

Mitigasi Risiko Kebakaran Kendaraan Listrik GATe dalam Keadaan Darurat Area Landside Yogyakarta International Airport

Dendy Fu'at Prasetyo¹ Wahyudono² Nunuk Praptiningsih³

Program Studi Pertolongan Kecelakaan Pesawat dan Pemadam Kebakaran, Program Diploma III, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang, Banten, Indonesia^{1,2,3}

Email: dendyfuatprasetyo2001@gmail.com¹ wahyudonoppi@gmail.com²
nunuk.praptiningsih@ppicurug.ac.id³

Abstrak

Abstrak Kendaraan listrik GATe (Gadjahmada Airport Transporter Electric) telah dioperasikan di area landside Yogyakarta International Airport sebagai kendaraan operasional berbasis baterai lithium, yang memiliki karakteristik risiko berbeda dari kendaraan konvensional karena berpotensi mengalami overheating, thermal runaway, dan re-ignition, sementara fasilitas charging station khusus dan checklist inspeksi harian kendaraan listrik belum tersedia. Penelitian terdahulu yang relevan masih berfokus pada karakteristik teknis baterai lithium-ion dan keselamatan kendaraan listrik jalan raya secara umum, tanpa mengaitkannya dengan konteks operasional bandar udara, sehingga penelitian ini bertujuan mengkaji potensi risiko, potensi keadaan darurat, dan upaya mitigasi risiko kebakaran kendaraan listrik GATe di area landside Yogyakarta International Airport. Penelitian menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan deskriptif studi kasus, karena bertujuan memperoleh pemahaman mendalam mengenai fenomena berdasarkan perspektif partisipan pada kondisi alamiah. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara semi-terstruktur kepada empat informan yang dipilih dengan teknik purposive sampling, serta dokumentasi, dan diperiksa keabsahannya melalui triangulasi teknik, kemudian dianalisis menggunakan model interaktif Miles dan Huberman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa potensi risiko kebakaran kendaraan GATe dipengaruhi oleh karakteristik baterai lithium-ion, kondisi sistem kelistrikan, dan efektivitas sistem pengendalian operasional; potensi keadaan darurat, menurut proyeksi informan, berupa kebakaran dengan durasi penanganan lebih panjang akibat kebutuhan pendinginan dan pemantauan pascapemadaman; sedangkan upaya mitigasi telah berjalan matang pada pemeliharaan kendaraan dan koordinasi antarunit, tetapi masih tertinggal pada instrumen inspeksi harian dan prosedur penanganan khusus kendaraan listrik. Penelitian ini merekomendasikan penerapan rancangan Daily Inspection Checklist kendaraan listrik GATe sebagai instrumen pelengkap untuk memperkuat identifikasi bahaya pada tahap pra-operasional guna mendukung keselamatan operasional bandar udara.

Kata Kunci: Mitigasi Risiko; Kendaraan Listrik Gate; Baterai Lithium-Ion; Keadaan Darurat; Keselamatan Operasional Bandar Udara



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

PENDAHULUAN

Bandar udara sebagai prasarana transportasi memerlukan kendaraan operasional pendukung mobilitas di area landside. Seiring upaya pengurangan emisi, Yogyakarta International Airport (YIA) mengoperasikan kendaraan listrik GATe (Gadjahmada Airport Transporter Electric) buatan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, yang direncanakan sebanyak tujuh unit namun baru satu unit dioperasikan pada tahap awal (Universitas Gadjah Mada, 2022). Fasilitas pendukung, termasuk charging station khusus, masih dalam tahap pengembangan sehingga pengisian daya dilakukan menggunakan charger portabel bawaan kendaraan, sementara baterai lithium berpotensi mengalami peningkatan suhu tidak terkendali (thermal runaway) yang memicu kebakaran bahkan ledakan (Dai & Panahi, 2025) serta kecenderungan re-ignition setelah pemadaman. Risiko ini bukan sekadar potensi teoretis; kebakaran depot bus listrik di Stuttgart, Jerman pada 2021 menegaskan potensi kebakaran

nyata pada kendaraan berbaterai lithium-ion (Sustainable Bus, 2021), yang menjadi perhatian penting apabila terjadi di area landside dengan tingkat kepadatan tinggi, mengingat kebakaran kendaraan listrik memiliki karakteristik pelepasan panas tinggi dan lebih sulit dipadamkan dibandingkan kendaraan konvensional (Bisschop et al., 2019).

Aspek keselamatan bandar udara telah diatur melalui Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 95 Tahun 2021 tentang standar teknis dan operasional keselamatan bandar udara (Republik Indonesia, 2021) dan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 140 Tahun 2015 tentang program penanggulangan keadaan darurat keamanan penerbangan nasional (Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 140, 2015), sedangkan baterai lithium dikategorikan sebagai barang berbahaya (dangerous goods) dalam ICAO Technical Instructions on the Safe Transport of Dangerous Goods by Air (International Civil Aviation Organization, 2024). Namun demikian, penelusuran terhadap lima penelitian relevan terbaru (Held et al., 2022; Kalaikkannal & Gobinath, 2025; Kazak & Tok, 2025; Naiek et al., 2025; Shen et al., 2024) menunjukkan bahwa kajian yang ada masih berfokus pada karakteristik teknis baterai lithium-ion, thermal runaway, dan keselamatan kendaraan listrik jalan raya secara umum, tanpa mengaitkannya dengan konteks operasional bandar udara.

Kesenjangan tersebut menunjukkan bahwa penelitian yang mengkaji mitigasi risiko kebakaran kendaraan listrik pada konteks operasional bandar udara, khususnya kendaraan GATe di area landside Yogyakarta International Airport, belum ditemukan pada penelusuran yang dilakukan. Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada penempatan analisis risiko kebakaran kendaraan listrik secara spesifik pada konteks operasional landside bandar udara, mencakup pemeriksaan pra-operasional, kesiapsiagaan personel Aircraft Rescue and Fire Fighting (ARFF), dan penanganan awal di lapangan, bukan sekadar pada karakteristik teknis baterai sebagaimana mendominasi penelitian terdahulu. Kesenjangan ini diperkuat oleh temuan awal di lapangan: kendaraan GATe telah dioperasikan di area landside untuk mendukung mobilitas penumpang, namun belum ditemukan checklist inspeksi harian yang secara khusus digunakan untuk memeriksa kondisi baterai, sistem kelistrikan, maupun komponen keselamatan kendaraan sebelum dioperasikan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui potensi risiko penggunaan kendaraan listrik GATe di area landside Yogyakarta International Airport, (2) mengetahui potensi keadaan darurat yang dapat ditimbulkan akibat kebakaran kendaraan listrik GATe, dan (3) merumuskan upaya mitigasi risiko kebakaran kendaraan listrik GATe dalam keadaan darurat di area landside Yogyakarta International Airport, sehingga diharapkan dapat mendukung keselamatan operasional bandar udara serta kesiapsiagaan penanganan keadaan darurat kendaraan listrikian.

Penelitian Terdahulu yang Relevan

No	Penulis/ Tahun	Judul	Tujuan	Metode	Hasil	Kontribusi dan relevansi
1	Held et al. (2022)	Thermal Runaway and Fire of Electric Vehicle Lithium-Ion Batteries	Menjelaskan karakteristik thermal runaway dan kebakaran baterai lithium-ion kendaraan listrik	Tinjauan teknis/ eksperiment al	Kebakaran baterai lithium-ion memiliki pelepasan panas tinggi serta potensi re-ignition yang menyulitkan pemadaman	Berfokus pada karakteristik teknis baterai secara umum, belum dikaitkan dengan konteks operasional bandar udara
2	Shen et al. (2024)	Fire Safety of Battery Electric Vehicles: Hazard Identification,	Mengidentifikasi bahaya dan strategi mitigasi kebakaran	Tinjauan literatur (review)	Thermal runaway menghasilkan gas berbahaya dan pelepasan panas	Membahas kendaraan listrik secara umum, tidak spesifik pada

		Detection, and Mitigation	kendaraan listrik		tinggi yang meningkatkan risiko penyebaran kebakaran	kendaraan operasional bandar udara
3	Naiek et al. (2025)	Battery Electric Vehicle Safety Issues and Policy: A Review	Meninjau isu keselamatan dan kebijakan kendaraan listrik baterai	Tinjauan kebijakan (policy review)	Perkembangan kendaraan listrik perlu didukung sistem keselamatan, pengawasan, dan kebijakan yang baik	Berskala kebijakan nasional/industri, belum menyentuh kesiapsiagaan ARFF di level operasional bandara
4	Kalaikkanal & Gobinath (2025)	A Review on Lithium-ion Battery Failure Risks and Mitigation Strategies for Electric Vehicles	Mengkaji risiko kegagalan baterai dan strategi mitigasinya	Tinjauan literatur (review)	Mitigasi risiko dapat dilakukan melalui pengawasan kendaraan, pemeriksaan baterai, dan kesiapsiagaan penanganan darurat	Bersifat umum untuk kendaraan listrik jalan raya, belum mempertimbangkan karakteristik area landside bandara
5	Kazak & Tok (2025)	Fire Safety in Electric Vehicles with Lithium-ion Batteries	Mengkaji kesiapan petugas pemadam dalam menangani kebakaran kendaraan listrik	Tinjauan literatur (review)	Petugas penanganan darurat perlu memahami karakteristik kebakaran baterai lithium-ion dan metode pemadaman yang tepat	Fokus pada petugas pemadam kebakaran umum, belum spesifik pada personel ARFF bandar udara

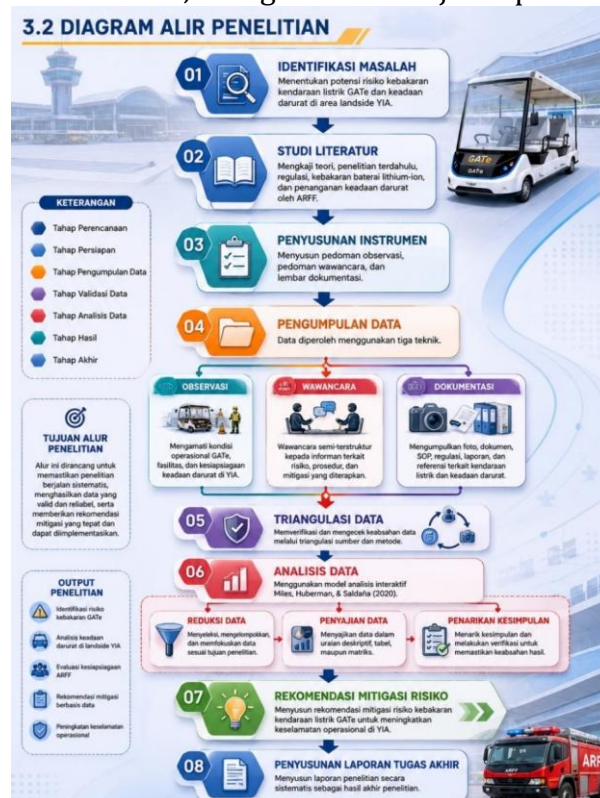
Berdasarkan penelitian terdahulu tersebut, diketahui bahwa penelitian mengenai kendaraan listrik pada lingkungan bandar udara masih sangat terbatas, terutama yang berkaitan dengan kendaraan operasional berbasis baterai lithium. Belum ditemukan penelitian yang secara khusus membahas mitigasi risiko kebakaran kendaraan listrik GATe yang beroperasi pada area landside bandar udara dengan mempertimbangkan potensi keadaan darurat serta kesiapsiagaan ARFF, sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi potensi risiko, menganalisis potensi keadaan darurat, serta merumuskan upaya mitigasi risiko kebakaran kendaraan listrik GATe guna mendukung keselamatan operasional bandar udara di Yogyakarta International Airport.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan deskriptif studi kasus untuk memperoleh gambaran mendalam mengenai potensi risiko kebakaran kendaraan listrik GATe buatan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada serta upaya mitigasi yang dapat diterapkan dalam mendukung keselamatan operasional bandar udara, sebagaimana lazim pada penelitian kualitatif yang memahami suatu fenomena berdasarkan perspektif partisipan pada kondisi alamiah (Creswell & Creswell, 2018). Penelitian melibatkan variabel mandiri deskriptif (Sugiyono, 2020), yaitu kondisi operasional dan potensi risiko kendaraan listrik GATe, serta upaya mitigasi dan kesiapsiagaan penanganan keadaan darurat.

Populasi penelitian meliputi seluruh personel yang memiliki keterkaitan dengan operasional kendaraan listrik GATe dan penanganan keadaan darurat di Yogyakarta International Airport. Sampel ditentukan menggunakan teknik purposive sampling (Sugiyono, 2020) dengan empat informan, yaitu petugas operasional kendaraan GATe sebagai informan utama, ARFF Maintenance Supervisor, ARFF Operation Supervisor, dan personel Aircraft Rescue and Fire Fighting (ARFF) sebagai informan pendukung. Objek penelitian adalah kendaraan listrik GATe yang beroperasi di area landside Yogyakarta International Airport. Data dikumpulkan melalui observasi langsung terhadap kondisi operasional kendaraan, fasilitas pendukung, dan dokumen operasional; wawancara semi-terstruktur kepada keempat

informan; serta dokumentasi berupa foto kendaraan, perangkat pengisian daya, dan checklist operasional. Keabsahan data diuji melalui triangulasi teknik dengan membandingkan hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi. Data dianalisis menggunakan model interaktif Miles dan Huberman sebagaimana dikutip dalam Sugiyono (2020), meliputi reduksi data, penyajian data, serta penarikan dan verifikasi kesimpulan. Penelitian dilaksanakan di area landside Yogyakarta International Airport pada November 2025 sampai Agustus 2026, dengan tahapan penelitian mulai dari identifikasi masalah, studi literatur, dan penyusunan instrumen, dilanjutkan dengan pengumpulan data, analisis data, hingga penyusunan rekomendasi mitigasi risiko kebakaran kendaraan listrik GATe, sebagaimana disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil penelitian diperoleh melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi di area landside Yogyakarta International Airport. Observasi menunjukkan bahwa kendaraan listrik GATe dioperasikan dalam kondisi normal sebagai kendaraan operasional untuk mendukung mobilitas penumpang, menggunakan baterai lithium sebagai sumber energi utama, pada area dengan tingkat aktivitas pengguna jasa yang cukup tinggi. Potensi bahaya yang teridentifikasi meliputi gangguan sistem kelistrikan, overheating, thermal runaway, dan kebakaran baterai lithium. Checklist operasional yang tersedia saat ini berfungsi sebagai pencatatan penggunaan kendaraan, dan belum ditemukan Daily Inspection Checklist yang secara khusus memuat pemeriksaan kondisi baterai, sistem kelistrikan, maupun komponen keselamatan kendaraan, sebagaimana dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Observasi dan Temuan Utama

No	Aspek yang Diamati	Hasil Observasi
1	Kondisi operasional kendaraan	Beroperasi normal sebagai kendaraan operasional bandar udara
2	Sumber energi kendaraan	Menggunakan baterai lithium sebagai tenaga utama

3	Lingkungan operasional	Area landside dengan aktivitas pengguna jasa dan kendaraan operasional yang cukup tinggi
4	Potensi bahaya yang teridentifikasi	Gangguan sistem kelistrikan, overheating, thermal runaway, dan kebakaran baterai lithium
5	Kondisi checklist kendaraan	Tersedia checklist operasional umum; belum tersedia checklist inspeksi harian khusus kendaraan listrik
6	Fasilitas pengisian daya	Belum tersedia charging station khusus; pengisian daya menggunakan charger portabel bawaan kendaraan



Gambar 2. Pengisian Daya Kendaraan Listrik GATe

Wawancara semi-terstruktur dilakukan kepada empat informan yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling: penanggung jawab operasional kendaraan GATe sebagai informan utama, serta ARFF Maintenance Supervisor, ARFF Operation Supervisor, dan personel ARFF sebagai informan pendukung. Informan I menjelaskan bahwa pemeriksaan kendaraan sebelum dioperasikan masih mengacu pada pengalaman operator karena belum tersedia checklist inspeksi harian khusus, sedangkan proses pengisian daya telah dilakukan sesuai prosedur operasional dan belum pernah terjadi kebakaran maupun gangguan serius pada baterai. Informan II menjelaskan bahwa kebakaran kendaraan listrik berbaterai lithium-ion berpotensi menimbulkan thermal runaway yang dapat dipicu oleh kerusakan baterai, gangguan kelistrikan, benturan, maupun kegagalan pengisian daya, sehingga memerlukan media pemadam dan metode pendinginan yang sesuai. Informan III menjelaskan bahwa penanganan keadaan darurat kendaraan listrik mengacu pada Airport Emergency Plan dan prosedur ARFF yang berlaku umum, namun belum terdapat SOP khusus penanganan kebakaran kendaraan listrik GATe. Informan IV menjelaskan bahwa penanganan kebakaran kendaraan listrik memerlukan pendinginan baterai secara menyeluruh serta pemantauan berkelanjutan terhadap potensi re-ignition. Keempat informan secara konsisten merekomendasikan peningkatan kompetensi personel, penyusunan SOP khusus, dan penyusunan Daily Inspection Checklist kendaraan listrik, sebagaimana dirangkum pada Tabel 3.

Informan	Peran	Temuan Utama
I-1	Penanggung jawab operasional kendaraan GATe	Pemeriksaan kendaraan masih mengacu pada pengalaman operator; belum tersedia checklist inspeksi harian khusus
I-2	ARFF Maintenance Supervisor	Thermal runaway dapat dipicu kerusakan baterai, gangguan kelistrikan, benturan, atau kegagalan charging; diperlukan media pemadam khusus
I-3	ARFF Operation Supervisor	Penanganan darurat mengacu pada AEP dan SOP umum; belum terdapat SOP khusus kendaraan listrik
I-4	Personel ARFF	Penanganan memerlukan pendinginan baterai menyeluruh dan pemantauan potensi re-ignition

Pembahasan

Penggunaan baterai lithium-ion sebagai sumber energi utama menyebabkan kendaraan GATe memiliki karakteristik risiko berbeda dari kendaraan konvensional. Potensi risiko dipengaruhi oleh tiga aspek yang saling berkaitan, yaitu karakteristik baterai lithium-ion, kondisi sistem kelistrikan, dan efektivitas sistem pengendalian operasional; ketiganya tidak secara langsung menyebabkan kebakaran, tetapi berpotensi berkembang menjadi kondisi berbahaya apabila tidak dikenali sejak tahap operasional, terutama pada area landside dengan aktivitas pengguna jasa tinggi. Pola temuan ini sejalan dengan konsep hazard identification, risk assessment, dan risk control dalam ICAO Annex 19 dan ICAO Doc 9859 (International Civil Aviation Organization, 2013, 2018), serta selaras dengan Held et al. (2022) mengenai pelepasan panas tinggi dan re-ignition, Shen et al. (2024) mengenai thermal runaway sebagai bahaya utama, dan Kalaikkanal dan Gobinath (2025) mengenai pentingnya pemeriksaan baterai dan sistem kelistrikan. Ketiga penelitian tersebut membahas karakteristik risiko baterai dari sudut teknis namun belum menempatkannya dalam konteks sistem operasional bandar udara, sedangkan temuan penelitian ini mengindikasikan bahwa besarnya risiko turut dipengaruhi oleh efektivitas sistem pengendalian operasional yang diterapkan sebelum kendaraan digunakan. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 95 Tahun 2021 mewajibkan penyelenggara bandar udara menyediakan sistem keselamatan operasional yang sesuai karakteristik kegiatan bandar udara, sedangkan ICAO Technical Instructions mengategorikan baterai lithium sebagai dangerous goods yang menuntut penanganan khusus, ketentuan yang relevan langsung dengan temuan bahwa sistem inspeksi kendaraan GATe belum sepenuhnya menyesuaikan karakteristik baterai lithium-ion.

Hingga penelitian ini dilaksanakan, belum pernah terjadi insiden kebakaran kendaraan listrik GATe di Yogyakarta International Airport, sehingga uraian mengenai karakteristik keadaan darurat berikut bersumber dari proyeksi persepsi informan berbasis pelatihan, literatur, dan pengalaman menangani kebakaran kendaraan konvensional, bukan pengalaman langsung. Berdasarkan proyeksi tersebut, kebakaran kendaraan GATe berpotensi berkembang menjadi gangguan terhadap keselamatan pengguna jasa dan operasional area landside, mengingat tingginya aktivitas pada lokasi tersebut, dan dinilai memiliki kompleksitas lebih tinggi dibandingkan kendaraan konvensional karena potensi thermal runaway dan re-ignition yang menuntut pendinginan dan pemantauan berkelanjutan hingga kondisi baterai dipastikan stabil. Pandangan ini relatif beragam di antara informan dari unit ARFF, sejalan dengan Held et al. (2022) dan Shen et al. (2024) mengenai karakteristik teknis kebakaran baterai lithium-ion, serta relevan dengan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 140 Tahun 2015 mengenai koordinasi penanganan keadaan darurat dan ICAO Doc 9137 mengenai identifikasi dini potensi bahaya (International Civil Aviation Organization, 2015). Ketiadaan insiden hingga saat ini tidak dapat dimaknai sebagai bukti bahwa risiko telah sepenuhnya terkelola, namun juga bukan dasar untuk memastikan proyeksi tersebut akan terjadi persis demikian; keduanya tetap perlu diantisipasi melalui upaya mitigasi.

Upaya mitigasi risiko kebakaran kendaraan listrik GATe dapat dipetakan ke dalam empat komponen dengan tingkat kematangan berbeda: pemeliharaan kendaraan dan koordinasi antarunit tergolong cukup matang karena merupakan bagian dari rutinitas operasional bandar udara secara umum, sedangkan instrumen inspeksi harian khusus dan prosedur penanganan kebakaran kendaraan listrik masih tertinggal karena menuntut penyesuaian spesifik terhadap karakteristik baterai lithium-ion yang belum dilakukan. Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini menyusun rancangan Daily Inspection Checklist kendaraan listrik GATe yang mencakup kondisi fisik kendaraan, baterai lithium-ion, sistem kelistrikan, sistem pengisian daya, dan komponen keselamatan, sebagai instrumen pelengkap, bukan pengganti, prosedur

pemeriksaan yang telah berlaku, sekaligus sebagai luaran konseptual yang belum diujicobakan langsung di lapangan. Temuan ini sejalan dengan Zhi et al. (2024) mengenai deteksi dini kondisi baterai, Peraturan Gubernur Bali Nomor 48 Tahun 2019 mengenai inspeksi berkala dan prosedur pengisian daya, Kalaikkanal dan Gobinath (2025) mengenai pemeriksaan rutin sebagai lapis pertahanan pertama, serta Kazak dan Tok (2025) mengenai pentingnya peningkatan kompetensi personel penanganan keadaan darurat. Ketentuan ini juga sejalan dengan amanat Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 95 Tahun 2021 serta siklus risk control dalam Safety Management System menurut ICAO Annex 19, ICAO Doc 9859, dan ICAO Doc 9137 (International Civil Aviation Organization, 2013, 2015, 2018).

Secara keseluruhan, temuan penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat risiko kendaraan listrik di lingkungan bandar udara bukan semata fungsi dari karakteristik teknologi baterai, melainkan hasil interaksi antara karakteristik tersebut dengan efektivitas sistem operasional yang menyertainya; efektivitas pengendalian risiko lebih banyak ditentukan oleh kekuatan tindakan preventif dibandingkan kesiapan tindakan responsif; besarnya konsekuensi keadaan darurat diperkirakan lebih ditentukan oleh durasi dan kompleksitas penanganan pascakejadian dibandingkan skala kebakaran itu sendiri; keempat komponen mitigasi merupakan satu sistem yang saling menopang sehingga kelemahan pada sistem inspeksi berpotensi membebani kesiapsiagaan penanganan darurat; dan integrasi teknologi kendaraan listrik ke lingkungan bandar udara menuntut penyesuaian sistem keselamatan yang spesifik terhadap karakteristik baterai lithium-ion, bukan sekadar perluasan sistem keselamatan generik yang sudah ada. Temuan ini bersifat kontekstual pada studi kasus tunggal dengan empat informan dan tanpa preseden insiden kebakaran nyata, sehingga sebaiknya dimaknai sebagai hipotesis kerja (*working hypothesis*) yang layak diuji lebih lanjut pada konteks bandar udara lain yang mengadopsi kendaraan listrik serupa, bukan sebagai generalisasi yang telah terbukti berlaku umum.

KESIMPULAN

Potensi risiko penggunaan kendaraan listrik GATe di area landside Yogyakarta International Airport bersumber dari karakteristik inheren baterai lithium-ion yang rentan mengalami overheating dan thermal runaway apabila terjadi gangguan sistem kelistrikan, kerusakan fisik, maupun kesalahan pengisian daya, serta berpotensi disertai re-ignition setelah api tampak padam; risiko ini belum diimbangi sistem pengendalian yang memadai karena pemeriksaan kendaraan belum didukung Daily Inspection Checklist khusus yang memeriksa kondisi baterai dan sistem kelistrikan. Potensi keadaan darurat akibat kebakaran kendaraan listrik GATe, menurut proyeksi informan, berupa kebakaran dengan durasi penanganan yang lebih panjang dibandingkan kendaraan konvensional karena menuntut pendinginan dan pemantauan lanjutan hingga kondisi baterai dipastikan stabil, yang diperberat oleh lokasi operasional kendaraan yang berdekatan dengan aktivitas pengguna jasa. Upaya mitigasi risiko kebakaran kendaraan listrik GATe telah berjalan matang pada sisi pemeliharaan kendaraan dan koordinasi antarunit, namun belum didukung instrumen inspeksi harian dan prosedur operasional khusus kendaraan listrik, sehingga penelitian ini menghasilkan rancangan Daily Inspection Checklist kendaraan listrik GATe sebagai instrumen pelengkap untuk memperkuat identifikasi bahaya pada tahap pra-operasional, disertai rekomendasi penerapan checklist tersebut oleh pengelola kendaraan, pemanfaatan data Battery Management System untuk pemeliharaan prediktif, penyusunan prosedur operasional khusus penanganan kebakaran kendaraan listrik oleh unit ARFF, serta uji coba penerapan checklist pada penelitian selanjutnya, guna mendukung keselamatan operasional bandar udara secara preventif, terintegrasi, dan berkelanjutan. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Yogyakarta

International Airport, unit Aircraft Rescue and Fire Fighting, serta seluruh informan penelitian atas kesediaan dan dukungan data yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bisschop, R., Willstrand, O., Amon, F., & Rosengren, M. (2019). Fire safety of lithium-ion batteries in road vehicles (RISE Report 2019:50). RISE Research Institutes of Sweden.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (5th ed.). SAGE Publications.
- Dai, Y., & Panahi, A. (2025). Thermal runaway process in lithium-ion batteries: A review. *Next Energy*, 6, 100186. <https://doi.org/10.1016/j.nxener.2024.100186>
- Held, M., Tuchschnid, M., Zennegg, M., Figi, R., Schreiner, C., Mellert, L. D., Welte, U., Kompatscher, M., Hermann, M., & Nachef, L. (2022). Thermal runaway and fire of electric vehicle lithium-ion battery and contamination of infrastructure facility. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 165, 112474. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112474>
- International Civil Aviation Organization. (2013). Annex 19: Safety management (1st ed.). ICAO.
- International Civil Aviation Organization. (2015). Airport services manual: Part I — Rescue and fire fighting (Doc 9137, 4th ed.). ICAO.
- International Civil Aviation Organization. (2018). Safety management manual (Doc 9859, 4th ed.). ICAO.
- International Civil Aviation Organization. (2024). Technical instructions for the safe transport of dangerous goods by air (Doc 9284). ICAO.
- Kalaikkannal, K., & Gobinath, N. (2025). A review on lithium-ion battery failure risks and mitigation indices for electric vehicle applications. *Applied Energy*, 393, 126139. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2025.126139>
- Kazak, D., & Tok, E. C. (2025). Fire safety in electric vehicles with lithium-ion batteries. *ARCENG (International Journal of Architecture and Engineering)*, 5(1), 229–253. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15714568>
- Naiek, S. M., Aunguthar, S., Harper, C., & Hendrickson, C. (2025). Battery electric vehicle safety issues and policy: A review. *World Electric Vehicle Journal*, 16(7), 0–18. <https://doi.org/10.3390/wevj16070365>
- Peraturan Gubernur Bali Nomor 48 Tahun 2019 tentang Penggunaan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai. (2019).
- Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 140 Tahun 2015 tentang Program Penanggulangan Keadaan Darurat Keamanan Penerbangan Nasional. (2015). Menteri Perhubungan Republik Indonesia.
- Republik Indonesia. (2021). Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 95 Tahun 2021 tentang Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 tentang Aerodrome. *Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 1438*.
- Shen, R., Quan, Y., McIntosh, J. D., Salem, A., & Wang, Q. (2024). Fire safety of battery electric vehicles: Hazard identification, detection, and mitigation. *SAE International Journal of Electrified Vehicles*, 13(3), 279–294. <https://doi.org/10.4271/14-13-03-0024>
- Sugiyono. (2020). Metode penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D. Alfabeta.
- Sustainable Bus. (2021). SBB Stuttgart fire electric bus depot. Sustainable Bus.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan. (2009).
- Universitas Gadjah Mada. (2022). Mobil listrik buatan UGM akan digunakan di Bandara YIA. UGM.
- Zhi, M., Liu, Q., Xu, Q., Pan, Z., Sun, Q., Su, B., Zhao, H., Cui, H., & He, Y. (2024). Review of prevention and mitigation technologies for thermal runaway in lithium-ion batteries. *Aerospace Traffic and Safety*, 1(1), 55–72. <https://doi.org/10.1016/j.aets.2024.06.002>