

---

**SMART SAFETY HELMET: PENDETEKSI KARBON MONOKSIDA (CO) DI LOKASI  
PENGALIAN SUMUR DAN PERTAMBANGAN****Agus Darwanto<sup>1\*</sup>, Elyne Kusuma Mahardika Elin<sup>2</sup>, Nasywa Athaya Hermawan Nasywa<sup>3</sup>,  
Rohadatul Nur Afifah<sup>4</sup>**<sup>1,2,3,4</sup>International Open University, IndonesiaEmail: <sup>1</sup>adarwanto@gmail.com, <sup>2</sup>elinekusumamahardika@gmail.com, <sup>3</sup>nstyhr24@gmail.com,  
<sup>4</sup>rohadatulnurafifah@gmail.com**\*Penulis Korespondensi**

---

**ABSTRAK**

Proses penggalian atau pengurasan sumur gali sering menimbulkan korban yang disebabkan karena adanya gas beracun yang ada di dasar sumur. Kecelakaan kerja akibat gas beracun di lokasi pertambangan juga sering memakan korban. Penelitian ini bertujuan membuat smart safety helmet yaitu helm proyek untuk pelindung diri yang dilengkapi sensor MQ-2 untuk mendeteksi gas beracun yang dihubungkan dengan aplikasi pada smartphone menggunakan teknologi IoT. Pengumpulan data menggunakan uji kalibrasi dan uji simulasi. Analisis data menggunakan analisis deskriptif statistik dalam bentuk angka dan tabel. Pembuatan smart safety helmet dilakukan dengan mengintegrasikan perangkat arduino sensor MQ-2, LCD, buzzer, power bank, dan teknologi IoT yang terhubung dengan handphone operator atau penanggung jawab proyek, sehingga mampu mendeteksi dan menginformasikan gas CO dan status keamanannya. Berdasarkan hasil uji kinerja alat dan hasil uji kalibrasi menggunakan Automotive Diagnostic Solutions milik Dinas Perhubungan Kabupaten Cilacap terbukti smart safety helmet efektif mendeteksi keberadaan karbon monoksida dengan cara dikenakan oleh para pekerja tambang dan penggali sumur sehingga bisa terdeteksi kadar CO dan status keamanannya. Bila kadar CO menyentuh 1500 ppm atau lebih, operator atau penanggung jawab proyek bisa segera mempersiapkan langkah-langkah penyelamatan.

**Kata Kunci:** *sumur gali, pertambangan, MQ-2, smart safety helmet*

---

**SMART SAFETY HELMET: CARBON MONOXIDE (CO) DETECTION AT WELL  
DIGGING AND MINING SITES****ABSTRACT**

*The well excavation or drainage process often results in casualties due to the presence of poison gas at the bottom of the well. Workplace accidents caused by toxic gases in mining locations also frequently loss of life. This research aims to create a smart safety helmet, a project helmet for personal protection equipped with an MQ-2 sensor to detect toxic gases, connected to a smartphone application using IoT (Internet of Things) technology. Data collection involves calibration tests and simulation tests. Data analysis employs descriptive statistical analysis in the form of numbers and tables. The creation of the smart safety helmet involves integrating Arduino devices with an MQ-2 sensor, LCD, buzzer, power bank, and IoT technology connected to the mobile phones of operators or project supervisors. This integration enables the helmet to detect and relay information about CO gas and its safety status. Based on the performance test results and calibration tests using Automotive Diagnostic Solutions owned by the Cilacap District Transportation Agency, the smart safety helmet has been proven effective in detecting the presence of carbon monoxide by being worn by mining workers and well diggers, thus detecting CO levels and its safety status. If the CO level reaches 1500 ppm or more, the operator or project manager can immediately prepare rescue measures.*

**Keywords:** *well digging, mining, MQ-2, smart safety helmet*

## PENDAHULUAN

Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) adalah isu global krusial yang perlu mendapatkan perhatian yang serius (Della, 2022:2). Para pekerja penggali tanah maupun pekerja sektor pertambangan berhadapan dengan risiko serius terkait paparan gas berbahaya, khususnya CO. Lingkungan kerja yang terbatas menjadi faktor utama yang meningkatkan risiko kecelakaan kerja hingga kematian. Pada tingkat global, regulasi keselamatan kerja sektor usaha pertambangan bawah tanah diprioritaskan untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja (Wijaya dan Ramdhan, 2022).

Para pekerja atau sektor industri di Indonesia sering menganggap remeh budaya K3. Penerapan budaya K3 di Indonesia tergolong masih rendah (Andri dan Andini, 2018). Pada pekerjaan penggalian sumur, rata-rata pekerja yang menggali atau menguras air di dalam sumur tidak mengenakan alat pelindung diri (APD), bahkan jarang memperhatikan ancaman gas berbahaya yang ada di dasar sumur. Pembuatan sumur gali sebenarnya harus mengacu pada standar SNI 03-2916-1992. Di antaranya adalah pemeriksaan oksigen dan gas CO, karena kekurangan oksigen dan tingginya kadar CO dapat membahayakan penggali sumur. Pemeriksaan secara tradisional dilakukan dengan menurunkan lilin yang menyala atau binatang ke dasar lubang galian. Bila lilin atau binatang mati pada saat dimasukkan ke dalam lubang sumur, maka dapat diduga bahwa konsentrasi oksigen sangat rendah sehingga pembuatan sumur akan sangat berbahaya keselamatan para pekerja penggali sumurnya (Suzayzt, 2023). Penggunaan lilin sering tidak efektif karena nyala api bisa padam karena sebab-sebab lainnya, tidak hanya disebabkan rendahnya kadar oksigen dan tingginya kadar CO. Penggunaan binatang seperti ayam tidak direkomendasikan karena terkategori sebagai penganiayaan binatang.

Sumur gali merupakan kebutuhan masyarakat Indonesia yang masih mengandalkan air tanah sebagai sumber air bersih. Membuat galian sumur memang terkesan sebagai pekerjaan yang mudah, padahal penuh risiko. Banyak kejadian penggali sumur yang pingsan bahkan tewas akibat menghirup gas beracun yang ada di dalam sumur. Beberapa contoh kejadian keracunan gas berbahaya di dalam sumur gali dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1: Tragedi keracunan CO di dalam sumur gali

Tanggal	Tempat	Korban	Sumber
20 Mei 2021	Probolinggo	2 orang meninggal	(Medcom, 2021)
3 Nopember 2021	Jepara	2 orang meninggal	(Muhardiyansyah, 2021)
21 Desember 2021	Magelang	1 orang meninggal	(Antoni, 2021)

Pertambangan bawah tanah termasuk industri yang berisiko tinggi terhadap ancaman gas beracun CO. Menurut Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2020 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara disebutkan bahwa pertambangan harus melakukan pemenuhan keselamatan

pertambangan dan perlindungan lingkungan hidup. Perangkat keselamatan yang mesti digunakan dan disediakan pada setiap pekerjaan untuk menunjang kesehatan dan keselamatan para pekerja, termasuk pembuatan sumur dan para penambang bawah tanah adalah alat pelindung diri (APD) yang terdiri dari helm, sepatu, rompi, pelampung, P3K, dan lain-lain (Erba, 2018). Kelengkapan APD juga perlu diimbangi dengan pemeriksaan gas-gas beracun seperti CO. Beberapa contoh kasus kematian karena keracunan gas CO di lokasi pertambangan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2: Tragedi keracunan CO di lokasi pertambangan

Tanggal	Tempat	Korban	Sumber
13 Maret 2023	Kalimantan Selatan	3 orang meninggal	(Zulfikar, 2023)
7 Oktober 2021	Tangerang	5 orang meninggal	(Intoniswan, 2021)
12 Maret 2022	Banjarnegara	1 orang meninggal	(Chakim, 2022)

Kecelakaan kerja saat proses penggalian atau pengurasan sumur gali yang disebabkan karena adanya gas beracun yang ada di dasar sumur sering menimbulkan korban. Gas beracun yang berbahaya meliputi karbondioksida (CO<sub>2</sub>), hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), amoniak (NH<sub>3</sub>), metana (CH<sub>3</sub>) dan sebagainya. Dari sekian banyak gas beracun, CO adalah gas yang paling berbahaya yang ada di dalam sumur atau lokasi tambang (Good Doctor, 2023). Penyebabnya karena CO atau karbon monoksida adalah gas yang tidak berbau dan tidak berwarna, namun sangat mematikan (Rizaldi dkk., 2022). Sehingga diperlukan perangkat yang mampu untuk mendeteksi keberadaan gas berbahaya agar tidak menimbulkan korban jiwa.

Permasalahan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada pertambangan memunculkan berbagai persoalan yang semakin kompleks dan perlu mendapatkan perhatian banyak pihak. Upaya yang mesti dilakukan adalah menerapkan budaya keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dengan sebaik-baiknya sesuai dengan prosedur dan peraturan dan ketentuan yang berlaku. Terdapat dua faktor yang utama yang menjadi penyebab terjadinya kecelakaan kerja yaitu tindakan tidak aman seperti tidak menggunakan alat pelindung diri (APD) atau tidak mengindahkan prosedur standar operasi, dan kondisi tidak aman seperti buruknya sarana dan prasarana atau infrastruktur di lokasi pertambangan (Awaludin dkk., 2020).

Helm *safety* termasuk salah satu APD yang harus dikenakan para pekerja berdasarkan Surat Edaran Kementerian PUPR No. 11/SE/M/2019. Helm pelindung atau *safety helmet* harus sesuai standar SNI ISO 3873 (Nurhidayati, 2021). Helm *safety* memang diperlukan oleh para penggali sumur dan pekerja tambang bawah tanah untuk melindungi kepala dari kecelakaan kerja yang rentan terjadi. Penambahan sensor pendeteksi CO sangat dibutuhkan oleh para pekerja bawah tanah karena gas berbahaya tersebut dapat menyebabkan keracunan apabila terhirup oleh manusia. Paparan gas karbon monoksida (CO) dapat

memicu kenaikan kadar COHb (karboksihemoglobin) dalam darah, sesak napas, mata berair, sakit kepala, dan sebagainya. Paparan CO dalam durasi yang lama berpotensi menyebabkan tekanan darah tinggi, gangguan paru-paru, penyakit jantung, stroke, dan menyebabkan ensefalofatik (Rizaldi dkk., 2022).

Mustafa dkk. (2020) telah membuat inovasi monitoring gas berbahaya karbon monoksida menggunakan sensor MQ-7 dengan aplikasi monitoring berbasis IoT. Penelitian Rosa dkk. (2020) membuat pendeteksi pencemar udara portabel dengan menggunakan sensor MQ-7 dan MQ-135. Penelitian Jundannaufal dan Misbah (2023) mengembangkan pendeteksi kebocoran CO pada AC menggunakan sensor MQ-7 dan MQ-135. Pendeteksian CO dapat juga menggunakan sensor jenis MQ-02 dan MQ-135 yang diimplementasikan menggunakan IoT (*Internet of Things*) untuk pemantauan kadar gas di lokasi pertambangan. Data hasil olahan sensor dikirim melalui komunikasi serial ke NodeMCU lalu diteruskan ke aplikasi yang ada di smartphone (Ikhsan dan Rivai, 2020).

Helm pendeteksi gas berbahaya di lokasi industri konstruksi dilakukan oleh Susanti dkk. (2023) menggunakan YOLO (You Only Look Once). Penelitian Abidin dkk. (2022) membuat inovasi helm pemantau kadar CO di lokasi industri dan pertambangan dengan menggunakan sensor MQ-7 yang terhubung dengan *smartphone* menggunakan *bluetooth*. Pada penelitian Syahfi dan Ulansari (2021) pembuatan helm pemantau polusi udara dibuat dengan menggunakan sensor MQ-2 yang dihubungkan dengan *buzzer* melalui IoT. Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya perlu dikembangkan *safety helmet* yang lebih *smart* dengan menghubungkan sensor dengan LCD pada helm dan *smartphone* atau komputer operator perusahaan melalui teknologi IoT.

## **METODE**

Penelitian dilakukan pada bulan Agustus – November 2023 di SMA Negeri 1 Maos Kabupaten Cilacap, sedangkan perakitan sensor yang terhubung dengan teknologi IoT dilakukan di Politeknik Negeri Cilacap (PNC) Jalan dr. Soetomo Cilacap. Kalibrasi dilakukan di Kantor Dinas Perhubungan Kabupaten Cilacap. Sumber data primer diperoleh langsung dari obyek penelitian dengan melakukan eksperimen pengukuran karbon monoksida (CO) dan kalibrasi menggunakan *Automotive Diagnostic Solutions* milik Dinas Perhubungan Kabupaten Cilacap. Sedangkan sumber data sekunder diperoleh dengan melakukan studi literatur.

Pengumpulan data dilakukan dengan pengukuran CO menggunakan sensor MQ-2 yang terhubung dengan IoT kemudian dikalibrasi menggunakan *Automotive Diagnostic Solutions* di Dinas Perhubungan Kabupaten Cilacap. Bila kadar CO melampaui ambang batas 1500 ppm sesuai standar Occupational Safety and Health Administration (OSHA) berarti sudah berbahaya bagi kehidupan (Sunita, 2018), maka sensor akan mengirimkan notifikasi kepada aplikasi Telegram yang terinstal pada *smartphone*. Pengambilan data masing-

masing dilakukan tiga kali, kemudian diambil data rata-ratanya. Data yang dikumpulkan adalah akurasi alat dalam mendeteksi gas karbon monoksida.

Analisis data menggunakan analisis deskriptif dengan menampilkan data-data hasil pembacaan sensor pada LCD dan pada *smartphone* melalui aplikasi Telegram. Sebelum penggunaan, *smart safety helmet* terlebih dahulu dikalibrasi menggunakan alat ukur standar milik Dinas Perhubungan Kabupaten Cilacap. Penyajian data berupa tabel dan grafik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

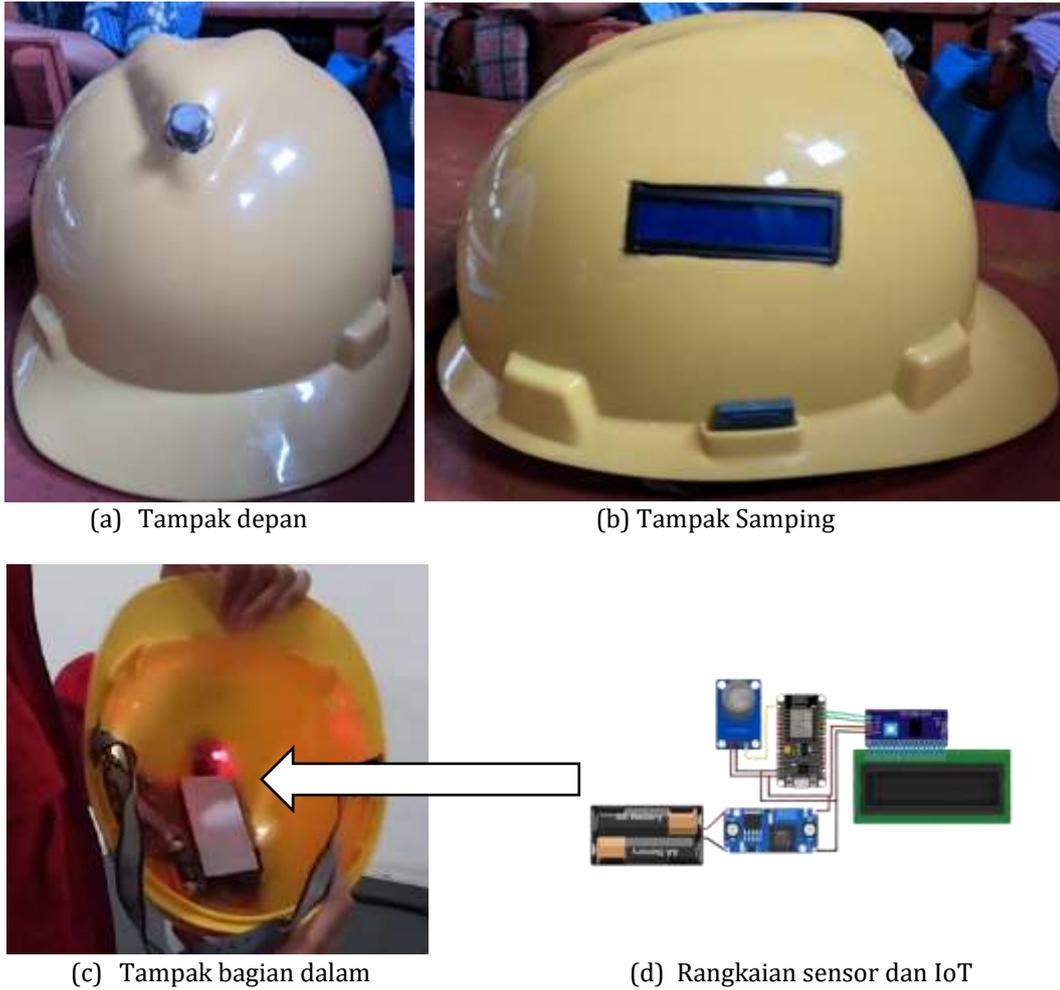
*Smart safety helmet* merupakan rangkaian sensor MQ-2, *power bank*, LCD dan teknologi IoT yang diletakkan di dalam helm pengaman (*safety helmet*). MQ-2 dipasang pada sisi muka helm sedangkan LCD diposisikan pada bagian samping agar mudah dilihat oleh rekan kerjanya. Notifikasi dikirim juga ke *smartphone* melalui aplikasi Telegram. Bila kadar CO sudah membahayakan, operator proyek atau tambang segera memberikan peringatan dan mempersiapkan langkah-langkah penyelamatan.

Alat-alat yang digunakan untuk pembuatan *smart safety helmet* adalah NodeMCU, sensor MQ-2, saklar, *buzzer*, kabel jumper, *safety helmet*/helm proyek, *smartphone*, dan laptop/komputer. Langkah-langkah pembuatannya adalah sebagai berikut:

1. Helm proyek diberi lubang untuk meletakkan sensor MQ-2.
2. Kemudian dilakukan pemrograman pada sensor dan MQ-2 yang dihubungkan dengan *smartphone* menggunakan teknologi IoT untuk mengirimkan notifikasi.
3. Memasang alat yang sudah diprogram tersebut pada *safety helmet*/helm proyek.

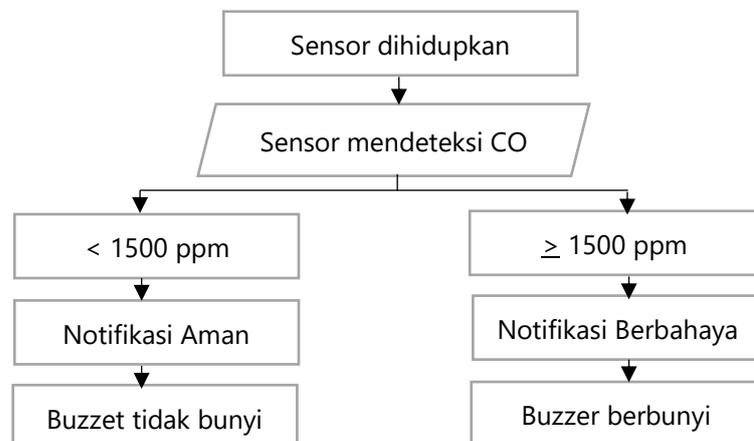
Mekanisme kerjanya adalah sebagai berikut:

1. Pada *safety helmet*, saklar dinyalakan untuk menghidupkan sensor.
2. Sensor secara otomatis akan mendeteksi kadar CO di sekitarnya.
3. Kemudian jika terdapat gas CO pada kadar tertentu, sensor akan menampilkannya pada LCD dan mengirimkan notifikasi kepada *smartphone* operator atau penanggung jawab proyek melalui aplikasi Telegram.
4. Bila kadar CO sudah berbahaya maka *buzzer* akan berbunyi.

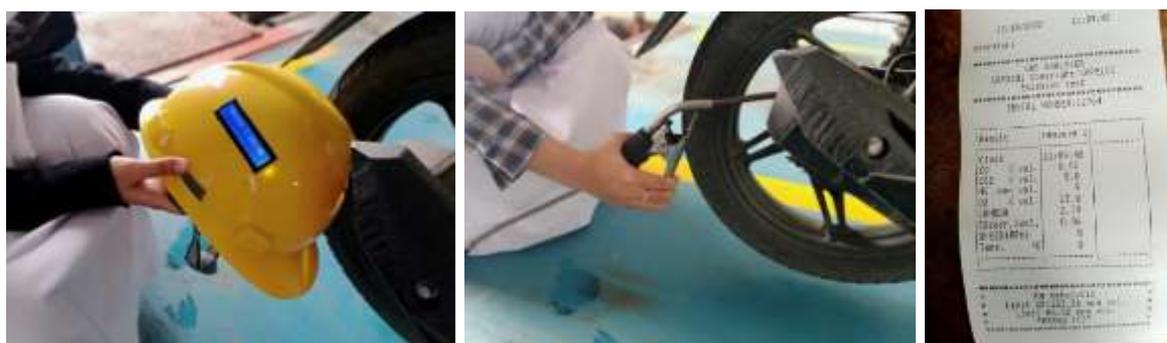


Gambar 1: Prototipe safety helmet

Pengujian kinerja *smart safety helmet* dilakukan dengan mendekati *smart safety helmet* pada intake knalpot. Hasil pengukuran dapat dilihat pada layer LCD dan *smartphone* menggunakan aplikasi Telegram. Adapun alur kerja alat adalah seperti pada Gambar 2.



Gambar 2: Alur kerja *smart safety helmet*



(a) Smart safety helmet

(b) Automotive Diagnostic Solutions

(c) Struk

Gambar 3: Uji kalibrasi

Hasil uji kalibrasi dapat dilihat pada tabel 3. Pembacaan Automotive Diagnostic Solutions menggunakan satuan % yang bila dikonversi ke ppm adalah 200 ppm. Sedangkan pembacaan smart safety helmet menggunakan satuan ppm yang bila dikonversi ke bentuk prosentase menjadi 0,0243 % dan bila dibulatkan menjadi 0,02 %.

Tabel 3: Hasil Uji Kalibrasi

Alat Ukur	Hasil Uji CO	Hasil Kalibrasi
Automotive Diagnostic Solutions	0,02 %	0,02 % = $\pm$ 200 ppm
Smart Safety helmet	243 ppm	243 ppm = $\pm$ 0,02 %

Pada penelitian sebelumnya, Amru (2022) membuat helm pendeteksi gas berbahaya di kawasan industri dengan menggunakan sensor MQ-2 berbasis IoT yang terhubung dengan *buzzer* dan *smartphone* melalui aplikasi Blynk. Namun dalam penelitian ini belum ada tampilan kadar CO secara *realtime* pada LCD yang dapat dilihat oleh orang-orang di sekitarnya. Hanya dapat terpantau melalui aplikasi Blynk pada *handphone*. Sedangkan aplikasi Blynk tidak semua orang menggunakannya. Bila peringatan baru diberikan pada saat kadar gas CO sudah berbahaya, tentu berisiko memberikan kepanikan tersendiri. Sehingga dalam penelitian ini dikembangkan helm keselamatan yang lebih *smart*, yaitu memadukan antara tampilan data di LCD yang dapat dilihat oleh semua orang, mengirimkan notifikasi ke *smartphone* menggunakan aplikasi Telegram yang sudah banyak digunakan orang, serta menambahkan *buzzer* sebagai alarm tanda bahaya bila ada yang lengah tidak memperhatikan perkembangan kadar CO secara *realtime*. Kelemahan dari *smart safety helmet* adalah membutuhkan jaringan wifi. Bila jaringan wifi terputus, maka sensor tidak bisa mengirimkan notifikasi ke *handphone*. Keberadaan LCD pada *safety helmet* adalah dalam rangka mengantisipasi kejadian wifi padam, sensor tetap dapat mengirimkan notifikasi kadar CO ke layar LCD.

Pekerjaan tambang dan penggalian sumur memiliki risiko yang tidak terlihat. Seperti gas CO yang tidak terlihat dan tidak berbau namun bisa berakibat fatal bagi orang yang menghirupnya secara berlebihan. Bila kadar CO sudah melebihi ambang 1500 ppm dan

terus terakumulasi selama sekian lama di dalam lokasi kerja yang sempit dan pengap sehingga akan berdampak buruk bagi para pekerja, mulai dari membuat pingsan, bahkan bisa menghilangkan nyawa. Kehadiran *smart safety helmet* sangat dibutuhkan untuk mengetahui kadar CO di lokasi tersebut dan menghubungkannya dengan ponsel penanggung jawab proyek. Bila kadarnya sudah melampaui batas, penanggung jawab proyek bisa memperingatkan para pekerja agar segera menyelamatkan diri.

*Smart Safety helmet* merupakan perpaduan antara helm keselamatan kerja dengan sensor MQ-2, LCD, *buzzer*, *power bank*, dan teknologi IoT yang terhubung dengan aplikasi Telegram pada ponsel operator atau penanggung jawab proyek. Pembacaan sensor tidak hanya menyuguhkan data, namun juga status keamanan. Bila kadar CO di bawah 1500 ppm masih berstatus aman. Namun bila menyentuh kadar 1500 ppm atau lebih, muncul notifikasi "BERBAHAYA". Berdasarkan hasil uji kalibrasi diperoleh bukti bahwa akurasi hasil deteksi *smart safety helmet* dinyatakan bagus. Dengan demikian *smart safety helmet* dapat digunakan oleh para pekerja tambang dan penggali sumur agar kesehatan dan keselamatan kerja bisa terus ditingkatkan.

## **SIMPULAN**

Pembuatan *smart safety helmet* dilakukan dengan mengintegrasikan perangkat sensor MQ-2, *power bank*, dan teknologi IoT yang terhubung dengan ponsel operator atau penanggung jawab proyek, sehingga mampu mendeteksi dan menginformasikan gas CO serta status keamanannya. Hasil uji kalibrasi di Dinas Perhubungan Kabupaten Cilacap dengan tiga kali pengukuran diperoleh rata-rata pembacaan *smart safety helmet* adalah 243 ppm, sedangkan rata-rata pembacaan *automotive diagnostic solution* adalah 0,02%. Berdasarkan hasil uji kinerja alat dan hasil uji kalibrasi terbukti *smart safety helmet* valid dan efektif digunakan oleh para pekerja tambang dan penggali sumur sehingga bisa terdeteksi kadar CO dan status keamanannya. Bila kadar CO menyentuh 1500 ppm atau lebih, *buzzer* akan berbunyi, layar LCD akan memberikan notifikasi "berbahaya", dan IoT akan mengirimkan peringatan kepada operator atau penanggung jawab proyek bisa segera mempersiapkan langkah-langkah penyelamatan.

Perlu pengembangan produk *smart safety helmet* sehingga tingkat keselamatan kerja para penggali sumur dan penambang bawah tanah turut pula meningkat. Penerapannya di lapangan, tidak semua pekerja harus memakai *smart safety helmet*, namun cukup beberapa orang saja untuk mendeteksi keadaan gas CO yang tidak berbau dan tidak berwarna tetapi mematikan. Berdasarkan hal tersebut, pengadaan *smart safety helmet* tidak akan menimbulkan konsekuensi biaya yang tinggi, namun sangat membantu meningkatkan keselamatan para pekerja.

## PERNYATAAN RESMI

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada SMA Negeri 1 Maos yang telah mendukung penelitian ini baik secara finansial atau pun non finansial. Terima kasih juga disampaikan kepada Politeknik Negeri Cilacap (PNC) yang banyak membantu perakitan alat dan sensornya.

## REFERENSI

- Abidin, M. S., Kasih, R. U., dan Zulfadlih, L. O. S. (2022). Helm Pintar untuk Pemantauan Kadar Karbon Monoksida (CO) dan Tingkat Kebisingan Suara pada Daerah Industri dan Pertambangan. *Sebatik*, 26(2), 502–508. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v26i2.2042>
- Amru, V. W. (2022). *Peningkatan Keselamatan Kerja pada Area Berbahaya Menggunakan Metode Sensor MQ-2 Berbasis IoT*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Andri, S., dan Andini, F. K. (2018). Budaya Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) Dalam Upaya Mencapai Zero Accident. *Jurnal Aplikasi Bisnis*, 8(2), 65–74.
- Antoni, A. (2021, December 26). *Tragis, 2 Pekerja Hirup Gas Beracun saat Gali Sumur, 1 Tewas*. <https://jateng.inews.id/Berita/Tragis-2-Pekerja-Hirup-Gas-Beracun-Saat-Gali-Sumur-1-Tewas>.
- Awaludin, Atmaja, G. D., dan Palimbong, Y. (2020). Kajian Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Area Pengolahan Batu Andesit di PT. Niat Karya di Kecamatan Utan Kabupaten Sumbawa Besar. *Jurnal Ulul Albab*, 24(1), 26–33.
- Chakim, M. N. (2022, March 12). *Pekerja Geo Dipa Energi Terkena Gas Beracun, Satu Meninggal Dunia*. <https://kedu.suaramerdeka.com/Jawa-Tengah/Pr-212924103/Pekerja-Geo-Dipa-Energi-Terkena-Gas-Beracun-Satu-Meninggal-Dunia>.
- Della, R. H. (2022). Peranan Kesehatan dan Keselamatan Kerja bagi Era Society 5.0. In *Kesehatan dan Keselamatan Kerja Era Society 5.0*. (1st ed., pp. 1–14). CV. Eureka Media Aksara.
- Erba, T. (2018). *Rencana Kesehatan dan Keselamatan Kerja Kontrak (RK3K) pada Pembuatan Basement dengan Menggunakan Metode Hazard Identification Risk Assessment And Risk Control (HIRARC) yang Mengacu Pada Bangunan Green Building pada Proyek Pembangunan The Samator Surabaya* [Institut Teknologi Sepuluh Nopember]. <http://repository.its.ac.id/id/eprint/55234>
- Good Doctor. (2023, October 14). *Mengapa Gas Co Karbon Monoksida Sangat Berbahaya*. <https://gooddoctor.id/Pendidikan/Mengapa-Gas-Co-Karbon-Monoksida-Sangat-Berbahaya/>.
- Ikhsan, F. M., dan Rivai, M. (2020). Sistem Pemantauan Kadar Gas pada Tambang Batubara Berbasis IoT Menggunakan Teknologi Komunikasi LoRa. *Jurnal Teknik ITS*, 9(1), A81–A86. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i1.50701>
- Intoniswan. (2021, October 8). *5 Tewas Keracunan Gas saat Perbaikan Kabel Internet di Bawah Tanah*. <https://www.niaga.asia/5-Tewas-Keracunan-Gas-Saat-Perbaikan->
-

Kabel-Internet-Di-Bawah-Tanah/.

- Jundannaufal, M. A., dan Misbah, M. (2023). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas Berbahaya Pada Mobil Menggunakan Sensor Berbasis IOT. *Journal Zetroem*, 5(2), 157–160. <https://doi.org/10.36526/ztr.v5i2.3123>
- Medcom. (2021, May 20). *2 Penggali Sumur Tewas Keracunan Gas Karbondioksida*. <https://www.medcom.id/Nasional/Daerah/9K5QdgRK-2-Penggali-Sumur-Tewas-Keracunan-Gas-Karbondioksida>.
- Muhardiyansyah, Y. (2021, November 4). *Diduga Keracunan Gas, 2 Pekerja Tewas dalam Sumur di Jepara*. <https://www.merdeka.com/Peristiwa/Diduga-Keracunan-Gas-2-Pekerja-Tewas-Dalam-Sumur-Di-Jepara.html>.
- Mustafa, M., Supriadi, S., dan Mutmainnah, A. (2020). Pengembangan Alat Monitoring Kadar Gas Karbon Monoksida (CO) Berbasis Internet of Things. *Jurnal Elektronika Telekomunikasi & Computer*, 15(2).
- Nurhidayati, Z. A. (2021, December 10). *Mengenal APD dan APK*. [https://itjen.pu.go.id/welcome/kolom\\_read/108](https://itjen.pu.go.id/welcome/kolom_read/108).
- Rizaldi, M. A., Azizah, R., Latif, M. T., Sulistyorini, L., dan Salindra, B. P. (2022). Literature Review: Dampak Paparan Gas Karbon Monoksida Terhadap Kesehatan Masyarakat yang Rentan dan Berisiko Tinggi. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 21(3), 253–265. <https://doi.org/10.14710/jkli.21.3.253-265>
- Rosa, A. A., Simon, B. A., dan Lieanto, K. S. (2020). Sistem Pendeteksi Pencemaran Udara Portabel Menggunakan Sensor MQ-7 dan MQ-135. *Ultima Computing: Jurnal Sistem Komputer*, 12(1), 23–28. <https://doi.org/10.31937/sk.v12i1.1611>
- Sunita, R. (2018). Lamanya Paparan Karbon Monoksida Terhadap Profil Enzim Alanin Aminotranferase. *Journal of Nursing and Public Health*, 6(1). <https://doi.org/10.37676/jnph.v6i1.501>
- Susanti, S., Aulia, S., dan Irawati, I. D. (2023). Deteksi Helm Otomatis Untuk Keselamatan Kerja di Tempat Proyek Berbasis Yolo. *E-Proceeding of Applied Science*, 9(1), 28–32.
- Suzayzt, R. (2023, September 21). *Cara Mengetahui Sumur Mengandung Gas Beracun, Begini Langkah-langkahnya*. <https://era.id/tips-n-trick/136775/cara-mengetahui-sumur-mengandung-gas-beracun>.
- Syahfi, A., dan Ulansari, R. (2021). Prototype Helm Monitoring Udara Pada Industri Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Teknologi Informasi*, 7(2), 95–100. <https://doi.org/10.52643/jti.v7i2.1903>
- Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2020 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara. Lembar Negara Republik Indonesia Tahun 2020 Nomor 147. (2020). In <https://peraturan.go.id/id/uu-no-3-tahun-2020>.
- Wijaya, M. Y. T., dan Ramdhan, D. H. (2022). Studi Kasus Kecelakaan Kerja Akibat Gas Beracun Tambang Bawah Tanah: Literature Review. *Prepotif: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(2), 1373–1378. <https://doi.org/10.31004/prepotif.v6i2.4266>
-

Zulfikar, M. (2023, March 14). *Diduga Keracunan Gas, Tiga Tenaga Kerja Asing di Kalimantan Selatan Meninggal Dunia.*  
<https://www.tribunnews.com/Regional/2023/03/14/diduga-keracunan-gas-tiga-tenaga-kerja-asing-di-kalimantan-selatan-meninggal-dunia>.