



## Perancangan dan Pembuatan *Prototype* Sistem Pemadaman Api Otomatis Berbasis Mikrokontroler Pada Ruang Baterai Bus Listrik

Hendrik Setiawan<sup>1\*</sup>, Sigit Iswahyudi<sup>1</sup> dan Sigit Joko Purnomo<sup>1</sup>

**Sitasi:** Setiawan Hendrik.; Iswahyudi Sigit.; Purnomo Sigit Joko. (2026). Perancangan dan Pembuatan *Prototype* Sistem Pemadaman Api Otomatis Berbasis Mikrokontroler Pada Ruang Baterai Bus Listrik. J-TETA: Jurnal Teknik Terapan, V(5) N(1), hlm. 35 – 41.



**Copyright:** © 2026 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin dan Industri, D4 Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Universitas Tidar.

\* Korespondensi: [hendrik.setiawan@students.untidar.ac.id](mailto:hendrik.setiawan@students.untidar.ac.id) ; Tel.: +62 85774741139.

**Abstract:** *This study aims to design and develop a prototype of a fire suppression system for electric bus battery compartments to mitigate the risk of thermal runaway, which can lead to catastrophic battery fires. The design integrates an Arduino uno base controller with thermal and MQ-2 smoke sensors, connected to a fire suppression installation utilizing dry powder as the extinguishing agent. Testing results demonstrate that the system operates responsively and systematically the cooling fan activates 40°C for thermal management, while the emergency fire suppression via a solenoid valve triggers automatically when the temperature reaches 60°C or smoke density hits 200 ppm. The primary advantage of this prototype lies in its multi-layered protection, combining proactive battery temperature conditioning with an automated fire extinguishing mechanism. This system significantly enhances the operational safety standards for electric vehicles by providing a reliable defense against battery-related hazards.*

**Keywords:** *Manufacturing, Automation, Lithium-ion, Electric bus.*

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan merancang dan membuat *prototype* sistem pemadam kebakaran pada ruang baterai bus listrik untuk mengantisipasi resiko *thermal runaway* yang dapat menyebabkan kebakaran pada baterai bus listrik. Hasil perancangan menggunakan sensor panas dan asap MQ-2 berbasis arduino uno yang terhubung pada instalasi pemadaman api yang menggunakan bahan pemadam powder. Hasil pembuatan yang dilakukan proses pengujian menunjukkan kipas pendingin dapat aktif pada suhu 40°C, sementara pemadaman api darurat melalui *solenoid valve* aktif secara otomatis pada suhu 60°C serta kepadatan asap mencapai ketebalan 200 ppm. Keunggulan dari perancangan dan pembuatan *prototype* ini ada pada perlindungan berlapis, yaitu manajemen pengkondisian suhu baterai dilengkapi pemadaman api otomatis.

**Kata Kunci:** Manufaktur, Otomatisasi, Baterai, Bus listrik.

### 1. Pendahuluan

Pada Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 tentang percepatan program kendaraan bermotor listrik berbasis baterai (*battery electric vehicle*) untuk transportasi jalan, Indonesia sedang melakukan percepatan pengembangan kendaraan bermotor listrik berbasis baterai guna meningkatkan efisiensi energi, konservasi energi sektor transportasi, yang diharapkan dapat meningkatkan kualitas udara serta komitmen Indonesia menurunkan emisi gas rumah kaca. Gaikindo (2024) merilis data penjualan mobil listrik dengan data penjualan *whole sales* (pabrik ke *dealer*) yang mencapai 23.045 unit pada Januari – Agustus 2024 dengan segmen peningkatan mencapai 4% [1]. Gaikindo (2023) juga merilis terkait perkembangan bus listrik di Indonesia, merujuk dari data yang diluncurkan penjualan bus listrik secara *whole sales* selama Januari – Oktober 2023 sebanyak 2.034 unit sehingga mengalami peningkatan dari tahun sebelumnya sebanyak 94% yaitu hanya 1.048 unit [2].

(Ningrum & Sucahyo, 2023) melakukan penelitian “Analisis Udara Sebagai *Cooling Sistem Battery Pack* E-inobus Dengan Metode *Computational dynamic*” dengan metode analisis. Analisis ini dilakukan pada sistem pendinginan

dikarenakan kendaraan listrik memiliki kekurangan yaitu sangat sensitif terhadap temperatur. Hasil dari analisis menunjukkan adanya penurunan aliran udara dari aliran 2,5 m/s menjadi 10 m/s. Temperatur mengalami penurunan dari awal 42,86°C menjadi 38,28°C [5]. Temperatur mengalami penurunan dari awal 42,86°C menjadi 38,2°C. (Łebkowski, 2017) melakukan penelitian tentang “Sistem Pemadaman Api Pada Kendaraan Listrik” hasil dari penelitian bahwa sistem pemadaman untuk kendaraan listrik ini berdasarkan sensor suhu serta sensor api yang memperingatkan pengemudi adanya kebakaran di dalam kendaraan [4].

Penggunaan baterai *lithium-ion* sangat luas, jenis baterai yang saat ini digunakan tidak 100% aman, masih ada kemungkinan terkait kebakaran yang sangat merugikan. Penggunaannya yang masih menjadi perhatian, terlebih saat digunakan pada kendaraan listrik. Resiko yang terjadi kebakaran pada *lithium-ion battery* sudah dipresentasikan selama dua dekade telah terjadi sebanyak 300 kali kebakaran dengan jumlah 40 korban jiwa yang dilaporkan (Ghiji et al., 2020) [3].

Dari latar belakang penelitian sebelumnya meneliti sistem pemadaman pada kendaraan listrik namun belum banyak penelitian yang secara spesifik merancang dan membuat *prototype* sistem pemadaman api pada ruang baterai dengan terdapat rumah baterai, sistem *piping* serta sistem pemadaman api dan sistem pengkondisian udara pada ruang baterai kendaraan listrik.

Dalam penelitian yang akan dilakukan, yaitu meneliti tentang perancangan dan pembuatan sistem pemadam api pada ruang baterai bus listrik. Untuk pengendalian udara dilakukan pengendalian suhu dengan merancang sistem pengendalian udara agar suhu didalam ruang baterai stabil. Mengantisipasi terjadinya kebakaran, pada ruang baterai dirancang menyediakan sistem pemadaman api secara otomatis dengan menggunakan sensor suhu dan asap sebagai kontrol pengendalinya.

## 2. Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan dengan dua proses yaitu perancangan dan pembuatan *prototype* sistem pemadaman api pada ruang baterai bus listrik dengan menggunakan bahan APAR powder sebagai eksperimen bahan pemadam menggunakan api pada daerah yang memiliki bahaya *thermal runaway* lebih besar dengan agar suhu tinggi dari api dapat mengaktifkan sensor suhu dan asap untuk mengeluarkan bahan pemadam untuk mengetahui efektivitas pemadaman api.

Metode perancangan dan pembuat *prototype* digunakan bertujuan untuk membuktikan hasil perancangan dapat bekerja secara nyata, sehingga memudahkan untuk memperbaiki jika masih terdapat kekurangan pada alat yang dirancang, mengingat resiko *lithium-ion* memiliki resiko *thermal runaway*. Sehingga metode ini dapat mengidentifikasi kekurangan perancangan lebih awal.

### 2.1 Bahan

#### 2.1.1 Bahan perancangan

Penelitian ini dilakukan dengan metode perancangan menggunakan menggunakan laptop yang digunakan perancangan pada *software solidworks 2022* serta Arduino IDE digunakan untu membuat sistem kendali.

#### 2.1.2 Bahan pembuatan

Bahan pada proses pembuatan *prototype* ini terdiri dari bahan bagian sistem *piping*, sistem kendali sebagai sistem otomatisasi dan bagian rumah baterai yang terdiri dari penutup dan rangka.

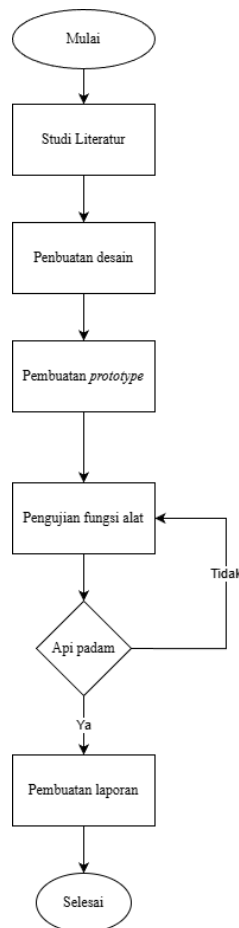
**Tabel 1.** Bahan pembuatan *prototype*

No	Nama bahan	Spesifikasi
1.	APAR	Powder, kapasitas 5 kg, tekanan 15 bar
2.	<i>Niple</i>	Ukuran 1/4 inch, bahan logam kuningan
3.	Selang	SMHA, tekanan max 220 bar, tahan panas 100°C, panjang 250 cm, ukuran 1/4 inch
4.	<i>Nozzle</i>	Bahan logam kuningan ukuran 1/4 inch
5.	<i>Solenoid valve</i>	Ukuran 1/4 inch bahan logam kuningan
6.	Penutup	Galvalum, ukuran 0,5 mm, panjang 8 m, lebar 90 mm

7.	Rangka	ST 37, Ukuran 20x20 mm, Panjang 18 m, Tebal 2 mm
8.	Arduino Uno	Uno
9.	Sensor asap	MQ-2, 200-1000 ppm dan 5v
10.	Sensor suhu	DS18B20
11.	Buzzer	Frequency 2048 Hz
12.	Step down	LM2596 DC-DC
13.	Relay	Dua Chanel
14.	Kipas	DC 12V

**2.2 Metode**

Metode penelitian ini dilakukan dengan metode perancangan dan pembuatan, dengan diagram alir sebagai berikut pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian

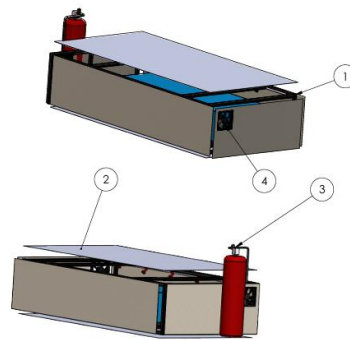
Tahap penelitian diawali dengan studi literatur mengenai ssistem pemadaman api otomatis dan kedaraan listrik, dari hasil wawancara serta hasil observasi langsung di PT Mekar Armada Jaya pada kendaraanbus listrik Mobil Anak Bangsa. Data observasi spesifikasi baterai dengan dimensi 1000x500x200 mm sebagai acuan perancangan rumah baterai dengan menggunakan *software solidworks*. Sistem kendali dirancang menggunakan Arduino IDE dengan menggunakan sensor DS18B20 dan MQ-2.

Sensor panas menggunakan DS18B20 karena memiliki akurasi dalam membaca suhu pada batas 45°C guna mencegah *thermal runaway*. Sementara sensor MQ-2 digunakan untuk detektor dini terhadap asap pada 200 ppm sehingga dapat memberikan informasi sebelum terjadinya kebakaran.

Merujuk pada penelitian (supri, 2023) bahan pemadam powder memiliki keterbatasan untuk digunakan pada *lithium-ion* dibandingkan dengan F-500 dengan mempertimbangkan aspek keamanan serta ketersediaan material yang masih terbatas ketersediaannya, APAR powder tetap dipilih sebagai bahan eksperimen utama karena sifatnya non-konduktif.

### 3. Hasil

Hasil perancangan Gambar 2. dan pembuatan Gambar 3. sistem pemadaman api pada ruang baterai bus listrik yaitu menggunakan *software solidworks* dengan acuan data hasil studi literatur, wawancara dan observasi. Hasil perancangan sistem kendali menggunakan Arduino IDE. Serta proses pembuatan dilakukan dengan proses manufaktur dengan hasil yaitu sebagai berikut:



Gambar 2. Hasil Perancangan

Keterangan pada Gambar 2. yaitu:

1. Rangka
2. Cover
3. Sistem *piping*
4. Exhaust fan

Pada gambar yang ditunjukkan oleh Gambar 3. merupakan hasil pembuatan *prototype*, pembuatan *prototype* dibuat melewati beberapa proses manufaktur sesuai dengan gambar kerja yang telah dibuat pada proses perancangan.



Gambar 3. Hasil pembuatan *prototype*

### 4. Pembahasan

Hasil yang dikembangkan dari penelitian sebelumnya yang belum ada penelitian spesifik terkait rumah baterai, sistem *piping*, serta sistem pengkondisian udara untuk mengatur suhu baterai. Penelitian ini menjawab rumusan masalah secara fungsional sensor suhu dan asap dapat merespon aktif pada batas suhu sesuai perintah secara akurat yaitu pada suhu 44°C kipas

aktif menyalakan kipas sebagai pendingin stabilitas suhu. Sementara *solenoid valve* dan *buzzer* aktif pada suhu 60°C dan pada sensor asap aktif pada ketebalan asap 200 ppm (*part per million*).

Dengan mengacu pada penelitian sebelumnya (supri, 2023) bahwa efektivitas bahan pemadam menjadi tantangan utama. Penggunaan eksperimen pada penelitian ini meskipun unggul secara sifatnya yang non-konduktif, dari hasil penelitian menunjukan keterbatasan teknis yang signifikan pada bagian *nozzle*. Hasil pengujian pada TABEL 6 menunjukan bahan powder menyebabkan penyumbatan pada *nozzle spray*. Beda dengan media air dan gas mengalir sempurna.



**Gambar 4.** Pengujian Fungsi Alat

Dengan hasil monitor Arduino IDE sensor suhu dapat berfungsi dengan baik, dari hasil pengujian sensor suhu dapat membaca suhu panas dan dapat mengaktifkan komponen yang ada pada APAR sesuai dengan program yang dibuat. Sensor suhu mengaktifkan *solenoid valve* pada suhu 60°C, *solenoid valve* membuka katup sehingga aliran bahan pemadam keluar melalui selang dan disebarakan menggunakan *nozzle* saat adanya api.

Sensor suhu dapat mengaktifkan kipas sebagai alat pengondisian udara pada suhu 40°C, kipas mengondisikan udara dengan menjaga suhu dalam ruang baterai dan membuang asap saat terjadinya kebakaran. *Buzzer* pada suhu 60°C mengeluarkan suara sebagai tanda adanya masalah pada ruang baterai.

**Tabel 5.** Pengujian sensor suhu

No	Perangkat	Input		Hasil
		On	Off	
1.	<i>Solenoid valve</i>	60°C	44°C	Katup terbuka
2.	Kipas	40°C	39°C	Menyala
3.	<i>Buzzer</i>	60°C	44°C	Suara aktif

Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 6. dengan menggunakan asap. Asap yang dibaca oleh sensor mengaktifkan *solenoid valve* untuk membuka aliran *fluida* yang ada pada APAR yang akan memadamkan api, kipas aktif pada tingkat ketebalan 200 ppm (*part per million*) dan akan berfungsi sebagai pembuang asap atau udara panas yang ada pada ruang baterai saat terjadi kebakaran, dan *buzzer* akan mengeluarkan suara sebagai tanda bahwa ada permasalahan pada ruang rumah baterai tersebut.

**Tabel 6.** Hasil pengujian sensor asap

No	Alat	Input (ppm)	Hasil
1.	<i>Solenoid valve</i>	200 ppm	Katup terbuka
2.	Kipas	200 ppm	Menyala
3.	<i>Buzzer</i>	200 ppm	Suara aktif

Proses pengujian di tujukkan pada Gambar 5. serta Gambar 6. dan hasil pengujian fungsi alat ditunjukkan pada Tabel 7. dengan menggunakan bahan pemadam gas, cairan dan powder. Bahan pemadam dapat mempengaruhi fungsi alat. Dari hasil pengujian fungsi alat dengan menggunakan bahan pemadam gas dapat mengalir sempurna melalui *solenoid valve*, pipa, dan keluar melalui *nozzle* satu dan dua. Sedangkan menggunakan bahan pemadam powder dapat mengalir melalui *solenoid valve* dan selang, tetapi terdapat hambatan pada area *output nozzle* satu dan dua akibat bahan

powder yang padat sehingga *nozzle* tidak dapat mengeluarkan powder dan tidak dapat memadamkan pada area titik api.



**Gambar 5.** Proses pengujian fungsi alat

Pengujian uji fungsi pada Gambar 6. menggunakan bahan pemadam api powder dengan eksperimen tanpa menggunakan *nozzle* pada setiap *output*, dengan memberikan dua titik api disetiap *output nozzle* bahan pemadam mengalir melalui *solenoid valve*, pipa, dan juga dapat keluar melalui *ouput* pada *nozzle* satu namun *nozzle* kedua tidak dapat mengeluarkan powder karena tekanan tidak merata keluar pada titik *nozzle* satu sehingga api padam.



**Gambar 6.** Hasil pengujian fungsi alat

**Tabel 7.** Hasil pengujian fungsi alat

No	Bahan	<i>Solenoid valve</i>	Pipa	<i>Nozzle</i>
1.	<i>Nozzle spray</i>	Tidak ada sumbatan	Tidak ada sumbatan	Terjadi sumbatan
2.	<i>Nozzle besar</i>	Tidak ada sumbatan	Tidak ada sumbatan	Tidak ada sumbatan

## 5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dalam proses perancangan dan pembuatan alat serta uji fungsi alat, dapat diambil kesimpulan bahwa penelitian ini berhasil merancang serta membuat *prototype* sistem pemadaman api pada ruang baterai bus listrik yang mampu mendeteksi bahaya kebakaran secara otomatis. Hasil perancangan dibagi menjadi tiga bagian yaitu rumah baterai, sistem *piping*, dan sistem kendali. Hasil pengujian fungsi alat menunjukkan bahwa sensor panas DS18B20 dan asap MQ-2 efektif dalam memberikan respons bertahap dimana pendinginan aktif pada suhu 44°C dan proses pemadaman aktif otomatis pada saat suhu mencapai 60°C atau deteksi asap menyentuh 200 ppm. Kinerja sistem *piping* mampu beroperasi pada kondisi ekstrem di atas 15 bar namun sangat bergantung pada dimensi *nozzle*, penggunaan lubang *nozzle* terlalu kecil menyebabkan hambatan aliran. Serta bahan pemadam F-500 yang digunakan untuk baterai *lithium-ion* masih sulit didapatkan.

## Referensi

- [1] GAIKINDO. (2024). Penjualan Mobil Listrik Nasional Naik, Segmennya Mencapai Empat Persen. <https://www.gaikindo.or.id/Penjualan-Mobil-Listrik-Nasional-Naik-Segmennya-Mencapai-Empat-Persen/>

- 
- [2] GAIKINDO. (2022). Bus Listrik Punya Prospek di Masa Depan. GAIKINDO: Bus Listrik Punya Prospek di Masa Depan - GAIKINDO.
- [3] Ghiji, M., Novozhilov, V., Moinuddin, K., Joseph, P., Burch, I., Suendermann, B., & Gamble, G. (2020). A Review Of Lithium-Ion Battery Fire Suppression. *Energies*, 13(19), 5117. <https://doi.org/10.3390/en13195117>.
- [4] Łebkowski, A. (2017). Electric Vehicle Fire Extinguishing System. *Przegląd Elektrotechniczny*, 1(1), 331–334. <https://doi.org/10.15199/48.2017.01.77>.
- [5] Ningrum, F. A., & Sucahyo, I. (N.D.). Analisis Udara Sebagai Cooling System Battery Pack E-Inobus Dengan Metode Computational Fluid Dynamic.
- [6] Paquita Sarah Amelia, Maridjo, M., & Manunggal, B. (2023). Evaluasi Kerja Nozzle Rig Pada Steam Bench Setelah Perbaikan Di Laboratorium Teknik Konversi Energi. *Jurnal Teknik Energi*, 12(1), 36–41. <https://doi.org/10.35313/Energi.V12i1.5020>.
- [7] Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro (Senter) 2016: Inovasi Untuk Membangun Negeri, Bandung, 26-27 November 2016 (Cetakan 1). (2016). Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains Dan Teknologi.
- [8] Putra, M. I., Erdani, Y., Siswono, R. R., Badia, B. A., & Putra, F. C. (2024). Pengaruh Penambahan Suplai Udara Dingin Pada Pengkondisian Udara Kteng-1000 Ahu Menggunakan Sistem Kontrol Temperatur. 10(1).
- [9] Qalbi, C., Deliasgarin Radyantho, K., & Nickolas, Y. (2023). Pengaruh Penggunaan Pendingin Baterai Terhadap Temperatur Baterai Sepeda Motor Listrik Viar. *Metrotech (Journal Of Mechanical And Electrical Technology)*, 2(1), 1–6. <https://doi.org/10.33379/Metrotech.V2i1.2047>.
- [10] Rahayu, R. R., Artanto, R. D., & Lustiar, D. (2023). Rancang Bangun Alat Pemadam Kebakaran Otomatis Berbasis Nodemcu Esp8266 Dan Menggunakan Bot Telegram Sebagai Notifikasi Kebakaran. 1(1).
- [11] Sitorus, J. H. P., & Sakban, M. (N.D.). Perancangan Sistem Informasi Penjualan Berbasis Web Pada Toko Mandiri 88 Pematangsiantar.
- [12] Sandova, F. O. P., Ramadhan, D. N., & Pd, S. (N.D.). Otomatisasi Alat Pemadam Api Ringan Berbasis Iot Menggunakan Esp32.
- [13] Supri Supri. (2023). Tinjauan Literatur Tentang Strategi Inovatif Dalam Menangani Kebakaran Pada Kendaraan Listrik. *Jupiter: Publikasi Ilmu Keteknikan Industri, Teknik Elektro Dan Informatika*, 1(6), 42–48. <https://doi.org/10.61132/jupiter.V1i6.186>
- [14] Syibly, A. A., Hermawan, A. C., Rahmadian, R., & Widyartono, M. (2024). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Dan Pemadam Kebakaran Berbasis Mikrokontroler Dilengkapi Notifikasi Sms Gateway Dengan Baterai. 6.
- [15] adi Darmo, A. N. S. (2023). ILMU BAHAN. Pustaka Rumah C1nta