

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Landasan Teori**

##### **1. Bangunan Gedung**

Bangunan gedung adalah struktur fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas permukaan tanah, di atas perairan, maupun sebagian berada di atas keduanya, serta dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan seperti hunian, peribadatan, pekerjaan, aktivitas sosial budaya, dan kegiatan khusus (Ariyanto, 2020). Menurut Peraturan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No.24, 2008) tentang pedoman pemeliharaan bangunan gedung, fungsi dari bangunan gedung meliputi fungsi hunian, keagamaan, usaha, sosial dan budaya, serta fungsi khusus adalah ketentuan mengenai pemenuhan persyaratan administratif dan persyaratan teknis bangunan gedung. Di antara berbagai fasilitas di sisi darat, terminal bandar udara merupakan fasilitas yang sangat penting untuk mengkomodasi pergerakan naik turunnya penumpang.



**Gambar II.1 Gedung bandara I Gusti Ngurah Rai**

*(Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2026)*

Berdasarkan peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 20 Tahun 2005 mengenai Pemberlakuan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk Terminal Penumpang Bandar Udara, terminal wajib difungsikan sebagai penghubung antara sistem transportasi darat dan transportasi udara. Bangunan ini harus mampu memfasilitasi berbagai aktivitas transisi secara terstruktur, mulai dari perpindahan penumpang dari area publik menuju pesawat atau sebaliknya, proses *check-in*, *boarding*, kedatangan, transit, transfer, hingga penanganan bagasi yang aman dan tertib. Adapun penggolongan bangunan gedung berdasarkan fungsi dan peruntukannya sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri PUPR Nomor 26/PRT/M/2008 dilakukan untuk memastikan setiap bangunan dirancang sesuai karakteristik serta pemanfaatannya, sehingga aspek keselamatan, kenyamanan, dan keamanan dapat terjamin secara optimal.

- a. Kelas 1: Bangunan gedung hunian biasa ( Pribadi & Asrama)
- b. Kelas 2: Bangunan gedung hunian.
- c. Kelas 3: Bangunan gedung di luar kelas 1 dan kelas 2.
- d. Kelas 4: Bangunan gedung hunian campuran.
- e. Kelas 5: Bangunan gedung kantor.
- f. Kelas 6: Bangunan gedung perdagangan.
- g. Kelas 7: Bangunan gedung penyimpanan/gudang.
- h. Kelas 8: Bangunan gedung laboratorium/industri/pabrik .
- i. Kelas 9: Bangunan gedung umum.
- j. Kelas 10: Bangunan gedung atau struktur yang bukan hunian.

Bangunan gedung yang tidak diklasifikasikan khusus. Dengan demikian, bangunan terminal bandara termasuk dalam bangunan kelas 9, yaitu bangunan gedung umum.

## 2. Sistem Proteksi Kebakaran

Sistem proteksi kebakaran merupakan mekanisme keselamatan yang bertujuan untuk mendeteksi, mengendalikan, dan meminimalisir dampak kebakaran pada bangunan dan penghuninya, baik melalui perangkat otomatis maupun melalui struktur fisik bangunan. Sistem ini umumnya

terbagi menjadi dua jenis utama, yaitu proteksi aktif dan proteksi pasif. Proteksi aktif mencakup perangkat yang bekerja secara otomatis dalam mendeteksi dan merespons kebakaran, seperti detektor asap, detektor panas, alarm kebakaran, serta *sprinkler* yang dapat memberikan peringatan dini dan tindakan awal terhadap potensi kebakaran (Triswanto *et al.*, 2025). Di sisi lain, proteksi pasif mencakup elemen struktural seperti material tahan api, pembagian kompartemen ruang, jalur evakuasi, serta pintu darurat yang dirancang untuk memperlambat penyebaran api dan memfasilitasi proses evakuasi secara aman (Sarmin *et al.*, 2025). Integrasi kedua sistem tersebut menjadi sangat penting karena peringatan dini tanpa dukungan jalur evakuasi yang efektif tidak akan menjamin keselamatan penghuni, oleh karena itu, pengembangan sistem proteksi kebakaran modern harus mempertimbangkan deteksi yang cepat serta kemampuan respon evakuasi yang dapat diandalkan dalam kondisi darurat.



Gambar II.2 Sistem Proteksi Pasif Bandara I Gusti Ngurah Rai  
(Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2026)

Gambar II.2 menunjukkan seorang petugas yang sedang membuka pintu darurat (*emergency exit*) secara manual di area gedung, yang merupakan bagian dari sistem proteksi pasif kebakaran. Kondisi ini menggambarkan bahwa akses pintu darurat masih tergantung pada tindakan manusia,

sehingga berpotensi menimbulkan keterlambatan saat proses evakuasi, terutama dalam situasi darurat yang penuh kepanikan.

Hal ini relevan dengan judul penelitian yang diangkat, yaitu pengembangan prototipe pembuka pintu *emergency* berbasis sensor asap dan panas. Melalui sistem otomatis yang dirancang, pintu darurat diharapkan dapat terbuka secara otomatis saat terdeteksi indikasi kebakaran, sehingga mampu mempercepat akses evakuasi dan meningkatkan keselamatan pengguna bangunan.

### 3. Sarana Jalan Keluar

Emergency exit atau pintu darurat merupakan bagian dari sarana jalan keluar yang dirancang untuk digunakan sebagai akses evakuasi ketika terjadi keadaan darurat, seperti kebakaran, gempa bumi, maupun kondisi lain yang mengancam keselamatan penghuni bangunan. Keberadaan emergency exit bertujuan untuk memberikan jalur keluar yang aman dan mudah diakses sehingga proses evakuasi dapat berlangsung dengan cepat, teratur, dan efektif dalam meminimalkan risiko korban jiwa maupun cedera. Menurut *National Fire Protection Association (NFPA) 101 Life Safety Code*, *emergency exit* harus memenuhi beberapa persyaratan, antara lain mudah dikenali, bebas dari hambatan, memiliki kapasitas yang memadai untuk menampung pergerakan penghuni, serta dapat diakses dengan cepat tanpa memerlukan prosedur yang rumit. Selain itu, pintu darurat harus dapat dibuka ke arah evakuasi dan dilengkapi dengan penandaan yang jelas agar mudah ditemukan pada kondisi darurat. Dalam lingkungan bandar udara, penyediaan emergency exit juga harus memperhatikan standar keselamatan yang ditetapkan oleh *International Civil Aviation Organization (ICAO)*.

Melalui Annex 14 Aerodromes dan dokumen terkait keselamatan fasilitas bandar udara, ICAO menekankan pentingnya tersedianya jalur dan akses evakuasi yang mampu mendukung perpindahan pengguna fasilitas menuju area aman secara cepat dan terorganisir ketika terjadi keadaan darurat.

Oleh karena itu, pintu darurat harus dirancang agar dapat berfungsi secara optimal sebagai bagian dari sistem keselamatan bandar udara. Fungsi utama emergency exit dalam proses evakuasi adalah menyediakan akses keluar alternatif ketika jalur normal tidak dapat digunakan akibat kondisi berbahaya. Keberadaan pintu darurat yang berfungsi dengan baik dapat mempercepat proses evakuasi, mengurangi potensi kepadatan pada jalur keluar, serta meningkatkan peluang keselamatan bagi pengguna bangunan. Pada fasilitas dengan tingkat mobilitas tinggi, seperti terminal bandar udara, efektivitas *emergency exit* menjadi faktor penting dalam mendukung keberhasilan proses penyelamatan pada saat terjadi keadaan darurat

#### 4. Konsep Keselamatan Kebakaran pada Bangunan

Sistem keselamatan kebakaran merupakan unsur vital dalam perlindungan bangunan karena berperan dalam mendeteksi indikasi awal terjadinya kebakaran sehingga tindakan penanganan dapat dilakukan secara cepat dan tepat. Umumnya, sistem ini memanfaatkan sensor asap, panas, maupun api yang bekerja dengan mengenali perubahan kondisi lingkungan, seperti peningkatan suhu dan munculnya partikel gas hasil pembakaran. Penelitian yang dilakukan oleh (Irdaus *et al.*, 2024) menunjukkan bahwa sensor asap tipe MQ-2 yang diintegrasikan dengan mikrokontroler mampu mendeteksi keberadaan asap secara dini dengan tingkat respons yang cepat, sehingga sangat efektif digunakan sebagai bagian dari sistem peringatan dan keselamatan kebakaran pada bangunan publik. Dengan demikian, penggunaan teknologi sensor dalam sistem proteksi kebakaran menjadi solusi penting untuk mendukung upaya evakuasi dan meminimalkan risiko kerugian akibat kebakaran.

Sistem proteksi kebakaran aktif merupakan rangkaian peralatan yang dirancang untuk mendeteksi sekaligus merespons kejadian kebakaran secara otomatis guna mengurangi dampak kerusakan dan meningkatkan keselamatan penghuni bangunan. Sistem ini biasanya meliputi detektor asap, detektor panas, alarm kebakaran, serta perangkat pengendali yang

bekerja secara terintegrasi. Menurut penelitian (Fauzan *et al.*, 2025), penggunaan detektor panas dan asap yang dihubungkan dengan sistem kendali berbasis mikrokontroler terbukti mampu mempercepat proses deteksi awal kebakaran dan mengaktifkan mekanisme tanggap darurat secara otomatis, sehingga sangat efektif diterapkan pada fasilitas publik yang memiliki tingkat risiko tinggi terhadap kebakaran.

#### 5. Komponen Perangkat Keras Prototipe.

Komponen perangkat keras merupakan bagian utama dalam sistem prototipe pembuka pintu *emergency* berbasis sensor asap dan panas. Seluruh komponen dirancang untuk bekerja secara terintegrasi untuk mendeteksi indikasi kebakaran, memproses data, serta mengaktifkan mekanisme pembukaan pintu secara otomatis. Pemilihan komponen yang tepat sangat penting agar sistem memiliki tingkat akurasi tinggi, respons cepat, serta stabilitas kerja yang baik dalam kondisi darurat. Menurut penelitian Rusmala Dewi & Ramadhan (2025), keberhasilan sistem otomatis berbasis mikrokontroler sangat dipengaruhi oleh kesesuaian antara sensor, unit pengendali, serta aktuator yang digunakan dalam rangkaian. Oleh karena itu, setiap perangkat keras dalam penelitian ini dipilih berdasarkan fungsi spesifik yang mendukung sistem keselamatan kebakaran.

##### 1. Arduino Uno



Gambar II.3 Arduino

(Sumber: <https://www.arduinoindonesia.id/2017/02/arduino-uno.html>)

Arduino Uno adalah sebuah papan mikrokontroler (alat elektronik kecil) yang berfungsi sebagai otak atau pengendali utama dari suatu rangkaian elektronik. Arduino Uno berfungsi sebagai pengendali

utama dalam suatu sistem elektronik. Arduino Uno digunakan untuk menerima data dari perangkat masukan (*input*) seperti sensor, kemudian mengolah data dan selanjutnya memberikan perintah kepada perangkat keluaran (*output*). Arduino Uno menggunakan bahasa pemrograman yang sangat sederhana dan mudah dipahami, namun di balik itu, Arduino Uno memiliki kelebihan harga yang relatif murah dibandingkan dengan sistem kontrol industri lainnya, sehingga efisien untuk pengembangan prototipe.

## 2. Sensor Asap Mq-2

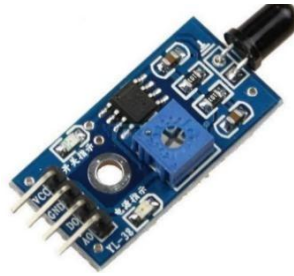


Gambar II.4 Sensor Asap Mq-2

(Sumber: <https://www.arduinoindonesia.id/2024/06/review-sensor-gas-mq-2-deteksi-gas-dengan-arduino.html>)

Sensor asap MQ-2 adalah sebuah sensor yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan asap dan gas mudah terbakar di udara. Sensor ini bekerja dengan cara membaca perubahan konsentrasi gas atau asap, kemudian mengubahnya menjadi sinyal listrik yang dapat dibaca oleh mikrokontroler seperti Arduino. Sensor asap MQ-2 digunakan sebagai salah satu komponen pendukung dalam sistem deteksi dini kebakaran di lingkungan bandar udara. Dalam konteks PKP-PK, sensor ini berperan sangat penting dalam memberikan peringatan awal terhadap potensi terjadinya kebakaran, sehingga tindakan evakuasi dan pemadaman awal dapat dilakukan secara cepat dan tepat oleh personel PKP-PK.

### 3. Sensor Api (*Head Sensor*)



*Gambar II.5 Sensor Api*

(Sumber: <https://www.arduinoindonesia.id/2023/03/penjelasan%20tentang%20sensor%20api-flame-sensor.html>)

Sensor panas adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi perubahan suhu atau peningkatan panas di suatu ruangan atau area tertentu. Sensor ini bekerja dengan cara mengukur suhu lingkungan, kemudian memberikan sinyal ketika suhu tersebut melebihi batas normal yang telah ditentukan.

### 4. Buzzer



*Gambar II.6 Buzzer*

(Sumber: <https://www.edukasiaelektronika.com/2025/05/jenis-jenis-buzzer-dan-perbedaannya-aktif-vs-pasif.html>)

*Buzzer* adalah sebuah komponen elektronik yang berfungsi sebagai alat pemberi tanda suara (*alarm*). *Buzzer* digunakan untuk menghasilkan bunyi ketika menerima sinyal kejadian, sehingga dapat memberikan peringatan atau pemberitahuan kepada pengguna bahwa suatu kondisi tertentu sedang terjadi. Dalam sistem keselamatan kebakaran, *buzzer* berfungsi sebagai alarm suara yang memberikan peringatan dini ketika sensor asap atau sensor panas mendeteksi kondisi berbahaya.

#### 5. Servo Sg90



Gambar II.7 Servo

(Sumber: <https://www.edukasielektronika.com/2020/12/motor-servo-sg90.htm>)

Servo SG90 adalah sebuah motor servo berukuran kecil yang digunakan untuk menggerakkan atau memutar suatu benda pada sudut tertentu secara presisi (ketepatan). Motor servo ini banyak digunakan pada sistem otomatis karena mampu bergerak sesuai perintah dan berhenti pada posisi yang diinginkan, Penggunaan motor servo SG90 dipilih karena kemudahan dalam pengendaliannya.

#### 6. Relay 2 channels



Gambar II.8 Relay 2 channels

(Sumber: <https://www.cestore-mm.com/product/2-channel-relay-module-5v10a/>)

Relay 2-channel adalah sebuah modul relay yang memiliki dua saklar elektronik dalam satu papan rangkaian. Modul ini digunakan untuk mengendalikan dua perangkat listrik yang berbeda secara terpisah menggunakan sinyal listrik kecil dari mikrokontroler seperti Arduino. Relay 2 channel digunakan sebagai penghubung antara sistem

pengendali dengan aktuator, seperti *buzzer* dan *solenoid door lock*, sehingga sistem pembuka pintu otomatis dapat bekerja dengan aman.

#### 7. *Power supply* 12 volt



Gambar II.9 Power supply 12 volt

(Sumber: <https://technicalmakers.com/product/12-volt-5-amp-60-dc-switched-60watt-smps-power-supply-12v-5a-power-supply/>)

*Power supply* 12 volt adalah sebuah perangkat elektronik yang berfungsi untuk menyediakan sumber tegangan listrik sebesar 12 volt bagi rangkaian atau peralatan elektronik. Power supply ini mengubah seperti listrik atau baterai, menjadi tegangan 12 volt yang stabil dan aman.

#### 8. *Solenoid Doorlock*



Gambar II.10 Solenoid Doorlock

(Sumber: <https://www.walmart.com/ip/DC12V-1-1A-11-4mm-Electromagnetic-Solenoid-Lock-Assembly-for-Electirc-Lock-Cabinet-Door-Lock/208199926>)

Dalam sistem pintu darurat otomatis, solenoid doorlock digunakan untuk membuka kunci pintu secara otomatis ketika terjadi kondisi darurat, seperti terdeteksinya asap atau panas oleh sensor. Dengan adanya solenoid doorlock, pintu *emergency* dapat terbuka tanpa perlu dibuka secara manual, sehingga mempercepat proses evakuasi dan meningkatkan keselamatan.



Gambar II.11 Push Button

(Sumber: <https://www.kelasteknisi.com/2025/10/push-button-pengertian-jenis-cara-kerja-dan-manfaatnya.html>)

Dalam sistem pintu darurat otomatis, push button berfungsi sebagai perangkat masukan (input device) yang digunakan untuk memberikan perintah secara langsung kepada sistem kontrol. Komponen ini bekerja dengan cara menghubungkan atau memutuskan rangkaian listrik ketika tombol ditekan, sehingga menghasilkan sinyal yang dapat diproses oleh mikrokontroler atau modul kendali lainnya. Pada kondisi darurat, push button dapat dimanfaatkan sebagai tombol pembuka pintu (emergency release) yang memungkinkan pengguna mengaktifkan mekanisme pembukaan pintu secara cepat dan mudah. Penggunaan push button dalam sistem meningkatkan keandalan operasional karena menyediakan metode aktivasi manual yang sederhana, responsif, dan mudah diakses ketika diperlukan. Selain itu, integrasi komponen ini mendukung aspek keselamatan dengan memberikan alternatif pengendalian yang tetap dapat digunakan apabila terjadi gangguan pada sistem otomatis.

## B. Kajian Terhadap Relevan

Dalam penyusunan penelitian ini, penulis melakukan penelusuran pustaka terhadap sejumlah penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan fokus kajian, khususnya mengenai sistem deteksi kebakaran dan otomatisasi

keamanan berbasis mikrokontroler. Berbagai temuan serta keterbatasan dari kajian-kajian tersebut selanjutnya dijadikan sebagai landasan teori sekaligus acuan komparatif. Hal ini bertujuan untuk mengidentifikasi celah penelitian (*research gap*), sehingga inovasi prototipe pembuka pintu *emergency* yang dikembangkan dalam rancangan ini dapat memberikan solusi yang lebih aplikatif, responsif, dan terbaru.

Tabel II.1 Kajian Terhadap Relevan

| No | Peneliti & Tahun                       | Judul Penelitian                                                                                                               | Fokus Penelitian                                                                                                                                                                      | Kelemahan / Gap                                                                                              | Relevansi dengan Penelitian Saat Ini                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | (Fauzan <i>et al.</i> , 2025)          | Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Otomatis Menggunakan Sensor Berbasis Arduino                                        | Merancang dan membangun sistem pendeteksi kebakaran otomatis menggunakan mikrokontroler Arduino dan berbagai sensor, seperti sensor suhu (DHT11), sensor api ( <i>flame sensor</i> ). | Sistem belum terintegrasi dengan mekanisme evakuasi seperti pembukaan pintu darurat                          | penelitian ini mengembangkan sistem yang tidak hanya mendeteksi tetapi juga melakukan tindakan seperti pembuatan pembukaan pintu <i>emergency</i> untuk jalur evakuasi memiliki standar keselamatan lebih ketat dan mengkombinasi sensor asap dan sensor panas untuk meningkatkan tingkat keakuratan dalam mengenali kondisi kebakaran. |
| 2  | (Aulia Salsabila <i>et al.</i> , 2023) | Prototipe Sistem Monitoring Kebakaran Dengan Mikrokontroler Di Klinik Pratama Mitra Insani Dengan Menggunakan Metode Black Box | Terletak pada kemampuan deteksi awal kebakaran dan penyampaian informasi peringatan, tanpa menekankan pada sistem respon mekanis terhadap kondisi darurat                             | Belum mengombinasikan sistem deteksi dengan pengaman pintu darurat yang dapat mendukung keselamatan penghuni | penelitian ini dikembangkan dengan menambahkan mekanisme tindakan otomatis berupa pembukaan pintu <i>emergency</i> berbasis sensor asap dan panas, sehingga tidak hanya berfungsi sebagai sistem peringatan, tetapi juga sebagai sarana pendukung                                                                                       |

|   |                          |                                                                                                                |                                                                                                                                  |                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                         |
|---|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                          |                                                                                                                |                                                                                                                                  |                                                                                                                                 | keselamatan dan percepatan evakuasi pada kondisi darurat                                                                                                                                                                |
| 3 | (Fauza & Muthalib, 2022) | Sistem Pengamanan Pintu Otomatis Menggunakan Sensor radio Frequency Identification (RFID) berbasis Arduino uno | perancangan sistem pintu darurat otomatis berbasis mikrokontroler yang memanfaatkan sensor sebagai pendeteksi kondisi lingkungan | Sistem belum menggunakan kombinasi multi-sensor kebakaran secara spesifik seperti sensor asap dan sensor panas secara bersamaan | penelitian ini mengembangkan inovasi prototipe pembuka pintu <i>emergency</i> berbasis sensor asap dan panas yang dirancang khusus untuk meningkatkan keselamatan dan mempercepat evakuasi pada lingkungan bandar udara |

Berdasarkan hasil kajian terhadap penelitian terdahulu, dapat diketahui bahwa sebagian besar penelitian hanya berfokus pada satu aspek utama, yaitu sistem deteksi kebakaran atau sistem otomatisasi, tanpa adanya integrasi yang menyeluruh antara keduanya. Yang dimaksud dengan sistem deteksi kebakaran adalah perangkat atau metode yang digunakan untuk mengenali tanda-tanda awal kebakaran, seperti adanya asap, peningkatan suhu, atau munculnya api, biasanya menggunakan sensor seperti *smoke detector*, *heat detector*, atau *flame sensor*.

Sistem ini umumnya hanya berfungsi untuk memberikan informasi atau peringatan bahwa telah terjadi indikasi kebakaran sedangkan sistem otomatisasi lebih menitikberatkan pada tindakan atau respon yang dilakukan setelah kebakaran terjadi, seperti mengaktifkan alarm, menyalakan *sprinkler*, membuka pintu darurat, atau mengirimkan notifikasi kepada petugas. Namun, pada banyak penelitian, sistem otomatisasi ini tidak terhubung langsung dengan sistem deteksi secara *real-time*, melainkan bekerja secara terpisah atau masih memerlukan intervensi manusia untuk mengaktifkannya. Penelitian oleh Fauzan *et al.*(2025) dan Aulia Salsabila *et al.*(2023) masih terbatas pada fungsi deteksi dan pemberian peringatan dini, sehingga belum mampu memberikan solusi nyata dalam mendukung proses evakuasi secara langsung. Sementara itu, penelitian Fauza & Muthalib (2022) memang telah mengembangkan sistem

pintu otomatis, namun belum dirancang secara spesifik untuk kondisi kebakaran karena tidak menggunakan kombinasi sensor asap dan sensor panas sebagai indikator utama keadaan darurat. Keterbatasan tersebut menunjukkan bahwa penelitian sebelumnya belum sepenuhnya memenuhi kebutuhan sistem keselamatan pada fasilitas dengan tingkat risiko tinggi seperti Bandara I Gusti Ngurah Rai, yang memiliki mobilitas penumpang tinggi dan standar keselamatan yang ketat. Dalam kondisi darurat seperti kebakaran, tidak hanya diperlukan sistem deteksi yang cepat, tetapi juga sistem respons otomatis yang mampu mendukung proses evakuasi secara efektif dan efisien. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan karena mengintegrasikan sistem deteksi kebakaran dengan mekanisme pembukaan pintu *emergency* secara otomatis berbasis sensor asap dan panas, sehingga diharapkan mampu memberikan solusi yang lebih aplikatif, responsif, dan sesuai dengan kebutuhan keselamatan di lingkungan bandar udara.