

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keselamatan kerja dan keamanan lingkungan menjadi perhatian utama dalam berbagai bidang, terutama di sektor industri, rumah tangga, dan fasilitas publik. Salah satu risiko yang sering dihadapi adalah terjadinya kebocoran gas dan kebakaran yang dapat menyebabkan kerusakan parah, bahkan korban jiwa. Gas seperti LPG, metana, dan propana merupakan bahan bakar yang mudah terbakar dan sangat berbahaya apabila bocor di ruang tertutup tanpa ventilasi yang baik. Banyak insiden kebakaran terjadi karena keterlambatan dalam mendeteksi kebocoran gas atau munculnya api secara tiba-tiba tanpa sistem pemantauan yang memadai. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM), pada tahun 2022 tercatat lebih dari 1.500 kasus kebakaran yang disebabkan oleh kebocoran gas LPG di Indonesia. Jumlah tersebut menunjukkan bahwa sistem deteksi dini terhadap gas mudah terbakar sangatlah krusial dalam upaya mitigasi bencana (KESDM, 2022). Sistem pendeteksi konvensional yang bersifat statis dan hanya mencakup satu titik deteksi sangat terbatas dalam menjangkau area yang luas atau tersembunyi. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi yang lebih dinamis dan adaptif, salah satunya adalah dengan menggunakan teknologi robotika (KESDM, 2022).

Robot mobile memiliki keunggulan karena dapat bergerak ke berbagai area untuk memantau kondisi lingkungan secara langsung. Dalam penelitian ini, dikembangkan sebuah robot mobil cerdas yang dilengkapi dengan sensor

pendeteksi gas (MQ-2), sensor api (*flame sensor*). Robot ini dikendalikan oleh komputer *mini Orange Pi* , yang memiliki kemampuan pemrosesan data tinggi dan fleksibilitas dalam komunikasi jaringan. Salah satu keunggulan utama dalam sistem ini adalah penggunaan kamera 360°, yang memungkinkan pengguna memantau kondisi lingkungan secara menyeluruh tanpa perlu memutar posisi robot secara fisik. Kamera ini mengirimkan tampilan visual *real-time* ke sebuah dashboard berbasis web, yang dikembangkan menggunakan *framework Flask*. Data dari seluruh sensor dan tampilan kamera dikemas dalam antarmuka visual yang dapat diakses dari jarak jauh, sehingga pengguna dapat mengambil keputusan lebih cepat dan tepat dalam keadaan darurat dengan menggabungkan sensor, sistem kontrol, robotika mobile, dan *Internet of Things* (IoT), sistem ini dirancang untuk memberikan solusi modern dalam deteksi dini kebakaran dan kebocoran gas. Penerapan teknologi ini tidak hanya meningkatkan keselamatan, tetapi juga memberikan efisiensi dan kecepatan dalam penanganan bahaya (Putra, F. H., & Anshori, I. 2020).

Seiring dengan perkembangan teknologi, konsep *Internet of Things* (IoT) telah memberikan dampak besar pada sistem otomasi dan pemantauan. IoT memungkinkan berbagai perangkat elektronik untuk saling terhubung dan bertukar data secara *real-time*. Integrasi IoT dalam sistem deteksi kebakaran dan gas memberikan peluang untuk mengembangkan sistem yang lebih canggih, responsif, dan terintegrasi dengan berbagai perangkat monitoring lainnya, namun sistem IoT statis sering kali memiliki keterbatasan dalam jangkauan area, terutama di lingkungan yang luas atau memiliki banyak ruang tersembunyi,

seperti pabrik, gudang, atau gedung bertingkat. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, penggabungan antara teknologi IoT dan *Robot mobile* menjadi solusi yang efektif. Dengan mobilitas yang dimilikinya, robot dapat mengeksplorasi lingkungan secara aktif, menjangkau area yang tidak dapat dijangkau sensor statis, serta melakukan pemindaian berkala secara otomatis (Supriyadi, D. 2021).

Penggunaan kamera 360° memperluas cakupan pengamatan *visual* dan mendukung kemampuan navigasi dan pengawasan menyeluruh, tanpa *blind spot*. Hal ini sangat penting untuk mendeteksi keberadaan api, asap, atau sumber kebocoran gas yang mungkin tidak terdeteksi oleh sensor secara langsung, selain itu pemanfaatan komputer *mini Orange Pi* memberikan keunggulan dalam pemrosesan data dan integrasi sistem karena mendukung sistem operasi Linux, berbagai bahasa pemrograman, serta komunikasi jaringan yang fleksibel. *Orange Pi* juga memungkinkan pengembangan aplikasi monitoring berbasis web sehingga pengguna dapat memantau kondisi lingkungan dari jarak jauh melalui laptop atau *smartphone* dengan semua keunggulan tersebut, sistem yang dikembangkan pada penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi nyata dan aplikatif dalam pencegahan dini kecelakaan akibat kebocoran gas dan kebakaran, serta mengurangi risiko keselamatan manusia yang harus memasuki area berbahaya secara langsung (Saputra, D., & Prabowo, A. 2021).

Sistem robot ini dirancang sebagai solusi *mobile* cerdas untuk mendeteksi dan merespons potensi bahaya kebakaran serta kebocoran gas secara otomatis. *Orange Pi* berfungsi sebagai unit pemroses pusat (*main controller*) yang mengintegrasikan seluruh komponen input dan output robot. Proses kerja dimulai

ketika robot dinyalakan dan seluruh sensor aktif melakukan pemantauan lingkungan secara *kontinu*.

Sensor gas (seperti MQ-2 atau MQ-5) digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas mudah terbakar seperti LPG, butana, atau karbon monoksida. Jika gas terdeteksi melebihi ambang batas tertentu, *Orange Pi* akan mencatatnya sebagai sinyal bahaya dan mengirimkan data tersebut ke antarmuka pemantauan. Sementara itu, sensor api (*flame sensor*) berfungsi mendeteksi cahaya infra-merah dari nyala api, dan sensor suhu dapat memperkuat konfirmasi kondisi kebakaran. Jika kombinasi data dari sensor api dan suhu menunjukkan kondisi yang sesuai dengan parameter kebakaran, maka robot akan segera bereaksi selain menggunakan sensor api dan gas robot mobil ini juga dilengkapi dengan sensor *ultrasonik* yang ditempatkan di bagian depan robot untuk mendeteksi keberadaan rintangan atau dinding, memungkinkan robot melakukan navigasi secara *otonom* dengan menghindari tabrakan dan menyesuaikan arah gerak menggunakan algoritma kontrol sederhana seperti *obstacle avoidance*. Navigasi ini memungkinkan robot bergerak menyusuri area target secara efisien.

Untuk pemantauan visual, robot dilengkapi kamera 360 derajat yang menangkap citra menyeluruh tanpa *blind spot*, lalu mentransmisikan gambar secara *real-time* ke *dashboard* web melalui jaringan Wi-Fi. Ini memberi pengguna kemampuan melihat kondisi di sekitar robot dari jarak jauh, ketika robot mendeteksi adanya kebakaran, *Orange Pi* akan mengaktifkan modul aktuator, yaitu sistem *fire sprinkler* otomatis, yang akan menyemburkan air atau gas pemadam langsung ke sumber api berdasarkan data lokasi dari sensor dan kamera.

Semua data—baik dari sensor gas, api, suhu, dan posisi robot—akan terus diperbarui dan ditampilkan secara dinamis di dashboard berbasis web yang dapat diakses melalui komputer atau *smartphone*, dengan sistem ini, robot mampu melakukan deteksi dini, respon otomatis, navigasi cerdas, serta pemantauan jarak jauh, menjadikannya sangat efektif untuk diaplikasikan dalam area industri, perumahan, maupun fasilitas tertutup yang memiliki risiko kebakaran dan kebocoran gas tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun robot mobil yang mampu mendeteksi kebocoran gas dan kebakaran secara efektif menggunakan sensor MQ-2, *flame sensor*, dan sensor ultrasonik?
2. Bagaimana mengintegrasikan *Orange Pi* sebagai sistem kendali utama yang mampu memproses data sensor dan mengontrol pergerakan robot serta perangkat *output* lainnya?
3. Bagaimana mengatur logika kendali motor dan arah gerak robot berdasarkan data yang diterima dari sensor?
4. Bagaimana merancang robot mobil yang mampu bergerak secara otomatis untuk mendeteksi potensi bahaya di lingkungan sekitarnya?
5. Bagaimana memanfaatkan kamera 360° untuk memberikan tampilan *visual real-time* yang menyeluruh (tanpa *blind spot*) pada lingkungan sekitar robot?

6. Bagaimana sistem ini mampu memberikan peringatan dini terhadap potensi bahaya kebocoran gas atau kebakaran secara otomatis dan responsif?

1.3 Tujuan Masalah

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem robot mobil yang mampu bergerak dan melakukan pemantauan kondisi lingkungan secara dinamis untuk mendeteksi potensi kebocoran gas dan kebakaran.
2. Mengintegrasikan sensor gas (MQ-2), sensor api (*flame sensor*), dan sensor *ultrasonik* ke dalam satu sistem berbasis *Orange Pi* sebagai pusat pengendali.
3. Mengembangkan antarmuka *dashboard* berbasis web yang dapat menampilkan data sensor secara *real-time* serta memberikan akses visual melalui kamera 360°, sehingga pengguna dapat melakukan pemantauan jarak jauh.
4. Mengimplementasikan kamera 360° untuk memperluas cakupan pengawasan visual robot, sehingga pengguna dapat melihat seluruh area di sekitar robot tanpa perlu mengubah arah gerak robot secara fisik.
5. Menguji kinerja sistem secara fungsional, termasuk efektivitas sensor dalam mendeteksi bahaya, respon peringatan, kestabilan tampilan web, dan kemampuan kamera 360° dalam memantau lingkungan.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini memiliki fokus yang jelas dan dapat diselesaikan secara terarah, maka dilakukan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

- 1) Jenis sensor yang digunakan terbatas pada:
 - a) Sensor MQ-2 untuk mendeteksi keberadaan gas mudah terbakar (LPG, metana, asap).
 - b) *Flame sensor* untuk mendeteksi keberadaan nyala api.
 - c) Sensor ultrasonik untuk menceah robot supaya tidak bertabrakan.
- 2) Kamera yang digunakan adalah kamera 360° yang berfungsi sebagai pemantau visual lingkungan sekitar robot secara *real-time*. Kamera hanya digunakan untuk pengawasan, belum digunakan untuk sistem deteksi berbasis citra (*computer vision*).
- 3) Sistem kontrol pusat menggunakan komputer *mini Orange Pi* , yang menjalankan semua proses logika program, pengolahan data sensor, komunikasi, dan antarmuka web.
- 4) Robot dikendalikan secara otomatis,
- 5) Antarmuka monitoring dibangun menggunakan pemrograman C.
- 6) Sistem ini hanya diuji di lingkungan simulasi dalam ruangan (*indoor*), bukan pada area industri nyata atau luar ruangan (*outdoor*).

1.5 Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

- 1) Bagi Penulis

- a) Menambah wawasan dan pengalaman praktis dalam bidang robotika, pemrograman sistem *embedded*, serta penerapan *Internet of Things* (IoT) dalam konteks keselamatan.
 - b) Meningkatkan kemampuan dalam perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, khususnya dalam integrasi sensor, pengendalian motor, dan komunikasi data melalui *Orange Pi*.
 - c) Mengembangkan keterampilan dalam pengolahan data sensor dan visualisasi *real-time* menggunakan bahasa pemrograman *c*
 - d) Memberikan pemahaman lebih dalam mengenai penerapan kamera 360° untuk sistem pemantauan *visual* dan pengambilan keputusan berbasis data lingkungan.
 - e) Menjadi pengalaman penelitian yang aplikatif dan relevan untuk persiapan memasuki dunia kerja di bidang teknologi, automasi, dan keamanan.
- 2) Bagi Pengguna atau Industri
- a) Memberikan alternatif sistem deteksi kebakaran dan kebocoran gas yang *fleksibel* dan *portabel*, cocok diterapkan di lingkungan pabrik, gudang, maupun rumah tangga.
 - b) Menyediakan sistem pemantauan visual berbasis web yang dapat diakses dari jarak jauh, sehingga meningkatkan kecepatan respon terhadap keadaan darurat.
- 3) Bagi Akademisi atau Peneliti Lain

- a) Menjadi referensi penelitian terkait penerapan sistem kontrol robot berbasis *Orange Pi* dan sensor lingkungan.
- b) Menjadi dasar pengembangan lebih lanjut dalam penelitian di bidang robotika , *smart surveillance*, dan sistem cerdas berbasis IoT.

4) Bagi Program Studi

- a) Memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan kurikulum berbasis teknologi terkini, khususnya dalam bidang robotika, *embedded system*, dan *Internet of Things* (IoT).
- b) Menjadi bahan referensi dan literatur ilmiah bagi mahasiswa lain yang akan melakukan penelitian sejenis atau mengembangkan proyek berbasis *Orange Pi* , sensor lingkungan, dan kamera 360°.
- c) Meningkatkan kualitas penelitian mahasiswa di lingkungan program studi dengan memberikan contoh implementasi teknologi yang aplikatif dan sesuai dengan kebutuhan industri.
- d) Mendorong program studi untuk lebih aktif dalam mendorong riset-riset yang *inter disipliner*, menggabungkan elektronika, pemrograman, serta desain sistem kontrol dalam satu proyek terintegrasi.

5) Bagi Masyarakat

- a) Memberikan solusi teknologi alternatif yang dapat membantu masyarakat dalam mendeteksi kebocoran gas dan potensi kebakaran sejak dini, sehingga risiko kecelakaan dan kerugian dapat diminimalkan.

- b) Meningkatkan kesadaran akan pentingnya sistem deteksi dini berbasis teknologi untuk keselamatan di lingkungan rumah tangga, perkantoran, dan fasilitas umum.
- c) Mendorong pemanfaatan teknologi otomasi dan robotika yang terjangkau dan dapat diimplementasikan secara mandiri oleh masyarakat, khususnya di lingkungan rawan kebakaran atau kebocoran gas.
- d) Memberikan kontribusi terhadap upaya pencegahan bencana lokal dengan menyediakan sistem yang bisa dipantau jarak jauh, tanpa mengorbankan keselamatan manusia secara langsung.

1.6 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Diharapkan robot dapat dirancang dengan integrasi sensor MQ-2 sebagai pendeteksi gas dan asap, flame sensor sebagai pendeteksi nyala api, serta sensor ultrasonik untuk menghindari rintangan di sekitarnya. Sensor-sensor ini akan diletakkan pada posisi strategis di robot agar dapat melakukan deteksi secara menyeluruh dan efektif pada area sekitar.
- 2) Diharapkan *Orange Pi* mampu berfungsi sebagai otak sistem yang memproses semua *input* dari sensor dan mengontrol seluruh *output*, seperti motor DC, kamera 360°, *buzzer*, serta sistem pemadam otomatis. Dengan bahasa pemrograman *Python*, sistem dapat dikembangkan agar bekerja secara *real-time* dan responsif terhadap kondisi lingkungan.

- 3) Diharapkan logika kendali motor dikembangkan dalam bentuk kondisi “jika-maka” (*if-else*) berdasarkan data sensor. Contohnya, jika terdapat kebocoran gas atau terdeteksi api, maka robot akan berhenti dan mengaktifkan sistem notifikasi serta pemadam. Jika sensor ultrasonik mendeteksi hambatan di depan, maka robot akan berbelok untuk menghindarinya. Algoritma ini akan mengatur arah dan kecepatan motor secara dinamis.
- 4) Diharapkan robot dapat menjalankan mode otomatis (*autonomous*) dengan menyusuri area berdasarkan pola tertentu (misalnya zigzag atau *wall-following*), sambil terus memantau data dari sensor. Sensor ultrasonik akan membantu navigasi, sedangkan MQ-2 dan *flame sensor* akan terus memindai kondisi udara dan lingkungan untuk mendeteksi gas atau api.
- 5) Diharapkan kamera 360° dapat digunakan untuk menghasilkan tampilan video *real-time* dengan cakupan penuh terhadap lingkungan di sekeliling robot, sehingga pengguna dapat memantau kondisi sekitar tanpa titik buta (*blind spot*). Video dari kamera akan di-streaming melalui jaringan lokal ke antarmuka pengguna menggunakan protokol RTSP atau melalui *server Flask/WebRTC*.
- 6) Diharapkan sistem mampu mendeteksi nilai ambang batas tertentu pada sensor gas dan api, lalu secara otomatis mengaktifkan *buzzer* dan LED sebagai peringatan dini. Jika api terdeteksi, sistem juga akan mengaktifkan pompa dan menyemburkan air melalui *fire sprinkler* secara otomatis.

Dengan demikian, sistem bekerja secara cepat, tepat, dan mandiri untuk mengurangi risiko kebakaran lebih lanjut.