



Pengembangan Smart Home Berbasis Sensor dan Machine Learning untuk Deteksi Kondisi Darurat

Dzikri Thoriq Al Ariiq

dzikrithoriqalarii05@gmail.com

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Bina Darma

Tata Sutabri

tata.sutabri@gmail.com

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Bina Darma

Alamat: Jalan Jenderal Ahmad Yani No.12 Plaju Palembang, Sumatera Selatan, 30264

Abstrak. *Smart home technology is developing as an innovative solution to improve security, comfort, and efficiency in residential environments. This study develops a smart home system that is able to detect and respond to emergency situations such as fire, gas leaks, and suspicious activities automatically and in real time. The system utilizes a combination of gas, fire, and motion sensors integrated with machine learning algorithms to recognize anomalous patterns from environmental data. The collected data is analyzed to detect potential hazards, and the system is designed to send early warnings to users via IoT devices. Evaluations are carried out on detection accuracy and response time in various simulation scenarios. The results show that the system is able to detect emergency conditions reliably with a high level of accuracy and fast response. This contribution is expected to strengthen the development of smart technology-based home security systems that are responsive and adaptive.*

Keywords: *smart home, emergency detection, environmental sensors, machine learning, automatic security*

Abstrak. Teknologi smart home berkembang sebagai solusi inovatif untuk meningkatkan keamanan, kenyamanan, dan efisiensi di lingkungan hunian. Penelitian ini mengembangkan sistem rumah cerdas yang mampu mendeteksi dan merespons situasi darurat seperti kebakaran, kebocoran gas, dan aktivitas mencurigakan secara otomatis dan waktu nyata. Sistem memanfaatkan kombinasi sensor gas, api, dan gerak yang terintegrasi dengan algoritma machine learning guna mengenali pola anomali dari data lingkungan. Data yang dikumpulkan dianalisis untuk mendeteksi potensi bahaya, dan sistem dirancang untuk mengirimkan peringatan dini kepada pengguna melalui perangkat IoT. Evaluasi dilakukan terhadap akurasi deteksi dan waktu respons dalam berbagai skenario simulasi. Hasil menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kondisi darurat secara andal dengan tingkat akurasi tinggi dan respons cepat. Kontribusi ini diharapkan dapat memperkuat pengembangan sistem keamanan rumah berbasis teknologi cerdas yang responsif dan adaptif.

Kata Kunci: rumah cerdas, deteksi darurat, sensor lingkungan, pembelajaran mesin, keamanan otomatis

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi Internet of Things (IoT) dan Artificial Intelligence (AI) telah mendorong munculnya berbagai inovasi dalam bidang otomasi rumah, salah satunya adalah implementasi konsep rumah cerdas (smart home). Sistem ini memungkinkan perangkat-perangkat rumah tangga untuk saling terhubung dan berinteraksi guna meningkatkan kenyamanan, efisiensi energi, serta keamanan bagi para penghuni. Tantangan utama dalam pengembangan rumah cerdas adalah menciptakan sistem yang mampu secara otomatis mengenali dan merespons kondisi darurat, seperti kebakaran, kebocoran gas, maupun aktivitas yang mencurigakan, dengan cepat dan akurat.

Penanganan kondisi darurat di lingkungan domestik memerlukan sistem yang dapat bekerja secara real-time dan memiliki akurasi tinggi. Untuk itu, dibutuhkan integrasi antara sensor lingkungan dengan teknologi machine learning yang mampu mempelajari pola kejadian dari data

yang dikumpulkan. Melalui pendekatan ini, sistem memperoleh kemampuan untuk mengidentifikasi anomali yang tidak dapat diprogram secara eksplisit menggunakan metode konvensional.

Di samping aspek deteksi, sistem juga perlu dilengkapi dengan mekanisme peringatan dini yang dapat diakses secara instan oleh pengguna, misalnya melalui notifikasi pada perangkat seluler atau perangkat IoT lainnya. Kecepatan sistem dalam mendeteksi dan merespons situasi darurat menjadi krusial dalam upaya penyelamatan jiwa maupun perlindungan aset. Selain itu, sistem harus memiliki fleksibilitas dan kemampuan skalabilitas agar dapat diadaptasi pada berbagai jenis hunian dengan karakteristik yang beragam.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem rumah cerdas yang mampu melakukan deteksi dini terhadap berbagai kondisi darurat dengan memanfaatkan kombinasi sensor dan algoritma pembelajaran mesin. Sistem dirancang untuk melakukan pemantauan berkelanjutan serta menyampaikan peringatan secara otomatis kepada penghuni rumah melalui perangkat yang terhubung. Dengan demikian, sistem diharapkan mampu memberikan kontribusi signifikan dalam menciptakan lingkungan tempat tinggal yang lebih aman, responsif, dan adaptif terhadap berbagai potensi ancaman. Selain itu, studi ini juga membuka peluang bagi pengembangan sistem prediktif yang dapat mengantisipasi risiko sebelum kondisi darurat benar-benar terjadi.

KAJIAN TEORITIS

Smart Home dan Otomatisasi Rumah

Rumah cerdas adalah sistem berbasis teknologi informasi yang memungkinkan otomatisasi berbagai fungsi rumah tangga melalui koneksi jaringan. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan kenyamanan dan keamanan serta mendukung efisiensi penggunaan energi. Seperti dijelaskan oleh Ahmad et al. (2020), konsep smart home mencakup kendali jarak jauh terhadap peralatan dan pemantauan kondisi lingkungan secara otomatis. Di era modern, smart home menjadi salah satu elemen penting dalam pengembangan kota pintar (smart city) karena kemampuannya dalam mengintegrasikan data, perangkat, dan respons pengguna dalam satu ekosistem digital. Selain itu, otomatisasi rumah yang didukung oleh sistem cerdas berpotensi besar dalam membantu kelompok rentan, seperti lansia dan penyandang disabilitas, dengan menyediakan notifikasi atau tindakan otomatis dalam kondisi darurat.

Identifikasi Situasi Darurat pada Lingkungan Rumah

Situasi darurat seperti kebakaran, kebocoran gas, atau aktivitas mencurigakan dapat menimbulkan risiko serius bagi penghuni rumah. Oleh karena itu, sistem smart home perlu dilengkapi dengan kemampuan deteksi awal terhadap ancaman tersebut. Chen et al. (2019) menegaskan bahwa integrasi sensor api, gas, dan gerak berperan penting dalam mendeteksi gejala-gejala awal kondisi bahaya. Deteksi dini memiliki peran strategis dalam mencegah eskalasi kerusakan, dan dapat memberikan waktu reaksi yang cukup bagi penghuni rumah maupun layanan darurat. Lebih lanjut, beberapa studi juga menyoroti pentingnya penggabungan antara deteksi sensor dan sistem notifikasi otomatis yang adaptif terhadap situasi.

Pemanfaatan Sensor untuk Pemantauan Lingkungan

Sensor merupakan elemen vital dalam pengambilan data dari lingkungan. Informasi dari sensor suhu, asap, gas, dan gerak dapat diolah untuk mengenali kondisi berisiko. Studi oleh Patel & Gupta (2021) menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi sensor secara simultan mampu meningkatkan efektivitas sistem otomatis dalam merespons bahaya. Selain sensor konvensional, teknologi baru seperti sensor optik dan kamera termal juga mulai digunakan untuk meningkatkan

akurasi pengenalan pola kejadian. Keandalan sensor, sensitivitas, serta kecepatan respons menjadi parameter penting dalam menilai efektivitas sistem pemantauan lingkungan berbasis sensor.

Peran Machine Learning dalam Analisis Data Lingkungan

Pembelajaran mesin menyediakan mekanisme untuk sistem belajar dari data dan membedakan kondisi normal serta anomali. Beberapa algoritma yang umum diterapkan antara lain Support Vector Machine (SVM), K-Nearest Neighbor (KNN), dan Decision Tree. Berdasarkan penelitian Kumar et al. (2022), metode ini mampu meningkatkan ketepatan sistem dalam mendeteksi kondisi darurat secara signifikan. Pemilihan algoritma juga sangat bergantung pada kompleksitas data, jumlah fitur, serta kebutuhan real-time sistem. Selain itu, beberapa pendekatan baru seperti deep learning dan ensemble methods juga mulai diterapkan untuk meningkatkan performa klasifikasi dan prediksi kondisi kritis pada lingkungan rumah.

Kajian Penelitian Sebelumnya

Prototipe sistem cerdas yang menggunakan sensor dan machine learning telah dikembangkan dalam berbagai penelitian, menunjukkan tren positif dalam adopsi teknologi untuk tujuan mitigasi risiko domestik. Namun, banyak dari sistem tersebut masih fokus pada satu jenis bahaya atau tidak mendukung deteksi real-time. Sebagian besar studi juga belum mengintegrasikan sistem dengan notifikasi berbasis IoT secara menyeluruh. Penelitian ini mengusulkan pendekatan yang lebih komprehensif dengan mendeteksi berbagai jenis bahaya secara simultan dan memberikan respons otomatis yang cepat. Dengan integrasi penuh antara sensor lingkungan, machine learning, dan sistem notifikasi real-time, diharapkan sistem ini dapat menjawab keterbatasan yang ada dalam penelitian sebelumnya serta meningkatkan nilai praktis dari smart home sebagai solusi preventif yang adaptif dan efisien.

METODOLOGI

Desain Sistem

Sistem smart home yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang untuk mendeteksi kondisi darurat menggunakan kombinasi sensor dan algoritma pembelajaran mesin. Sistem ini bekerja secara otomatis untuk mengidentifikasi bahaya dalam waktu nyata dan memberikan notifikasi kepada pengguna melalui perangkat yang terhubung. Desain sistem mencakup penggunaan berbagai jenis sensor (seperti sensor gas, api, dan gerak) yang terhubung ke pusat pengolahan data berbasis Internet of Things (IoT), yang kemudian memproses data untuk mendeteksi pola anomali terkait kondisi darurat.

Perangkat Keras yang Digunakan

Perangkat keras yang diterapkan dalam penelitian ini meliputi:

1. MQ-2 Gas Sensor: Sensor ini digunakan untuk mendeteksi gas berbahaya seperti karbon monoksida dan metana yang mungkin bocor di dalam rumah.
2. Flame Sensor: Digunakan untuk mendeteksi adanya api atau kebakaran yang dapat mengancam keselamatan penghuni rumah.
3. PIR Motion Sensor: Berfungsi untuk mendeteksi gerakan yang mencurigakan di dalam rumah, yang dapat menunjukkan adanya kegiatan yang tidak biasa.
4. IoT Gateway: Digunakan untuk menghubungkan sensor dengan server atau cloud untuk pemrosesan lebih lanjut.

Algoritma dan Perangkat Lunak

Dalam penelitian ini, algoritma Support Vector Machine (SVM) digunakan untuk klasifikasi data yang dikumpulkan oleh sensor, sementara Random Forest diterapkan untuk meningkatkan akurasi sistem dalam mendeteksi kondisi darurat. Setelah data diproses

menggunakan algoritma tersebut, sistem akan memberikan peringatan kepada pengguna apabila terjadi kondisi yang mencurigakan.

Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data dikumpulkan dari sensor yang dipasang di berbagai bagian rumah, yang meliputi informasi suhu, kelembaban, gas, dan gerakan. Setelah data dikumpulkan, dilakukan tahap pengolahan untuk mempersiapkan data tersebut agar dapat digunakan dalam algoritma machine learning. Proses ini meliputi normalisasi data, penanganan data yang hilang, dan transformasi fitur agar data dapat dianalisis dengan lebih efisien.

Pengujian dan Evaluasi Sistem

Setelah sistem diimplementasikan, dilakukan pengujian dengan mensimulasikan kondisi darurat, seperti kebakaran, kebocoran gas, dan pergerakan mencurigakan. Evaluasi sistem dilakukan dengan mengukur akurasi deteksi dan waktu respons terhadap kondisi darurat yang berbeda. Hasil pengujian dibandingkan dengan sistem lain untuk menilai efektivitas dan performa sistem yang dikembangkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Coba Sistem

Pada pengujian yang dilakukan dengan berbagai kondisi darurat, sistem berhasil mendeteksi berbagai jenis ancaman dengan tingkat akurasi yang tinggi. Dalam simulasi kebakaran, sistem mencapai akurasi deteksi sebesar 92%, sementara untuk kebocoran gas, tingkat akurasi deteksi mencapai 89%. Deteksi pergerakan mencurigakan memiliki akurasi sebesar 85%. Waktu respons sistem juga menunjukkan hasil yang memuaskan, dengan waktu deteksi rata-rata 3 detik untuk kebakaran dan kebocoran gas, serta 4 detik untuk pergerakan mencurigakan.

Evaluasi Akurasi dan Waktu Respons

Akurasi deteksi dievaluasi dengan membandingkan hasil deteksi sistem dengan kondisi sebenarnya dalam simulasi. Confusion matrix digunakan untuk menganalisis klasifikasi dari algoritma machine learning yang diterapkan. Pengujian menunjukkan bahwa algoritma Support Vector Machine (SVM) menghasilkan akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan Random Forest, meskipun algoritma Random Forest memberikan respons yang sedikit lebih cepat.

Analisis dan Pembahasan

Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan mampu mendeteksi kondisi darurat dengan sangat baik dalam waktu nyata. Namun, ada beberapa aspek yang dapat ditingkatkan, terutama dalam hal deteksi pergerakan, yang menunjukkan akurasi lebih rendah dibandingkan dengan deteksi kebakaran dan kebocoran gas. Hal ini dipengaruhi oleh faktor eksternal, seperti perubahan lingkungan yang memengaruhi kinerja sensor gerak.

Meskipun sistem memberikan respons yang cepat, ada ruang untuk perbaikan, terutama dalam hal mengurangi waktu deteksi, yang sangat penting dalam situasi darurat. Penggunaan sensor tambahan dan perbaikan algoritma untuk mengurangi kesalahan deteksi (false positives) dapat membantu meningkatkan performa sistem secara keseluruhan.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Penelitian ini telah merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem smart home berbasis sensor dan algoritma pembelajaran mesin, yang ditujukan untuk mengenali dan merespons berbagai kondisi darurat di lingkungan rumah secara otomatis dan real-time. Sistem ini memanfaatkan sinergi antara sensor suhu, asap, gas, dan gerak, yang dikombinasikan dengan

algoritma klasifikasi berbasis machine learning untuk mengenali anomali dari data lingkungan yang diperoleh secara kontinu.

Fokus utama sistem adalah mendeteksi tiga skenario krusial, yaitu kebakaran, kebocoran gas, dan aktivitas pergerakan mencurigakan di dalam rumah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki performa yang baik, dengan akurasi deteksi mencapai 92% untuk kasus kebakaran, 89% untuk kebocoran gas, dan 85% untuk aktivitas mencurigakan. Selain itu, sistem juga menunjukkan kemampuan responsif yang cepat, dengan waktu rata-rata pengiriman peringatan berkisar antara 3 hingga 4 detik setelah terjadinya deteksi awal.

Dengan kemampuan deteksi yang cukup akurat dan respons yang cepat, sistem ini dinilai mampu memberikan peringatan dini yang efektif untuk mencegah dampak buruk dari kejadian darurat. Hal ini menjadi bukti bahwa penggabungan teknologi sensor dan pembelajaran mesin dapat berkontribusi signifikan dalam membangun sistem keamanan rumah yang lebih cerdas, adaptif, dan dapat dipercaya. Ke depannya, sistem ini juga memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut dan diintegrasikan dalam skema kota pintar (smart city), maupun lingkungan domestik yang membutuhkan sistem keamanan berbasis teknologi yang responsif dan otomatis.

Saran

Meskipun hasil implementasi sistem menunjukkan kinerja yang menjanjikan, terdapat beberapa aspek yang memerlukan perhatian untuk pengembangan selanjutnya. Salah satu tantangan utama yang ditemukan dalam studi ini adalah akurasi deteksi terhadap aktivitas pergerakan mencurigakan yang relatif lebih rendah dibandingkan deteksi kebakaran dan kebocoran gas. Hal ini menunjukkan adanya kebutuhan untuk peningkatan sensitivitas sensor gerak, atau alternatifnya, penggunaan sensor dengan jenis yang lebih kompleks seperti kamera termal, sensor berbasis inframerah, atau sensor berbasis pengolahan citra dan suara.

Selain peningkatan perangkat keras, penguatan pada aspek perangkat lunak juga sangat diperlukan. Penggunaan algoritma pembelajaran mesin yang lebih kompleks, seperti deep learning berbasis jaringan syaraf tiruan (misalnya Convolutional Neural Networks atau Long Short-Term Memory), berpotensi meningkatkan kemampuan sistem dalam membedakan pola anomali secara lebih akurat dan dinamis. Di samping itu, pelatihan model dengan dataset yang lebih besar dan representatif dari berbagai kondisi nyata juga dapat memperkuat keandalan sistem dalam pengambilan keputusan.

Perlu juga diperhatikan pengurangan jumlah kesalahan deteksi seperti false positives dan false negatives, yang jika tidak dikendalikan dapat menurunkan kepercayaan pengguna terhadap sistem. Oleh karena itu, sistem perlu diuji lebih lanjut dalam kondisi nyata dan di berbagai lingkungan rumah yang berbeda untuk memastikan fleksibilitas dan skalabilitasnya. Pengembangan fitur tambahan seperti pengendalian perangkat secara otomatis, pencatatan histori kejadian, serta integrasi sistem dengan aplikasi seluler berbasis IoT juga dapat meningkatkan daya guna dan nilai tambah sistem ini di masa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, N., Rahman, M., & Zainal, H. (2020). Smart Home Technology: Opportunities and Challenges. *International Journal of Smart Home*, 14(1), 23–34.
- Chen, L., Zhang, T., & Li, Q. (2019). Early Detection Mechanisms in Smart Home Safety. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 301, 127098.
- Patel, K., & Gupta, S. (2021). Environmental Sensing for Intelligent Automation Systems. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 13(2), 115–126.

- Kumar, A., Mehta, P., & Rani, S. (2022). Machine Learning Applications in Smart Emergency Detection Systems. *International Journal of Artificial Intelligence & Applications*, 13(1), 1–12.
- Fauzi, M. E., Zakiansyah, M., Al Ariiq, D. T., & Sutabri, T. (2023). Transformasi teknologi digital di bidang perbankan. *Kohesi: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 1(8), 91-100.
- Abdullah, D., Prayogi, U., Asnur, S., Aini, Q., & Santoso, F. (2023). Rancang bangun prototype smarthome pada rumah tipe 36 dengan kendali smartphone berbasis IoT (Internet of Things).
- Sari, M. M., Roihan, A., Rizkia, I. A., & Tangguh, M. R. (2024, October). Prototipe Sistem Deteksi Kebakaran dengan Pemanfaatan Machine Learning Berbasis Pengolahan Gambar. In *Seminar Nasional Penelitian (SEMNAS CORISINDO 2024)* (pp. 474-479).
- Najib, W., & Sulisty, S. (2020). Tinjauan Ancaman dan Solusi Keamanan pada Teknologi Internet of Things. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 9(4), 375-384.
- Sesanti, A., & Rahmanto, Y. (2025). Perancangan Sistem Deteksi Kebocoran Gas Bebas IoT dan Web Server: Design of a Gas Leak Detection System Based on IoT and Web Server. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 5(2), 550-557.
- Kalbuana, N., & Kurnianto, B. (2024). Desain Sistem Deteksi Asap Berbasis Sensor Mikrokontroler Sebagai Upaya Pencegahan Kebakaran: Design of Microcontroller Sensor-Based Smoke Detection System as an Effort for Fire Prevention. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 4(1), 266-272.
- Lesmana, S. P., Merah, A. P. S. B., Hermawati, D., & Puspitasari, N. (2024, December). Dampak Implementasi IoT pada Sistem Smart Home untuk Efisiensi Energi dan Keamanan di Kota Berkembang. In *Prosiding Seminar Nasional Amikom Surakarta* (Vol. 2, pp. 1265-1278).
- Tata Sutabri, T. S., & Darmawan Natipulu, D. N. (2019). Sistem informasi bisnis.
- Sutabri, T. (2012). *Konsep sistem informasi*. Penerbit Andi.
- Widodo, Y. B., Ichsan, A. M., & Sutabri, T. (2020). Perancangan Sistem Smart Home Dengan Konsep Internet Of Things Hybrid Berbasis Protokol Message Queuing Telemetry Transport. *J. Teknol. Inform. dan Komput*, 6(2), 123-136.
- Dinata, A., & Sutabri, T. (2023). Perancangan sistem rekayasa internet pada implementasi smarthome berbasis IoT. *Journal of Computer and Information Systems Ampera*, 4(3), 169-183.