

# Sistem Deteksi Bahaya Lingkungan dan Intrusi Terintegrasi Berbasis IoT



# Abstrak

Kota Malang menghadapi tantangan keamanan ganda yang signifikan, yaitu intrusi dan pencurian serta bahaya lingkungan seperti kebakaran dan kebocoran gas LPG. Sistem keamanan konvensional umumnya memiliki celah dalam proteksi holistik karena hanya berfokus pada satu jenis ancaman. Sehingga diusulkan proyek dengan desain "Sistem Deteksi Bahaya Lingkungan dan Intrusi Terintegrasi berbasis IoT".

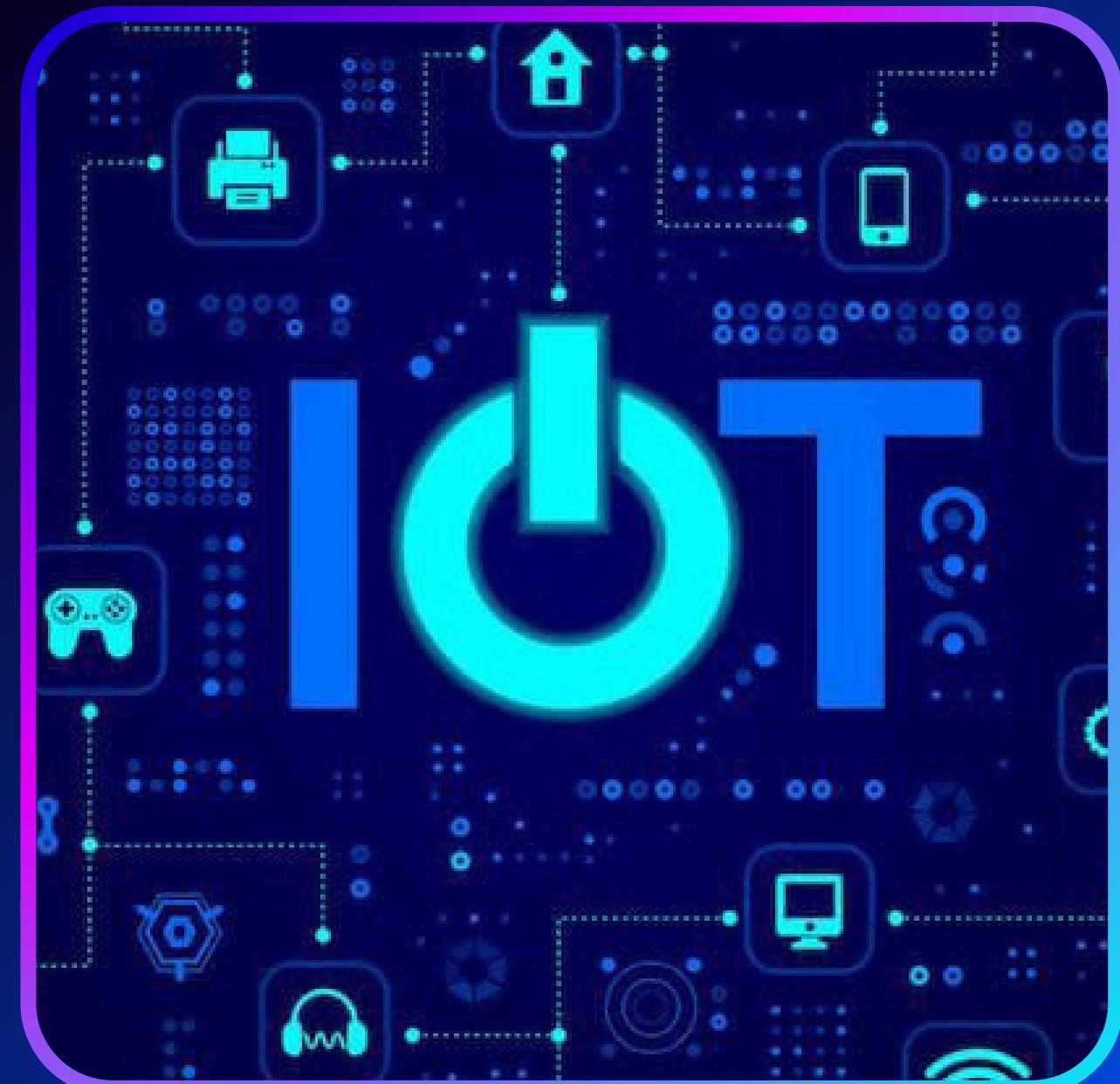
Proyek ini bertujuan merancang sistem yang mampu memonitor dan merespons berbagai bahaya secara simultan menggunakan model prototipe. Sistem memanfaatkan Arduino Uno sebagai pusat pemrosesan yang mengintegrasikan multi sensor. Hasil yang diharapkan adalah sistem fungsional, andal, dan terintegrasi yang meningkatkan keamanan lokal serta mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs).



# Latar Belakang

Keamanan merupakan salah satu pilar fundamental dalam mewujudkan kualitas hidup. Namun di kota-kota yang berkembang pesat seperti Kota Malang, dihadapkan oleh spektrum ancaman yang lebih kompleks. Analisis mendalam menunjukkan adanya dua kategori: ancaman kriminal dan bahaya lingkungan.

Data menunjukkan tingkat kerawanan Kota Malang yang signifikan (curat: 470 laporan; 13 kasus dalam satu minggu) dengan kawasan residensial sebagai target utama. Di sisi lain, kebakaran di lingkungan domestik dengan gas LPG sebagai pemicu utama telah menimbulkan kerugian material, luka bakar pada korban dan kerusakan pada bangunan. Kebocoran pada gas yang tidak terdeteksi secara dini dapat dengan cepat mencapai konsentrasi yang mudah terbakar dan meledak hanya dengan pemicu kecil. Ancaman ini, bersama dengan potensi kebakaran akibat korsleting listrik yang ditandai dengan kenaikan suhu abnormal, menuntut adanya sistem deteksi lingkungan yang andal dan bekerja secara kontinu.



# Latar Belakang

Oleh karena itu, inovasi yang paling relevan adalah pengembangan sebuah sistem tunggal yang terpadu, yang mampu memonitor dan merespons kedua jenis bahaya tersebut secara simultan. Pendekatan terintegrasi ini tidak hanya lebih efisien dari segi biaya dan infrastruktur, tetapi juga memberikan jaring pengaman yang lebih komprehensif bagi penghuni. Selain itu, upaya untuk meningkatkan keamanan di lingkungan residensial ini selaras dengan agenda Tujuan Pembangunan Berkelanjutan. Proyek ini secara langsung berkontribusi pada dua tujuan utama:

Dengan demikian, perancangan sistem deteksi bahaya lingkungan dan intrusi terintegrasi berbasis Internet of Things (IoT) ini bukan hanya merupakan sebuah solusi teknis untuk masalah lokal di Kota Malang, tetapi juga sebuah langkah konkret dalam menerapkan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan untuk menciptakan ruang hidup yang lebih aman, sehat, dan tangguh.



## SDG 11: Kota dan Pemukiman BerkelaJutan

Sistem yang diusulkan mendukung target 11.5, yaitu "secara signifikan jumlah orang yang terkena dampak dan secara substansial mengurangi kerugian ekonomi langsung... yang disebabkan oleh bencana."



## SDG 3: Kehidupan Sehat dan Sejahtera

Sistem ini relevan dengan Target 3.9, yaitu "secara substansial mengurangi jumlah kematian dan penyakit akibat bahan kimia berbahaya serta polusi dan kontaminasi udara, air, dan tanah"

# Rumusan Masalah

Bagaimana merancang arsitektur sistem IoT yang mampu mengintegrasikan deteksi berbagai jenis bahaya—intrusi, kebocoran gas, dan potensi kebakaran—secara simultan dan real-time menggunakan mikrokontroler Arduino Uno?

Bagaimana mendefinisikan ambang batas (threshold) sensor (MQ-2, Thermistor, HC-SR04, LDR) yang efektif untuk memicu respons sistem secara akurat dan meminimalkan alarm palsu (false positives)?

Bagaimana merancang mekanisme otomatis terkoordinasi (alarm suara, indikator visual, dan aktuator fisik) untuk memberikan peringatan dini dan tindakan mitigasi awal terhadap setiap jenis bahaya yang terdeteksi?

# Tujuan

Merancang arsitektur sistem deteksi bahaya terintegrasi berbasis Arduino Uno yang menggabungkan sensor gas (MQ-2), suhu (Thermistor), jarak ultrasonik (HC-SR04), dan cahaya (LDR).

Menentukan dan mengonfigurasi nilai ambang batas (threshold) untuk setiap sensor sebagai pemicu logika dalam sistem mengidentifikasi anomali.

Merancang alur kerja respons otomatis yang mencakup aktivasi buzzer, LED, dan motor servo sebagai mekanisme peringatan dan kontrol akses darurat.

# Manfaat

## **Manfaat Praktis (Masyarakat/Industri):**

- Meningkatkan keamanan dan keselamatan penghuni di lingkungan residensial Kota Malang dengan menyediakan sistem peringatan dini yang terjangkau dan komprehensif.
- Mengurangi potensi kerugian material dan korban jiwa yang diakibatkan oleh tindak pencurian, insiden kebakaran, dan kecelakaan akibat kebocoran gas.
- Menyediakan model dasar (blueprint) bagi pengembangan produk keamanan rumah pintar (smart home) berbiaya rendah yang dapat diakses oleh masyarakat luas, serta menjadi referensi bagi industri kecil dan menengah di bidang teknologi

# Manfaat

## **Manfaat Teoritis (Ilmu Pengetahuan):**

- Menjadi studi kasus implementasi sistem IoT multi-sensor yang terintegrasi untuk aplikasi manajemen risiko lingkungan dan keamanan siber-fisik.
- Memberikan kontribusi pada literatur akademik, khususnya di bidang Teknik Komputer dan sistem tertanam, mengenai desain dan logika kontrol sistem keamanan holistik.
- Menjadi referensi ilmiah dan panduan praktis bagi mahasiswa dan peneliti lain yang tertarik pada pengembangan solusi IoT untuk mengatasi permasalahan nyata di masyarakat.

# Tinjauan Pustaka

## Landasan Teori

Internet of Things (IoT) merujuk pada jaringan perangkat fisik yang dilengkapi sensor dan software untuk terhubung serta bertukar data. Arsitekturnya terdiri dari tiga lapisan utama: Persepsi, Jaringan, dan Aplikasi. Proyek ini berfokus pada Lapisan Persepsi, yaitu proses pengumpulan data dari lingkungan fisik via sensor yang kemudian diolah oleh Arduino Uno. Desain ini mengimplementasikan konsep dasar akuisisi data IoT tanpa menyertakan konektivitas internet (Lapisan Jaringan).

# Tinjauan Pustaka

## Landasan Teori

Arduino Uno R3 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328P yang menjadi pusat kendali sistem. Dilengkapi dengan 14 pin digital dan 6 pin analog, Arduino Uno sangat populer karena mudah digunakan dan memiliki banyak sumber daya pendukung. Dalam proyek ini, fungsinya meliputi membaca data sensor, menjalankan logika program untuk menganalisis data, membandingkan hasil dengan nilai acuan, dan mengaktifkan aktuator (buzzer, LED, servo) berdasarkan kondisi yang terdeteksi.

# Prinsip kerja sensor

## Sensor Gas MQ 2:

Sensor ini termasuk dalam kategori sensor semikonduktor oksida logam (metal-oxide semiconductor). Prinsip kerjanya didasarkan pada perubahan resistivitas lapisan sensor (biasanya terbuat dari SnO<sub>2</sub>) ketika terpapar gas tertentu.





# Prinsip kerja sensor

## Sensor Suhu (Thermistor):

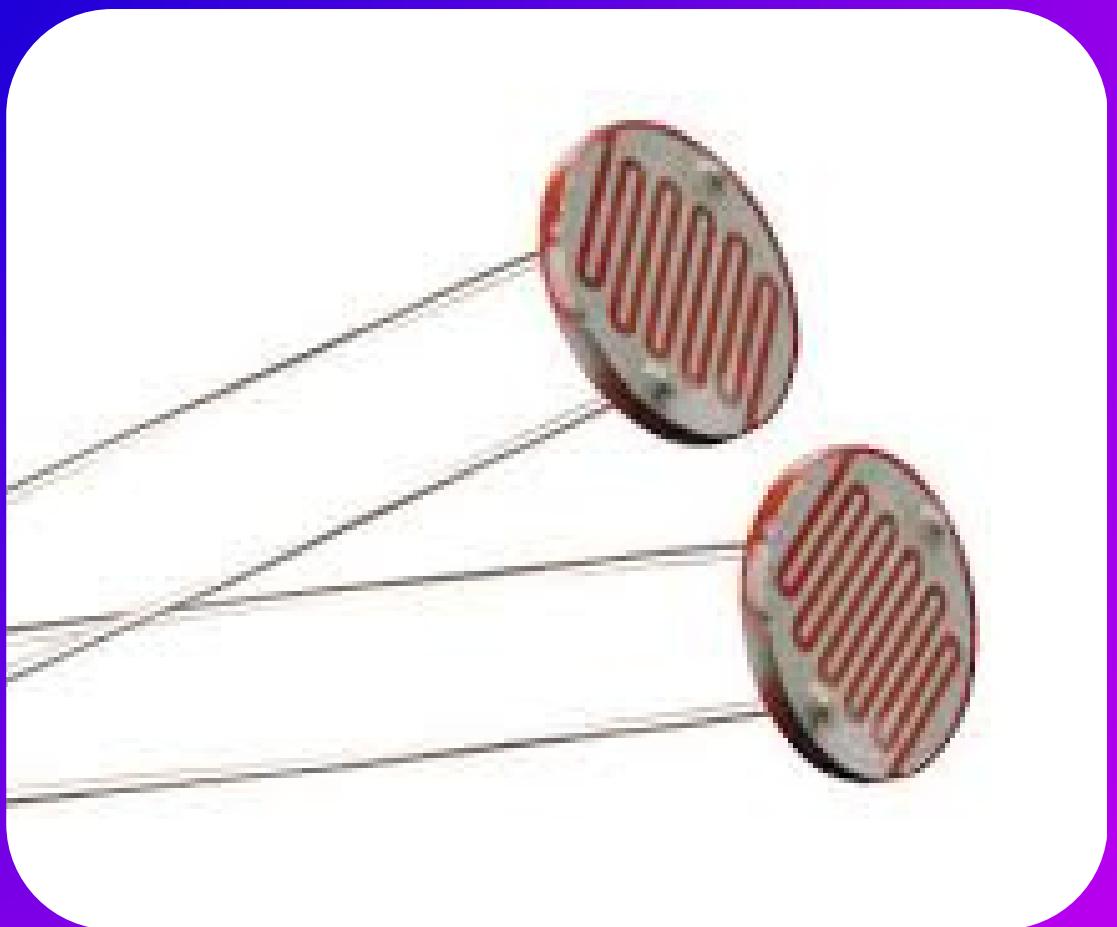
Thermistor yang digunakan dalam proyek ini adalah jenis Negative Temperature Coefficient (NTC), yang berarti resistansinya berbanding terbalik dengan suhu. Ketika suhu di sekitar sensor meningkat, resistansinya akan menurun. Dengan mengkonfigurasinya dalam rangkaian pembagi tegangan, perubahan resistansi ini dapat diubah menjadi sinyal tegangan analog yang dapat dibaca oleh Arduino. Kenaikan suhu yang drastis dan tidak wajar dapat diinterpretasikan sebagai tanda adanya potensi kebakaran.

# Prinsip kerja sensor

## Sensor Jarak Ultrasonik HC-SR04:

Sensor ini bekerja dengan prinsip sonar, menggunakan pemancar dan penerima. Prosesnya dimulai saat Arduino mengirim sinyal pemicu, membuat sensor memancarkan gelombang ultrasonik. Ketika gelombang ini mengenai objek, ia akan memantul kembali dan dideteksi oleh penerima. Arduino mengukur durasi waktu tempuh gelombang tersebut. Jarak kemudian dihitung menggunakan rumus:  $Jarak = (\text{Waktu Tempuh} \times \text{Kecepatan Suara}) / 2$ . Pada sistem ini, sensor digunakan untuk mendeteksi penyusup dengan memonitor area tertentu dan menyalakan alarm jika ada objek yang terdeteksi.





# Prinsip kerja sensor

## Sensor Cahaya (LDR - Light Dependent Resistor):

LDR adalah resistor peka cahaya yang resistansinya menurun ketika intensitas cahaya yang mengenainya meningkat. Seperti thermistor, LDR biasanya digunakan dalam rangkaian pembagi tegangan untuk menghasilkan output tegangan analog. Fungsinya dalam sistem ini adalah sebagai detektor kondisi anomali cahaya. Misalnya, di ruangan yang gelap pada malam hari, sorotan senter dari penyusup akan menyebabkan penurunan resistansi LDR secara tiba-tiba, yang dapat diinterpretasikan sebagai tanda adanya intrusi.

# Proyek-proyek Sejenis sebagai Pembanding



Tren Pertama: Sistem Keamanan Berfokus pada Deteksi Intrusi

Banyak penelitian berfokus secara eksklusif pada pencegahan tindak kriminalitas. Sebagai contoh, penelitian oleh Jayusman, dkk. (2024) merancang sistem keamanan rumah berbasis IoT yang menggunakan sensor Passive Infrared (PIR) sebagai komponen utama untuk mendeteksi gerakan. Penelitian lain oleh Prasetyo dan Satria memanfaatkan sensor PIR yang terhubung dengan modul GSM untuk mengirimkan notifikasi berupa SMS kepada pemilik rumah ketika terdeteksi adanya gerakan. Ada pula pengembangan yang lebih canggih, seperti yang dilakukan dalam penelitian oleh Sufa, dkk. (2018), yang mengintegrasikan sensor PIR dengan kamera IP untuk verifikasi visual. Sistem-sistem ini efektif dalam menangani ancaman pencurian, namun memiliki keterbatasan karena sama sekali tidak dirancang untuk mendeteksi bahaya lingkungan seperti api atau gas.



Kelompok penelitian lainnya berkonsentrasi pada mitigasi bencana domestik, terutama kebakaran dan kebocoran gas. Wungow, dkk. (2024) merancang sebuah alat deteksi kebakaran berbasis Arduino yang menggunakan kombinasi sensor api dan sensor asap untuk memberikan peringatan dini melalui buzzer dan notifikasi SMS. Penelitian serupa oleh Zidifaldi, dkk. (2022) juga mengembangkan sistem deteksi dini kebakaran dengan sensor api dan suhu yang terhubung ke IoT untuk notifikasi pada smartphone. Sementara itu, Hidayat, dkk. (2020) secara spesifik meneliti efektivitas berbagai jenis sensor gas (MQ-2, MQ-3, MQ-5) untuk mendeteksi kebocoran gas, dengan output berupa alarm lokal. Sistem-sistem ini sangat penting untuk keselamatan jiwa, namun tidak memiliki kapabilitas untuk mendeteksi adanya intrusi fisik.

# Proyek-proyek Sejenis sebagai Pembanding



Tren Kedua: Sistem Deteksi Bahaya Lingkungan



# Metodologi Perancangan Sistem

Untuk memastikan proses perancangan berjalan secara sistematis, terstruktur, dan mencapai tujuan yang telah ditetapkan, metodologi yang digunakan dalam proyek ini adalah Model Prototipe (Prototyping Model).

01

Pendekatan Penelitian

02

Tahapan Perancangan

03

Tools yang digunakan



# Arsitektur dan Cara Kerja Solusi

Sistem ini dirancang dengan arsitektur tiga lapis yang sederhana, khas untuk perangkat IoT pada level edge computing.

01

**Lapisan Input**

02

**Lapisan Pemrosesan  
(Arduino Uno)**

03

**Lapisan Output  
(Aktuator)**



# Hipotesis Hasil

## Prediksi Keluar Utama

Sistem akan beroperasi seperti yang telah dirancang secara fungsional. Secara spesifik, arsitektur sistem dihipotesiskan mampu mendeteksi semua target bahaya—kebocoran gas/asap, suhu tinggi, serta intrusi berbasis jarak dan cahaya—baik secara individual maupun simultan. Jika salah satu kondisi pemicu terpenuhi, sistem diharapkan akan mengeksekusi serangkaian respons multi-modal (suara, visual, dan fisik) secara akurat dan tepat waktu, mengikuti aturan yang telah ditetapkan dalam Matriks Logika

## Pencapaian Tujuan

Tujuan untuk merancang arsitektur sistem terintegrasi akan terpenuhi dengan adanya diagram arsitektur dan skema rangkaian yang menghubungkan Arduino Uno dengan keempat sensor dan ketiga aktuator.

2. Tujuan untuk menentukan nilai ambang batas akan tercapai dengan ditetapkannya nilai-nilai pemicu spesifik dalam matriks logika, yang menjadi dasar bagi perancangan perangkat lunak.
3. Tujuan untuk merancang alur kerja respons otomatis akan tercapai melalui definisi yang jelas mengenai tindakan yang diambil oleh setiap aktuator untuk setiap skenario bahaya yang terdeteksi.



# Hipotesis Hasil

## **Kesesuaian dengan Kajian Pustaka**

Hasil rancangan ini dihipotesiskan akan memperkuat dan memvalidasi celah penelitian yang telah diidentifikasi pada Bab II. Dengan berhasil merancang sebuah sistem keamanan residensial yang terintegrasi, komprehensif, dan berbiaya rendah, proyek ini akan menunjukkan kelayakan sebuah pendekatan holistik terhadap keamanan rumah. Hal ini akan menjadi sebuah kemajuan konseptual dari sistem-sistem fokus tunggal yang saat ini mendominasi literatur penelitian di bidang sistem keamanan berbasis mikrokontroler. Dengan demikian, desain yang dihasilkan tidak hanya akan selaras dengan teori dan konsep dasar IoT dan sistem tertanam, tetapi juga akan memberikan kontribusi baru dengan menyajikan sebuah model integrasi multi-bahaya yang praktis dan relevan.



# Daftar Pustaka

Hidayat, M. R., Christiono, C., & Sapudin, B. S. (2018). Perancangan sistem keamanan rumah berbasis IoT dengan NodeMCU ESP8266 menggunakan sensor PIR HC-SR501 dan sensor smoke detector. KILAT, 7(2), 139–148. <https://doi.org/10.33322/kilat.v7i2.357>

Tugumalang.id. (2025, Januari 1). Polres Malang catat kriminalitas menurun 13,17 persen. Diakses dari <https://tugumalang.id/polres-malang-catat-kriminalitas-menurun-1317-persen/>

United Nations. (n.d.). Goal 11: Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable. Sustainable Development Goals. Diakses pada 20 Oktober 2025, dari <https://sdgs.un.org/goals/goal11>

# Thank You

The future of cybersecurity relies on collaboration, innovation, and continuous learning. By staying ahead of emerging threats and embracing cutting-edge technologies, we can build a secure digital environment. At Thynk Unlimited, we are committed to shaping a future where cybersecurity is a driver of trust, growth, and opportunity.