum digunakan adalah rompi keselamatan, yang berfungsi untuk meningkatkan visibilitas, memudahkan pelacakan posisi pekerja, dan menurunkan potensi kecelakaan kerja.

Menyadari pentingnya penggunaan rompi keselamatan serta berbagai tantangan yang dihadapi di lapangan, peneliti terdorong untuk menciptakan inovasi berupa *Smart Safety Vest*. Rompi pintar ini adalah APD berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dilengkapi sensor untuk mendeteksi gas beracun, suhu, dan kelembaban di tambang bawah tanah. Inovasi ini memungkinkan pemantauan kondisi pekerja dan lingkungan kerja secara real-time dari jarak jauh. Perkembangan teknologi tambang bawah tanah yang kini terhubung dengan jaringan internet turut mendukung penerapan rompi pintar ini. Penelitian ini juga mengacu pada studi sebelumnya, seperti sistem pemantauan kelelahan pekerja konstruksi berbasis IoT dan alat pengukur karbon monoksida (CO) berbasis sensor MQ-7.

7. METODE

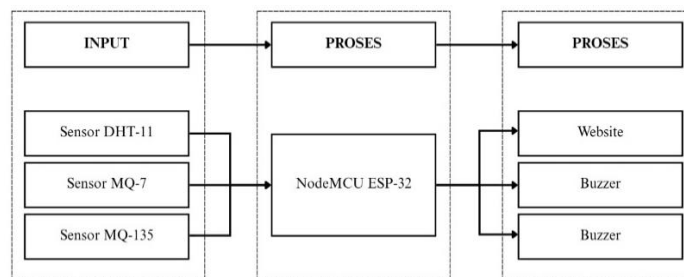
Metode penelitian yang digunakan oleh peneliti dalam menyusun penelitian ini adalah gabungan antara metode deskriptif dan eksperimental, dengan melakukan pengujian pada skala prototipe. Pengambilan data dilakukan melalui pengumpulan data sekunder yang diperoleh dari perusahaan, jurnal penelitian, dan artikel ilmiah. Dalam pembuatan prototipe terdapat alat dan bahan yang akan digunakan seperti berikut ini.

Tabel 1. Komponen Prototipe

No	Pembuatan	Analisis Kebutuhan
1	<i>Hardware</i>	<i>Safety Vest</i> (Bahan <i>Polyster</i>)
		Push Botton
		Sensor DHT 11
		Sensor MQ-7
		Sensor MQ-135
		Cell Motor Vibrator

		ESP32
		Baterai
2	<i>Software</i>	Database
		Website

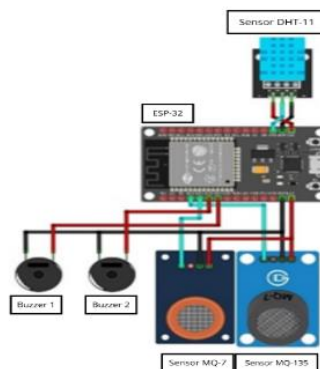
Pada Tabel 1 dapat dilihat kebutuhan sistem yang akan dikembangkan dalam penelitian ini. Dalam pembuatan perangkat keras, kebutuhan yang diperlukan meliputi rompi keselamatan berbahan poliester, beberapa komponen sensor elektronik, serta sebuah pengendali (controller). Sementara itu, untuk pembuatan perangkat lunak, diperlukan pengembangan dalam bentuk web. Konsep sistem ini dapat disederhanakan melalui diagram blok yang ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 1. Diagram Blok Prototipe

8. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini mencakup perancangan rangkaian elektronik, desain prototipe, hasil desain, perangkat lunak/antarmuka, uji kalibrasi, uji kecepatan respon, serta uji fungsi komponen peringatan. Hasil pertama berupa diagram rangkaian elektronik yang telah melalui tahap pemeriksaan fungsi sensor sebelumnya. Adapun hasil dari diagram rangkaian elektronik ditunjukkan sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram Elektronik

Penerapan sistem ini menggabungkan berbagai komponen yang terintegrasi untuk membentuk sebuah prototipe yang menyeluruh. Secara umum, sistem ini dikendalikan oleh mikrokontroler ESP-32 yang berperan sebagai otak utama dalam menjalankan program serta mengatur kerja seluruh perangkat yang terhubung. Untuk keperluan konektivitas dan pengendalian, sistem ini dilengkapi dengan modul sensor (MQ-7, MQ-13) yang masing-masing dihubungkan ke mikrokontroler guna mendeteksi berbagai jenis gas seperti CO, CO₂.

Sementara itu, desain 2D pada prototipe ini dibuat menggunakan Canva dengan mempertimbangkan ketentuan terkait bahan dan warna rompi keselamatan. Penempatan komponen juga disesuaikan dengan ketentuan OSHA, yang menyatakan bahwa detektor gas pribadi harus dipasang pada zona pernapasan pekerja, yaitu di area sekitar bahu depan dengan jarak 6–9 inci. Hasil desain 2D tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.

Depan

Belakang



Gambar 3. Desain 2D Prototipe

Desain Smart Safety Vest pada Gambar 4.2 dibuat sesuai dengan standar yang merujuk pada ketentuan *American National Standards Institute (ANSI)* dan *International Safety Equipment Association (ISEA) 107* kelas 2. Rompi ini menggunakan bahan poliester berdaya visibilitas tinggi berwarna *oranye* dan dilengkapi reflektor abu-abu pada bagian badan. Pada tahap uji kalibrasi, peneliti membandingkan prototipe dengan alat ukur sejenis yang memiliki tingkat kalibrasi tinggi. Tujuannya adalah untuk mengetahui nilai kesalahan (*error*) serta tingkat akurasi dari hasil perhitungan. Adapun hasil perhitungan dari masing-masing sensor, termasuk sensor MQ-7 dan MQ-135, disajikan sebagai berikut.

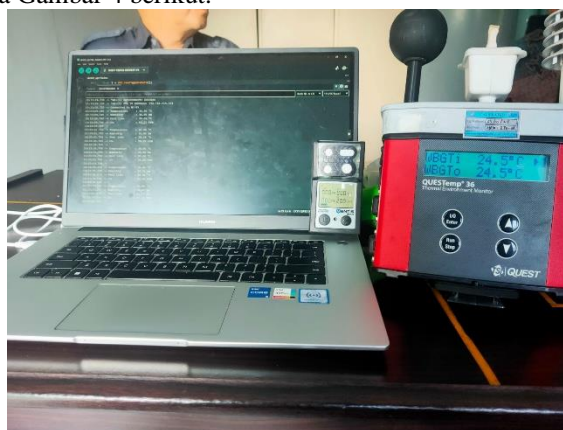
Table 2. Akurasi Sensor MQ-7

No	Sistem (PPM)	Nilai Aktual (PPM)	Error %	Akurasi
1	8,7	8	8,75	91,25
2	7,94	8	0,75	99,25
3	7,99	8	0,12	99,88
4	9,18	8	14,75	85,25

Table 3. Akurasi Sensor MQ-135

No	Sistem (PPM)	Nilai Aktual (PPM)	Error	Akurasi
1	1	1	0	100
2	1,03	1	3	97
3	1,03	1	3	97
4	0,9	1	10	90

Berdasarkan hasil pengujian terhadap ketiga sensor yang digunakan, tidak ditemukan nilai kesalahan (*error*) yang melebihi 5%. Sedangkan hasil akurasi yang didapatkan berkisar 95-100% pada setiap percobaan yang dilakukan. Dengan demikian, dapat dipastikan bahwa akurasi sensor berfungsi dengan baik. Dokumentasi hasil pengujian tersebut ditampilkan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Dokumentasi Kalibrasi Sensor

Selanjutnya, dilakukan pengujian terhadap kecepatan respon keluaran dengan cara mengatur waktu pada sistem pengendali, kemudian mengamati hasil dari respon sistem tersebut. Penentuan kecepatan respon keluaran dilakukan dengan membandingkan selisih waktu antara hasil pengujian aktual dan waktu yang telah ditetapkan pada pengendali. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Uji Coba Kecepatan Respon *Output*

No	Percobaan	Timestamp (s)	System (s)	Delay (s)
1	Percobaan 1 dan 2	0,47	0,5	0
2	Percobaan 2 dan 3	1,04	0,5	0,54

3	Percobaan 3 dan 4	0,48	0,5	0
4	Percobaan 4 dan 5	1	0,5	0,5

Dari hasil yang diperoleh pada pengujian ini, tidak terdapat perbedaan nilai yang signifikan dibandingkan dengan nilai aktual yang terjadi. Hal ini dikarenakan selisih waktu tertinggi yang tercatat hanya 0,54 detik. Dengan demikian, tidak terjadi keterlambatan respon sistem yang terlalu lama dalam penelitian ini. Selanjutnya, pada tahap uji terakhir dilakukan pengujian fungsi komponen peringatan yang memanfaatkan tampilan pemantauan pada website serta komponen buzzer. Hasil dari pengujian ini sesuai dengan tabel uji coba berikut ini.

Tabel 5. Uji Coba Respon Bahaya

No	Hasil Pengukuran	Nilai	Waktu	Buzzer	Informasi Bahaya Website
1	CO ₂	19941 ppm	5 detik	Menyala	Warning
2	CO	143 ppm	5 detik	Menyala	Warning

Berdasarkan data yang ada, tampilan pada website dapat divisualisasikan dalam bentuk *dashboard* pemantauan yang memudahkan proses pengawasan terhadap informasi kondisi pekerja secara keseluruhan. Tampilan tersebut dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 5, sebagai berikut.



Gambar 5. Informasi Bahaya Pada Website Secara *Real-Time*

Dari hasil Gambar 5 dapat dilihat apabila terdapat pengukuran yang melebihi nilai ambang batas yang ditentukan akan terdapat informasi ditampilkan *website* berupa “Warning”. Hal ini bersamaan dengan informasi *buzzer* pada *output* prototipe.

9. KESIMPULAN

Dari hasil yang didapatkan sebelumnya penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut.

- Desain prototipe berupa rompi keselamatan yang dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi gas CO, CO₂. Rompi ini berwarna oranye dengan reflektor abu-abu untuk meningkatkan visibilitas. Penempatan sensor mengikuti standar OSHA, yaitu di area sekitar hidung (sekitar 6–9 inci), agar gas berbahaya dapat terdeteksi sebelum terhirup. Penempatan ini sangat penting untuk memastikan akurasi data dan keselamatan pengguna saat digunakan.
- Prototipe dinyatakan efektif jika hasil pengujian tidak melebihi batas toleransi yang telah ditetapkan. Pada uji kalibrasi, seluruh sensor menunjukkan tingkat kesalahan kurang dari 5%, yang menandakan akurasi yang tinggi. Waktu respons sistem juga menunjukkan keterlambatan yang sangat minim, yaitu sekitar 0,5–1 detik. Pada pengujian sistem peringatan, *buzzer* akan aktif ketika sensor mendeteksi konsentrasi gas yang melebihi ambang batas selama lima detik berturut-turut, dan sistem pemantauan secara otomatis menampilkan status bahaya “Warning” pada tampilan website.

10. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih khusus disampaikan kepada [Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya] atas izin dan fasilitas yang diberikan selama proses pengumpulan data. Penulis juga menghargai bantuan dan kerja sama dari rekan-rekan teknis serta petugas lapangan yang telah membantu dalam kegiatan observasi dan pengujian.

Tidak lupa, apresiasi diberikan kepada dosen pembimbing serta rekan sejawat atas masukan dan saran yang sangat berharga dalam penyusunan dan penyempurnaan penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif dalam peningkatan keselamatan kerja di lingkungan kerja ruang terbatas.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahad, R.G. and Saldy, T.G. (2021) 'Evaluasi Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Penambangan Batubara Pt. Dasrat Sarana Arang Sejati Parambahan, Desa Batu Tanjung, Kec. Talawi, Kota Sawahlunto', *Jurnal Bina Tambang*, 6(5), pp. 114–123.
- Akbar F.M (2021) 'PEMANFAATAN SENSOR MQ-135 SEBAGAI MONITORING KUALITAS UDARA PADA AULA GEDUNG FASILKOM', *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53. Available at: <https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1595750>[Ahttps://doi.org/10.1080/17518423.2017.1368728](https://doi.org/10.1080/17518423.2017.1368728)[Ahttp://dx.doi.org/10.1080/17518423.2017.1368728](https://doi.org/10.1080/17518423.2017.1368728)[Ahttps://doi.org/10.1016/j.ridd.2020.103766](https://doi.org/10.1016/j.ridd.2020.103766)[Ahttps://doi.org/10.1080/02640414.2019.1689076](https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1689076)
- Anton Yudi Umsini Putra and Ariyanto (2016) 'KAJIAN TEKNIS OPTIMALISASI POMPA PADA SISTEM PENYALIRAN TAMBANG BAWAH TANAH DI PT. CIBALIUNG SUMBER DAYA, PROVINSI BANTEN', *Prosiding seminar nasional ReTII ke-10*, pp. 215–225.
- Fujiawati (2015) 'Sistem Penambangan Dalam Tambang Bawah Tanah', pp. 1–50.
- G. Nikawanti, R.A. (2023) 'Jurnal Kemaritiman: Indonesian Journal of Maritime Ecoliteracy: Membangun Ketahanan Pangan Dari Kekayaan', 2(2), pp. 113–122.
- Hidayat, Taufik. (2018, August). *Metode Penambangan*. Miningforce.Blogspot.
- Kementerian Ketenagakerjaan RI (2022) *Profil Keselamatan dan Kesehatan Kerja Nasional Indonesia Tahun 2022*.
- Kemntrian Koordinasi (2017) *UU 4 Tahun 2009*.
- Manurung, M.B., Darmawan, D. and Fauzi Iskandar, R. (2018) 'Perancangan Alat Ukur Kadar Karbon Monoksida (CO) Pada Kendaraan Berbasis Sensor MQ-7 Designg Of Carbon Monoxide (CO) Measurement Instrument In Vehicle With MQ-7 Sensor Application', *Journal e-Proceedings of Engineering*, 5(2), pp. 2359–2360.
- MENTERI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA (2018) 'KEPUTUSAN MENTERI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA', 4(1), pp. 9–15.
- Ministry of Energy and Mineral Resources Republic of Indonesia Geological Agency Center For Mineral Coal and Geothermal Resources (2022) 'Indonesian Minerals, Coal, and Geothermal Resources and Reserves 2021, Executive Summary', pp. 1–67. Available at: <https://geologi.esdm.go.id/storage/publikasi/BZndhEYcRYSGJHh3XKSnEVsrE3HwbzDohxcs3veV.pdf>.
- Musliadi (2021) 'Pengaruh Aktivitas Pertambangan Emas Terhadap Kemaslahatan Masyarakat (Studi Kasus Di Kecamatan Sungai Mas Kabupaten aceh Barat).', p. 6.
- Prafanto, A. et al. (2021) 'PENDETEKSI KEHADIRAN MENGGUNAKAN ESP-32 UNTUK SISTEM PENGUNCI', 7, pp. 37–43.
- PT Antam (2023a) *Pengukuran Lingkungan Kerja PT Antam Tbk Unit Bisnis Pertambangan Emas Pongkor*.
- PT Antam (2023b) *Studi Kelelahan PT ANTAM Pongkor*.
- Rahmawati, D.E. (2017) 'Pajanan Suhu Dingin dan Kejadian Hipotermia Pada Pekerja Cold Storage'.
- Ramadhaniansyah, A., Komar, S., & Rahman, A. (2018) 'Analisis Biaya Tunneling Pada Tambang Gudanghandak Front Penambangan Ramp Down Connect Vein A, Vein B Utara, Vein B Selatan Dan Vein C Selatan Di PT Antam (Persero) Tbk. Ubpe Pongkor Analysis Of Tunneling Costs On Mine Gudanghandak Mining Front Ramp Down', 2(4).
- Republik, M. tenaga kerja dan transmigrasi (2010) 'PERATURAN MENTERI TENAGA KERJA DAN TRANSMIGRASI REPUBLIK INDONESIA'.
- Restywati (2017) 'Makalah Tambang Bawah Tanah Tambang Bawah Tanah.'
- Safarudin, S., Purwanto, P. and Djamaluddin, D. (2016) 'Analisis Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi dan Digging Time Material Blasting', *Jurnal Penelitian Enjiniring*, 20(2), pp. 54–62. Available at: <https://cot.unhas.ac.id/journals/index.php/jpe/article/view/21>.
- Sudarno, A. (2016) *Diduga Menghirup Gas, Pekerja Antam Tewas di Tambang Bawah Tanah*, *Liputan 6*. Available at: <https://www.liputan6.com/news/read/2689733/diduga-menghirup-gas-pekerja-antam-tewas-di-tambang-bawah-tanah>.
- Supratman, O. (2018). *Modul 2: PenambanganBawah Tanah*. Jakarta: KementerianRisetTeknologi dan Pendidikan Tinggi.
- Surya Pratamai, A. and Heriyadi, B. (2023) 'Evaluasi Teknis Sistem Penyangga Berdasarkan Metode RMR-System Pada Lubang D-25 L3 Tambang Batubara Bawah Tanah PT. Dasrat Sarana Arang Sejati (PT. DSAS), Kota Sawahlunto, Sumatera Barat', *Jurnal Bina Tambang*, 8(1), pp. 12–24.
- Tangdiongan, R.C.G. et al. (2017) 'Rancang Bangun Alat Bantu Mobilitas Penderita Tunanetra Berbasis Microcontroller Arduino Uno', 6(2), pp. 79–86.