

RANCANG BANGUN PENDETEKSI KEBOCORAN GAS LPG DAN KEBAKARAN PADA ANGKUTAN BARANG BERBAHAYA BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Hafid Yusuf Ramadhan
Politeknik Keselamatan
Transportasi Jalan, Jl. Abdul
Syukur No.17, Margadana,
Kec. Margadana, Kota Tegal,
Jawa Tengah 52143
hayurabos@gmail.com

Muhamad Munawirul Khija
Politeknik Keselamatan
Transportasi Jalan, Jl. Abdul
Syukur No.17, Margadana,
Kec. Margadana, Kota Tegal,
Jawa Tengah 52143
hayurabos@gmail.com

Helmi Wibowo¹
Politeknik Keselamatan
Transportasi Jalan, Jl. Abdul
Syukur No.17, Margadana,
Kec. Margadana, Kota Tegal,
Jawa Tengah 52143
helmi.wibowo@pktj.ac.id

Setia Hadi Pramudi
Politeknik Keselamatan Transportasi
Jalan, Jl. Abdul Syukur No.17,
Margadana, Kec. Margadana,
Kota Tegal, Jawa Tengah 52143
setiahadipramudi@gmail.com

Risky Hardimansyah
Politeknik Keselamatan Transportasi
Jalan, Jl. Abdul Syukur No.17,
Margadana, Kec. Margadana,
Kota Tegal, Jawa Tengah 52143
rizki@pktj.ac.id

Abstract

LPG gas leaks in Dangerous Goods transport that cause vehicle fires are critical problems that need immediate resolution. If left unchecked, this problem can increase in motor vehicle fires transporting Dangerous Goods. This research aims to improve the safety and security of motor vehicles and the surrounding community. The system involves installing gas and fire sensors connected to the Internet of Things (IoT) via ESP8266, with platform-based applications and alarms. These sensors can detect LPG gas leaks or temperature changes that indicate a fire. This research uses quantitative methods with experimental research types. Data collected by sensors is transmitted in real-time to the platform for analysis and responsive action. With this system, LPG gas leaks or fires are expected to be detected early, allowing for quick and effective preventive measures to avoid larger fires and potentially significant losses.

Keywords: LPG Gas, Dangerous Goods Transport, Internet of Things (IoT), Sensor, ESP8266

Abstrak

Kebocoran gas LPG pada angkutan barang berbahaya yang menyebabkan kebakaran pada kendaraan merupakan masalah kritis yang perlu penyelesaian segera. Jika dibiarkan, masalah ini dapat semakin meningkat, berakibat pada peningkatan kasus kebakaran kendaraan bermotor angkutan barang berbahaya. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan keselamatan dan keamanan kendaraan bermotor serta masyarakat sekitar. Sistem melibatkan pemasangan sensor gas dan sensor api yang terhubung dengan *Internet of Things* (IoT) melalui ESP8266, dengan aplikasi berbasis platform dan alarm. Sensor-sensor ini dapat mendeteksi kebocoran gas LPG atau perubahan suhu yang mengindikasikan adanya kebakaran. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan jenis penelitian eksperimental. Data yang dikumpulkan oleh sensor dikirimkan secara *real-time* ke platform untuk analisis dan tindakan responsif. Dengan sistem ini, diharapkan kebocoran gas LPG atau kebakaran dapat dideteksi lebih awal, memungkinkan tindakan pencegahan yang cepat dan efektif untuk menghindari kebakaran yang lebih besar dan kerugian yang potensial signifikan.

Kata Kunci: Gas LPG, Angkutan Barang Berbahaya, *Internet of Things* (IoT), Sensor, ESP8266

¹ Corresponding author: helmi.wibowo@pktj.ac.id

PENDAHULUAN

LPG (*liquefied petroleum gas*) adalah gas bumi yang dicairkan dengan komponen utamanya yaitu propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}) (Kementerian ESDM, 2011). Gas LPG merupakan salah satu bahan bakar yang digunakan oleh kebutuhan rumah tangga. Menurut Kementerian ESDM, pengguna gas LPG pada tahun 2021 adalah sebesar 72,9 juta jiwa (dataindonesia.id, 2021). Persentase ini menjadi yang terbesar dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar lain. Penggunaan gas LPG untuk keperluan memasak di perkotaan memiliki persentase lebih besar daripada di daerah perkotaan. Penggunaan gas LPG untuk memasak pada kegiatan rumah tangga tercatat sebanyak 88,93% untuk daerah perkotaan dan daerah pedesaan sebesar 74,68%. Provinsi dengan persentase penggunaan gas LPG untuk memasak di Indonesia yang tertinggi adalah provinsi Sumatera Selatan sebesar 92,40%, sementara yang terendah adalah provinsi Nusa Tenggara Timur yakni sebesar 1,40%. Itu dikarenakan mayoritas penduduk Nusa Tenggara Timur yakni sebesar 69,28% rumah tangga masih menggunakan kayu bakar untuk memasak. (Laitera et al., 2022)

Sistem keselamatan dan keamanan menjadi hal yang penting. Khususnya sistem kendaraan bermotor pada kendaraan pengangkut gas LPG. Bahan Berbahaya dan Beracun yang disingkat B3 merupakan bahan kimia yang diperlukan dalam proses produksi baik sebagai bahan utama maupun bahan penolong (Menlhk, 2014) Angkutan B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) merupakan kendaraan yang membawa material yang dapat menyebabkan bahaya serius terhadap lingkungan dan kesehatan manusia jika terjadi kebocoran gas atau kebakaran. Kejadian kebocoran gas LPG dan kebakaran pada angkutan barang berbahaya B3 dapat mengakibatkan kerugian besar, termasuk kerusakan lingkungan, kehilangan nyawa, dan kerugian ekonomi. Dikutip dari situs kompas.com, sebuah truk pengangkut ratusan tabung gas LPG ludes terbakar diduga adanya kebocoran tabung gas yang menyebabkan adanya api (Kompas.com, 2021). Berdasarkan sumber dari situs [Tempo.co](http://tempo.co). terdapat lima kasus kebakaran mobil di Jakarta dan sekitarnya (Tempo.co., 2023) penyebabnya tidak lain adalah masalah dari *system engine* dan adanya kebocoran gas beracun yang menyebabkan percikan api.

Dalam upaya meningkatkan keselamatan dan keamanan kendaraan bermotor khususnya dalam kasus kebakaran angkutan barang berbahaya atau B3, memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) dapat menjadi solusi yang efektif. IoT memanfaatkan penggunaan sensor-sensor yang terhubung secara nirkabel untuk mendeteksi kebocoran gas beracun dan indikasi api yang mengindikasikan adanya kebocoran gas dan kebakaran pada angkutan barang berbahaya.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nanang Husin, dengan judul Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas dan Api Berbasis Arduino Uno dengan Mq-2 Sederhana, belum menggunakan teknologi berbasis IoT (Husin, N., 2022). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan pendeteksi kebocoran gas dan kebakaran pada angkutan barang berbahaya berbasis IoT. Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat memberikan informasi *real-time* kepada pengemudi dan pihak terkait untuk mengambil tindakan yang cepat dan tepat guna mencegah dampak negatif yang lebih lanjut.

Implementasi pendeteksi kebocoran gas dan kebakaran berbasis IoT pada angkutan barang berbahaya memiliki potensi untuk meningkatkan keselamatan dan keamanan kendaraan bermotor, melindungi lingkungan, serta menjaga keselamatan masyarakat. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki relevansi yang tinggi dalam konteks perlindungan lingkungan dan keamanan transportasi.

METODE PENELITIAN

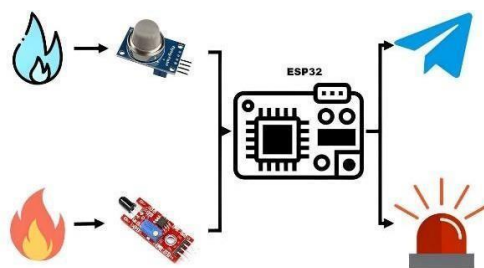
Penelitian ini diawali dengan permasalahan terhadap kebakaran kendaraan pengangkut barang berbahaya yang disebabkan oleh kebocoran gas. Untuk selanjutnya permasalahan tersebut dijadikan sebagai masukan dalam pembuatan rancangan. Penelitian ini merupakan metode penelitian kuantitatif jenis penelitian eksperimental dengan perancangan sistem kerja yang diawali dengan perancangan diagram blok disertai penentuan spesifikasi alat (*hardware*) dan juga *flowchart* sistem kerja alat (*software*).

Setelah perencanaan sistem kerja dengan diagram blok serta spesifikasi alatnya dilanjutkan dengan 1) perangkaian rancangan, di mana tiap komponen dihubungkan dengan kabel *jumper male-male* ataupun *male-female* pada *project board*. 2) Pemrograman pada *Software* Arduino IDE. Tahapan ini harus sesuai dengan *flowchart* sistem kerja alat. 3). Pengujian rancangan, pengujian dilakukan dengan menghubungkan Arduino pada sumber tegangan menggunakan kabel USB ke laptop sebagai sumber tegangan. Kemudian penulis melakukan percobaan dengan menguji kepekaan sensor gas (MQ-2) dan sensor api (*flame sensor*). Percobaan dilakukan untuk menguji kepekaan sensor gas (MQ-2) dan sensor api (*flame sensor*) terhadap jarak, dan menguji kepekaan sensor gas (MQ-2) dan sensor api (*flame sensor*) terhadap waktu. Selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap kinerja sensor gas (MQ-2) dan sensor api (*flame sensor*) terhadap input berupa gas dan api.

Dalam pembuatan alat ini, beberapa alat bantu yang digunakan antara lain (1) ESP8266, alat ini merupakan *micro controler* yang digunakan sebagai otak dari alat ini. ESP8266 memiliki kemampuan untuk terhubung ke internet melalui WiFi, sehingga dapat mengirimkan data ke platform telegram. Alat ini juga dapat diprogram menggunakan *software* Arduino IDE. (2) Sensor MQ-2, sensor ini digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas. Sensor MQ-2 dapat mendeteksi beberapa jenis gas berbahaya seperti LPG, propana, metana, dan karbon monoksida. Sensor ini akan mengirimkan sinyal ke *micro controler* ketika mendeteksi adanya gas berbahaya. (3) *Flame Sensor*, sensor ini digunakan untuk mendeteksi kebakaran. *Flame sensor* akan menghasilkan sinyal ketika mendeteksi adanya api. Sinyal ini akan dikirimkan ke *micro controler* untuk diolah lebih lanjut. (4) *Buzzer*, *buzzer* digunakan sebagai peringatan ketika terdeteksi kebocoran gas atau kebakaran. *Buzzer* akan mengeluarkan suara yang cukup keras untuk memberikan peringatan kepada pengguna atau pengemudi kendaraan. Seluruh alat bantu ini digunakan dalam rangkaian dan pemrograman alat ini untuk mencapai fungsi deteksi kebocoran gas dan kebakaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan alat ini dilandasi atas kasus kebakaran pada kendaraan khususnya pengangkut barang berbahaya atau B3 yang disebabkan oleh adanya kebocoran gas LPG pada objek yang diangkut. Inovasi ini diharapkan dapat mengurangi kasus kebakaran kendaraan yang menimpa pengemudi. Beberapa komponen elektronik dirancang sedemikian rupa menjadi alat yang berfungsi untuk mengaktifkan peringatan berupa alarm dan notifikasi melalui *platform* telegram. Pada pemasangan MQ-2 dan *flame sensor* dibutuhkan *pin header* yang disolder pada sensor untuk menyambungkan kabel *jumper*.

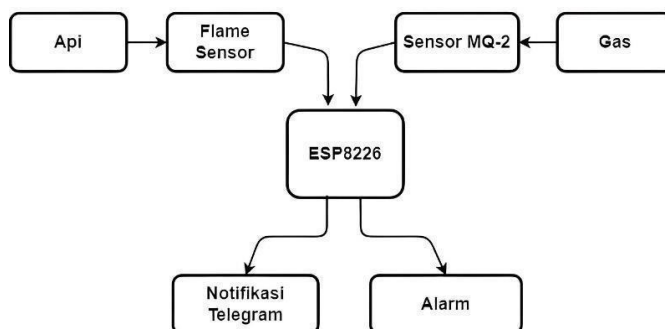


Gambar 1 . Skema Cara Kerja Sistem

Pada Gambar 1. Skema cara kerja sistem ini, MQ-2 dan *flame sensor* bekerja saat menerima *input* berupa gas dan juga api yang berada di sekitar sensor. Pengujian sensor MQ-2 dan *flame sensor* dilakukan dengan dua indikator yaitu pengujian jarak terbacanya *input* terhadap jarak sensor, dan pengujian kepekaan MQ-2 dan *flame sensor* terhadap waktu. Kedua sensor tersebut akan mengirim *input* ke *micro controller* ESP8266 yang selanjutnya di proses dan melalui IoT, ESP8266 akan mengirim data ke bot telegram berupa notifikasi ke pengguna dan juga mengaktifkan *output* berupa alarm.

Perencanaan Sistem Kerja

Perencanaan sistem kerja dimulai dengan penentuan spesifikasi alat dengan memilih komponen yang akan digunakan dalam pembuatan rancangan seperti ESP8266, sensor MQ-2, *fire sensor*, dan *signal* untuk kemudian dibuat *chart blok* seperti pada gambar berikut.

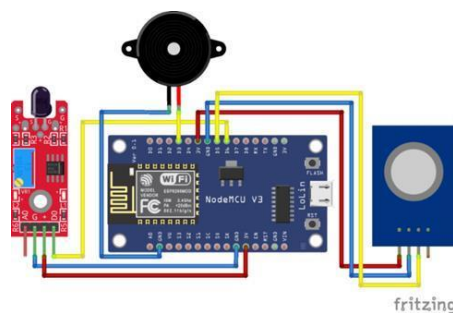


Gambar 2. Blok Diagram

Rancangan bekerja dengan sensor MQ-2 dan *flame sensor* yang telah dipasang. Dengan desain alat, objek yang diterima berupa gas berbahaya dan api akan diproses oleh sensor

MQ-2 dan *flame sensor* yang kemudian kedua sensor ini mengirim data ke *micro controler* ESP8266. ESP8266 memiliki akses ke internet, dengan memanfaatkan mode internet dari ESP8266 penulis kemudian memanfaatkan bot telegram berupa id telegram dari pengguna yang kemudian dimasukkan ke dalam program dalam *software* Arduino IDE. Pengguna akan menerima pesan dari telegram berupa kadar gas yang dihasilkan dan juga peringatan adanya kebocoran gas sesuai kadar gas yang didapatkan. Pengguna juga akan menerima pesan berupa notifikasi tentang adanya api di area sensor. Sistem peringatan berupa alarm dari *buzzer* juga akan aktif ketika ada indikasi kebocoran dan kebakaran. Sensor -2 dan *flame sensor* digunakan pada rancangan ini, sedangkan ESP8266 adalah *micro controler* nya.

Pengaturan Rangkaian Rancang Bangun



Gambar 3. Rangkaian Rancang Bangun Alat

Pada Gambar 3. adalah rangkaian komponen dilakukan dengan 1) menyambungkan kabel *jumper* ke masing-masing komponen 2) menyambungkan 3 pin pada sensor MQ-2 yakni *pin* (VCC), (GND), dan OUT ke ESP8266. Pin (GND) dihubungkan pada *pin* (GND), dan *pin* VCC pada *pin* 3v pada ESP8266. Sedangkan untuk *pin* OUT disambungkan pada *pin* D nomor 5 (*in*), 3) menyambungkan *pin* pada *flame sensor* yakni *pin* (GND), dan *pin* out pada ESP8266 (D0) 4) menyambungkan *pin* power pada Arduino dengan *pin* power pada *buzzer*, *flame sensor*, dan sensor MQ-2 5) menghubungkan *pin* GND ke *buzzer* dengan *pin* GND ESP8266.

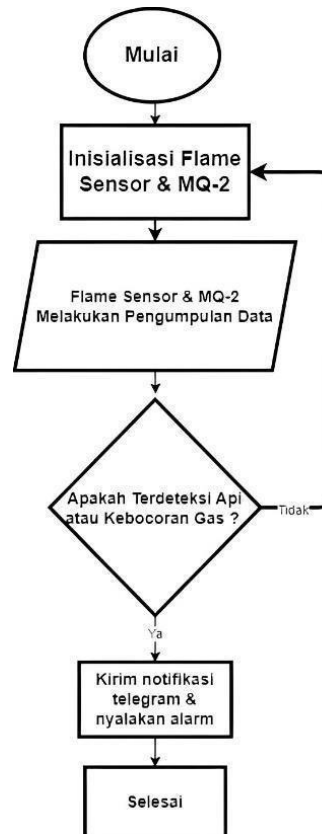


Gambar 4. Penempatan sensor pada kendaraan

Pada Gambar 4. disajikan sebuah rancangan penempatan sensor yang akan dipasang pada bak kendaraan bagian dalam. Sisi tengah kendaraan dipilih dengan menimbang nilai deteksi sensor yang memungkinkan untuk mendeteksi objek. Dengan 6 titik yang telah dipilih, diharapkan sistem alat akan mendeteksi adanya kebocoran gas LPG dan adanya api secara

maksimal.

Pemrograman Pada *Software* Arduino



Gambar 5. *Flowchart* Sistem

Sebelum melakukan pemrograman, dilakukan perancangan sistem kerja alat dengan *flowchart* agar program yang dibuat sesuai dengan tujuan dibuatnya alat dan alur kerjanya sesuai. Pemrograman pada aplikasi Arduino IDE meliputi 1) bagian deklarasi awal untuk menjelaskan variabel pada program utama dan untuk menjalankan program utama 2) bagian *Setup* untuk menginisiasi variabel, mengontrol mode *pin* pada *board* dan memasukkan ID , 3) bagian *Loop* untuk menjalankan program utama.

Prosedur Pengujian

Tabel 1. Prosedur standar pengujian sensor

| No | Sensor | Batas Minimal Nilai (ppm) | Kondisi | Batas Maksimal Nilai (ppm) | Kondisi |
|----|---------------------|---------------------------|---------|----------------------------|-----------|
| 1 | MQ-2 | >300 | Bahaya | <300 | Aman |
| 2 | <i>Flame Sensor</i> | >100 | Aman | <100 | Berbahaya |

Pada Tabel 1. Disajikan tentang standar pengujian sensor meliputi sensor MQ2 sebagai sensor yang mendeteksi kebocoran gas LPG dengan ketentuan jika kadar ppm melebihi angka 300 ppm, maka sensor akan mendeteksi adanya indikasi kebocoran gas LPG. *Flame sensor* mendeteksi adanya api apabila kadar ppm kurang dari 100 ppm.

Hasil Pengujian

Tabel 2. Pengujian sensor *Flame* terhadap jarak

| No | Jarak | Status Api |
|----|-------|------------------|
| 1 | 12 cm | Terdeteksi |
| 2 | 22 cm | Terdeteksi |
| 3 | 32 cm | Terdeteksi |
| 4 | 52 cm | Terdeteksi |
| 5 | 72 cm | Tidak Terdeteksi |

Pada Tabel 2. dilakukan uji sensor *flame* terhadap jarak untuk mendeteksi adanya indikasi api. Dari hasil uji didapatkan bahwa sensor api yang diuji dengan jarak deteksi sensor tersebut hasilnya pembacaannya akurat sampai pada jarak 60 cm dan pada jarak 72 cm sensor api tidak dapat mendeteksi adanya api.

Tabel 3. Pengujian sensor MQ2 terhadap jarak

| No | Jarak Sensor (cm) | Nilai (ppm) |
|-----------|-------------------|-------------|
| 1 | 5 | 0,96 |
| 2 | 12 | 0,70 |
| 3 | 16 | 0,63 |
| 4 | 22 | 0,59 |
| 5 | 28 | 0,52 |
| 6 | 32 | 0,45 |
| Rata-rata | | 0,641 |

Pada Tabel 3. didapatkan hasil pengujian yang telah dilaksanakan, setelah beberapa data diambil dari 6 kali pengujian dengan jarak, hasil yang didapatkan adalah seperti tabel 3. Merupakan hasil pengujian sensor MQ-2 sebanyak 6 kali, hasilnya adalah pada jarak 5 cm deteksi gas berada pada nilai 0,96, jarak 12 cm nilainya 0.70, jarak 16 cm nilainya 0,63, jarak 22 cm nilainya 0,59, jarak 28 cm nilainya 0,52, dan pada jarak 32 cm hasil deteksi gas berada pada nilai 0,45.

Tabel 4. Pengujian *Buzzer* (Alarm)

| Kondisi Kebocoran | <i>Buzzer</i> |
|-------------------|---------------|
| Normal | OFF |
| Bocor | ON |

Pada Tabel 4. dilaksanakan uji *buzzer* sebagai sistem peringatan untuk mengetahui kinerja dari *buzzer*. Pada Tabel 4. *buzzer* bekerja pada kondisi gas normal dan pada saat terdapat gas bocor. Hasil deteksi gas dalam keadaan normal, maka *buzzer* akan *off*. Tetapi jika sensor mendeteksi adanya kebocoran gas maka *buzzer* akan *on* (berbunyi).

Tabel 5. Pengujian deteksi sensor MQ2

| No | Kadar (ppm) | Hasil Pengujian | |
|----|-------------|-----------------|------------------------------|
| | | <i>Buzzer</i> | Status (Notifikasi Telegram) |
| 1 | 2,32 | Off | Aman |
| 2 | 3,40 | On | Ada Asap |
| 3 | 1,65 | Off | Aman |
| 4 | 5,68 | On | Ada Asap |
| 5 | 0,75 | Off | Aman |

Pada Tabel 5. disajikan data hasil dari pengujian deteksi sensor MQ-2 sebagai pendeteksi kebocoran asap kebakaran. Batas nilai Kadar sensor gas, dimana jika sensor MQ-2 mendeteksi adanya asap yang kadar nilai ppmnya >300 maka *buzzer* sebagai alarm akan berbunyi dan *user* akan menerima notifikasi dari aplikasi telegram berupa status dari indikasi adanya kebocoran gas LPG pada kendaraan (Ada Asap).

Tabel 6. Pengujian deteksi sensor Flame

| No | Hasil Uji | | |
|----|-------------|---------------|------------------------------|
| | Kadar (ppm) | <i>Buzzer</i> | Status (Notifikasi Telegram) |
| 1 | 750 | Off | Aman |
| 2 | 100 | On | Ada Api |
| 3 | 531 | Off | Aman |
| 4 | 100 | On | Ada Api |
| 5 | 516 | Off | Aman |

Pada Tabel 6. disajikan data yang merupakan hasil uji pendeteksi sensor *Flame* untuk mendeteksi adanya indikasi api. Batas nilai kadar sensor api, dimana jika sensor api mendeteksi adanya indikasi Api yang nilai ppmnya <100 maka *buzzer* sebagai alarm akan berbunyi dan *user* akan menerima notifikasi dari aplikasi telegram berupa status dari indikasi adanya api pada kendaraan (Ada Api).

Proses pembuatan alat ini dimulai dengan perancangan sistem kerja menggunakan metode penelitian kuantitatif jenis penelitian eksperimental. Perancangan sistem kerja dimulai dengan perancangan diagram blok dan penentuan spesifikasi alat yang akan digunakan, seperti ESP8266, sensor MQ-2, *flame* sensor, dan *buzzer*. Setelah itu, dilakukan perangkaian rancangan dengan menghubungkan tiap komponen menggunakan kabel *jumper* pada *project board*. Kemudian, dilakukan pemrograman pada *Software Arduino IDE* sesuai dengan *flowchart* sistem kerja alat. Tahap terakhir adalah pengujian rancangan, di mana dilakukan pengujian kepekaan sensor gas (MQ-2) dan sensor api (*flame sensor*) terhadap jarak dan waktu. Selain itu, dilakukan pengamatan terhadap kinerja sensor gas (MQ-2) dan sensor api (*flame sensor*) terhadap *input* berupa gas dan api.

Alat ini memiliki fungsi untuk mendeteksi kebocoran gas dan kebakaran pada kendaraan pengangkut barang berbahaya. Alat ini akan mengaktifkan peringatan berupa alarm dan notifikasi melalui platform telegram ketika terdeteksi adanya kebocoran gas atau kebakaran. Dengan adanya alat ini, diharapkan dapat mengurangi kasus kebakaran kendaraan yang dapat membahayakan pengemudi dan lingkungan sekitar. Alat ini juga dapat meningkatkan keselamatan dan keamanan transportasi, melindungi lingkungan, serta menjaga keselamatan masyarakat.

Peluang kebermanfaatan dari alat ini sangat besar dalam konteks perlindungan lingkungan dan keamanan transportasi. Dengan adanya alat ini, dapat dilakukan deteksi dini terhadap kebocoran gas dan kebakaran pada kendaraan pengangkut barang berbahaya. Hal ini memungkinkan untuk mengambil tindakan yang cepat dan tepat guna mencegah dampak negatif yang lebih lanjut.

KESIMPULAN

Rancang bangun pendeteksi kebocoran gas dan kebakaran kendaraan angkutan barang berbahaya menggunakan IoT ini adalah hasil inisiasi dari kami untuk meningkatkan keamanan pada kendaraan bermotor dan juga meningkatkan keselamatan berkendara khususnya bagi kendaraan pengangkut B3 atau barang berbahaya. Alat ini akan bekerja ketika sensor mendeteksi objek berupa kebocoran gas LPG dan juga api. Hanya ID telegram pengguna yang telah didaftarkan yang bisa menerima notifikasi dari alat ini. Sistem kerja alat ini adalah ketika sensor mendeteksi objek berupa gas (MQ-2) dan api (*flame sensor*) maka ESP8266 akan memprosesnya dan mengirimkan data ke bot telegram. Selanjutnya, telegram pengguna akan menerima notifikasi berupa peringatan berupa status kebocoran gas dan juga indikasi adanya api.

Dengan dibuatnya rancang bangun alat ini, kami berharap alat ini bisa direalisasikan pada kendaraan zaman sekarang. Harapannya adalah angka kebakaran kendaraan khususnya kendaraan pengangkut barang berbahaya B3 menurun juga tidak ada korban jiwa. Selanjutnya keselamatan dan keamanan transportasi bisa meningkat. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan alat ini agar bisa diproduksi secara massal.

DAFTAR PUSTAKA

- Data Indonesia. (2021). Konsumsi LPG Indonesia Capai 7.292 Juta Barel pada 2021. Data Indonesia. Diakses dari <https://dataindonesia.id/sektor-riil/detail/konsumsi-lpg-indonesia-capai-7292-juta-barel-pada-2021>.
- Husin, N. (2022). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas dan Api Berbasis Arduino Uno dengan Mq-2 Sederhana. *Jurnal Esensi Infokom : Jurnal Esensi Sistem Informasi Dan Sistem Komputer*, 5(1), 1–7. <https://doi.org/10.55886/infokom.v5i1.290>
- I Kadek Wira Aditya. (2021, October 27). *Truk Pengangkut Ratusan Tabung Elpiji Ludes Terbakar, Diduga Ada Kebocoran Gas Halaman all - Kompas.com*. KOMPAS.com; Kompas.com. <https://regional.kompas.com/read/2021/10/27/150216978/truk-pengangkut-ratusan-tabung-elpiji-ludes-terbakar-diduga-ada-kebocoran?page=all#>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2011). Mengenal Jenis-jenis Gas Bumi. Diakses dari [https://migas.esdm.go.id/post/read/Mengenal-Jenis-jenis-GasBumi#:~:text=LPG%20\(liquefied%20petroleum%20gas\)%20atau,%20dan%20butana%20\(C4H10\)](https://migas.esdm.go.id/post/read/Mengenal-Jenis-jenis-GasBumi#:~:text=LPG%20(liquefied%20petroleum%20gas)%20atau,%20dan%20butana%20(C4H10)).
- Laitera, S., Dewa, W. A., & Arifin, S. (2022). Penerapan Sistem Alarm Berbasis Arduino Uno Untuk Mendeteksi Kebocoran Gas LPG. *Jurnal Janitra Informatika Dan Sistem*

- Informasi*, 2(2), 96–106. <https://doi.org/10.25008/janitra.v2i2.159>
- OTOMASI - UGM. (2018). Penerapan Sensor MQ-2 Sebagai Pembersih Udara Dalam Ruangan. Diakses dari <https://otomasi.sv.ugm.ac.id/2018/12/20/penerapan-sensor-mq-2-sebagai-pembersih-udara-dalam-ruangan/>
- Sakti, B., Halid, R., #2, S., & #3, H. (2018). *Rancang Bangun Finer (Fire Point Detector on Isolation Cable) Sebagai Alat Upaya Pencegahan Terjadinya Kebakaran pada Rumah Tinggal*. 3(2), 30–38.
- Sistem Informasi B3 & POPS. (2014). Menlhk.go.id. <https://sib3pop.menlhk.go.id/articles/view?slug=pengangkutan-b3>
- Tempo. co. (2023). Kebakaran di Komplek Hamkam Cidodol, 17 Unit Mobil Pemadam Dikerahkan. Diakses dari <https://metro.tempo.co/read/1748223/kebakaran-di-komplek-hamkam-cidodol-17-unit-mobil-pemadam-dikerahkan>