
Sistem Pemantauan Gudang Berbasis ESP32-Cam untuk Deteksi Gerakan dan Keberadaan Objek

Bayu Unggul Sejati¹, Hengky Triyo²

^{1,2}Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Singaperbangsa Karawang
2110631170004@student.unsika.ac.id

Abstrak

Sistem pemantauan gudang berbasis IoT ini dikembangkan untuk meningkatkan keamanan dengan menggunakan ESP32-CAM, sensor PIR HC-SR602 untuk deteksi gerakan, dan sensor suara KY-038 untuk mendeteksi suara mencurigakan. Data visual dari ESP32-CAM diproses menggunakan model deteksi objek YOLOv8s yang diimplementasikan pada server Flask, dengan notifikasi hasil deteksi dikirimkan melalui bot Telegram. Pelatihan model dilakukan dengan menggunakan dataset yang relevan yang diolah di Roboflow dan dilatih di Google Colab. Hasil implementasi menunjukkan sistem dapat mendeteksi aktivitas manusia dengan akurasi tinggi dan mengirimkan notifikasi dalam rata-rata waktu 5 detik. Sistem ini terbukti efektif, efisien, dan dapat diandalkan untuk pemantauan gudang secara real-time, dengan potensi pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan performa pada kondisi cahaya rendah dan mempercepat proses notifikasi.

Kata Kunci: *IoT, ESP32-CAM, sensor PIR, sensor suara, deteksi objek, YOLOv8s, Flask, Telegram, keamanan gudang.*

Abstract

This IoT-based warehouse monitoring system was developed to enhance security by utilizing ESP32-CAM, the PIR HC-SR602 sensor for motion detection, and the KY-038 sound sensor to detect suspicious sounds. Visual data from the ESP32-CAM is processed using the YOLOv8s object detection model implemented on a Flask server, with detection results sent via a Telegram bot notification. The model was trained using a relevant dataset processed in Roboflow and trained on Google Colab. The implementation results show that the system can detect human activity with high accuracy and send notifications within an average response time of 5 seconds. The system proves to be effective, efficient, and reliable for real-time warehouse monitoring, with potential for further development to improve performance under low light conditions and reduce notification processing time..

Keywords: *IoT, ESP32-CAM, PIR sensor, sound sensor, object detection, YOLOv8s, Flask, Telegram, warehouse security*

1. Pendahuluan

Sistem keamanan menjadi hal yang semakin krusial di era modern, mengingat meningkatnya kasus kriminal seperti pencurian, perusakan, dan berbagai tindakan merugikan lainnya. Beragam inovasi dan teknologi telah diterapkan untuk memperkuat keamanan, khususnya di rumah, yang sering kali menjadi prioritas utama (Cahyono et al., 2022). Sistem keamanan rumah biasanya dirancang untuk memberikan perlindungan maksimal, terutama saat penghuni tidak berada di tempat. Namun, perhatian yang lebih pada keamanan rumah sering kali mengabaikan area lain yang juga rentan, seperti gudang.

Gudang, baik yang terletak di dalam maupun di luar rumah, sering kali menjadi target tindakan kriminal karena minimnya pengawasan. Gudang di luar rumah, misalnya, memiliki tingkat risiko lebih tinggi karena jauh dari jangkauan pemilik, sehingga sulit memastikan keamanannya secara menyeluruh. Banyak pemilik baru menyadari kehilangan barang di gudang setelah membutuhkannya, yang menunjukkan lemahnya sistem pengawasan pada area ini. Oleh karena itu, diperlukan sistem keamanan khusus yang mampu memberikan pengawasan real-time, efisien, dan efektif tanpa memerlukan intervensi manusia secara langsung.

Kemajuan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan pengembangan sistem keamanan yang terjangkau, fleksibel, dan otomatis. Dengan perangkat seperti ESP32-CAM yang dilengkapi kamera dan sensor, sebuah sistem pemantauan dapat dirancang untuk mendeteksi aktivitas mencurigakan di gudang dan memberikan peringatan secara cepat kepada pemilik (Atikah et al., 2022). Sistem ini tidak hanya meningkatkan keamanan, tetapi juga menawarkan kemudahan pengoperasian dengan mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak.

Beberapa penelitian telah dilakukan menggunakan ESP-32CAM dan sensor PIR salah satunya oleh (Pratama et al., 2023) yang mengembangkan alat keamanan menggunakan ESP-32CAM berdasarkan gerakan yang diterima oleh sensor PIR HC-SR501, hasilnya sistem dapat mendeteksi gerakan kemudian mengambil gambar dan mengirimkannya melalui telegram. Penelitian

lain dilakukan oleh (Octavia et al., 2024) memanfaatkan ESP32-CAM sebagai alat pengaman pintu rumah kost. Dalam penelitian ini, library ESP-WHO digunakan untuk mendeteksi wajah, dengan hasil bahwa sistem dapat mengenali wajah seseorang pada jarak di bawah 50 cm. Kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa ESP32-CAM merupakan perangkat yang potensial untuk aplikasi keamanan.

Penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan gudang berbasis ESP32-CAM yang mengintegrasikan sensor PIR dan sensor suara untuk meningkatkan deteksi aktivitas di dalam gudang. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, sistem ini tidak hanya mengandalkan deteksi gerakan melalui sensor PIR, tetapi juga memanfaatkan deteksi suara untuk memberikan notifikasi yang lebih responsif dan akurat. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan deteksi objek menggunakan model *YOLOv8s*, yang memungkinkan identifikasi objek secara lebih spesifik, seperti keberadaan manusia di dalam gudang. Tujuan penelitian ini adalah untuk menciptakan solusi keamanan yang efektif, ekonomis, dan dapat memberikan peringatan secara real-time melalui Telegram, sehingga keamanan gudang dapat ditingkatkan tanpa memerlukan pengawasan langsung.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Rapid Application Development (RAD)*.



Gambar 1. Metode Penelitian

RAD merupakan model pengembangan sistem yang berfokus pada siklus pengembangan singkat untuk mempercepat proses pembangunan perangkat lunak. Metode ini mengadopsi pendekatan inkremental, memungkinkan pengembangan sistem secara bertahap dengan adaptasi cepat terhadap perubahan. Penggunaan *RAD* membantu meningkatkan efisiensi dalam pengembangan dan pemeliharaan sistem, terutama untuk proyek dengan waktu pengerjaan yang terbatas (Permana & Pramudita, 2024). Berikut merupakan tahapan dari *RAD*:

1. Identifikasi Kebutuhan dan Perencanaan
Tahap ini berfokus pada identifikasi kebutuhan sistem seperti spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak.
2. Desain dan Pengembangan Sistem
Sistem dirancang dan dibangun pada tahap ini, pengkodean dan pelatihan model deteksi dilakukan. Prototipe dibangun, diuji, dan diperbaiki hingga memenuhi kebutuhan.
3. Implementasi dan Evaluasi
Tahap akhir di mana sistem disempurnakan dan diimplementasikan dalam lingkungan nyata. Pengujian dilakukan untuk memastikan sistem berjalan sesuai kebutuhan.

berkualitas untuk memastikan deteksi objek memiliki akurasi tinggi. Pengumpulan data dilakukan di dalam gudang, dengan penyesuaian posisi dan arah kamera sesuai dengan posisi serta orientasi perangkat keras IoT yang akan dipasang. Total data yang didapat adalah sejumlah 248 data citra, berikut adalah hasil dari pengumpulan data yang telah dilakukan.

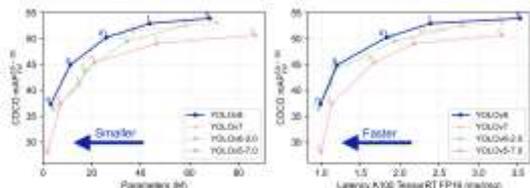


Gambar 3. Hasil Pengumpulan Data

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1. Identifikasi Kebutuhan dan Perencanaan

Sistem ini bertujuan untuk memantau kondisi sebuah gudang, sehingga dibutuhkan perangkat yang mampu melakukan pemantauan sekaligus pemrosesan data. Untuk itu, kami menggunakan ESP32-CAM, yang dapat mengambil gambar serta memproses informasi dari berbagai sensor yang terpasang. Untuk mendeteksi adanya keberadaan objek atau peristiwa mencurigakan, kami memilih sensor PIR HC-SR602 dan sensor suara KY-038. Sensor PIR HC-SR602 dipilih karena mudah dipasang langsung pada motherboard, yang mempermudah proses pengembangan. Sementara itu, sensor suara KY-038 dipilih karena mendukung dua jenis input, digital dan analog, serta mudah diperoleh di pasaran.



Gambar 2. Peforma YOLO v8s

Dalam deteksi objek otomatis, sistem memerlukan model yang efektif untuk mendeteksi manusia di dalam gudang. Berdasarkan Gambar 2, *YOLOv8s* dipilih karena memiliki kecepatan tinggi dan ukuran parameter yang kecil, menjadikannya sangat efisien dan cocok untuk diterapkan dalam sistem ini, yang membutuhkan performa cepat dan efisiensi. Oleh karena itu, kami memilih *YOLOv8s* sebagai model pendeteksi objek untuk sistem ini.

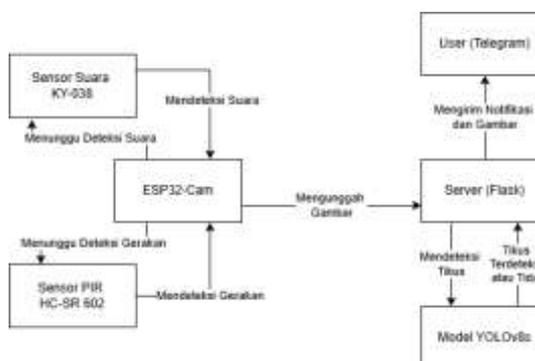
Pelatihan model memerlukan dataset

Dalam pengembangan sistem ini, kami menggunakan Python dengan framework Flask untuk menjalankan server lokal yang mengelola proses deteksi objek dan mengirim notifikasi melalui bot Telegram. Untuk pengembangan perangkat keras, kami menggunakan Arduino IDE untuk menulis firmware untuk ESP32-CAM. Proses pengolahan dan anotasi dataset dilakukan menggunakan Roboflow, yang memudahkan dalam mengelola dan menyiapkan data untuk pelatihan model. Sementara itu, pelatihan model *YOLOv8s* dilakukan di Google Colab, yang menyediakan lingkungan yang efisien untuk menjalankan proses pelatihan dengan menggunakan GPU..

3.2. Desain dan Pengembangan Sistem

Desain dan pengembangan sistem memiliki tiga tahapan yaitu, Desain Sistem, Pengolahan Dataset dan Pelatihan Model, dan yang terakhir Pengembangan Sistem.

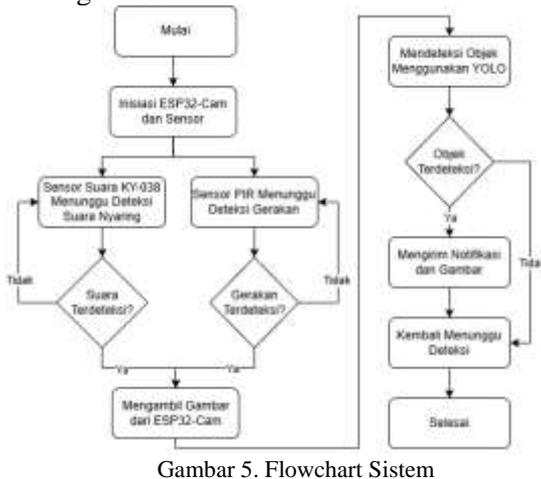
3.2.1. Desain Sistem



Gambar 4. Arsitektur Sistem

Berdasarkan Gambar 4, sistem ini terdiri dari perangkat keras yang melibatkan ESP32-CAM, sensor PIR HC-SR602, dan sensor suara

KY-038, yang bekerja secara terintegrasi untuk memantau kondisi di dalam gudang. ESP32-CAM bertugas untuk mengambil gambar, sementara sensor PIR HC-SR602 mendeteksi gerakan, dan sensor suara KY-038 mendeteksi suara mencurigakan. Data yang dikumpulkan oleh perangkat keras ini kemudian diproses oleh server lokal menggunakan backend berbasis framework Flask. Server ini melakukan deteksi objek dengan model *YOLOv8s* dan mengirimkan notifikasi beserta gambar ke pengguna melalui Telegram bot.

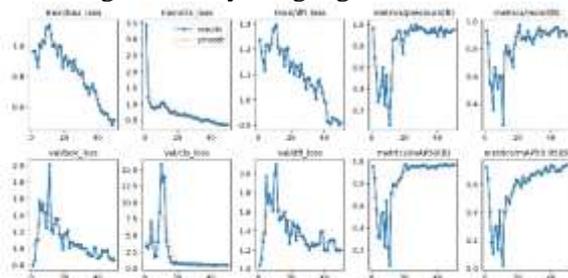


Gambar 5. Flowchart Sistem

Pada flowchart di Gambar 5, menggambarkan langkah-langkah utama dalam sistem mulai dari deteksi gerakan atau suara oleh sensor PIR dan KY-038, pengambilan gambar dengan ESP32-CAM, pengolahan data di server lokal menggunakan *YOLOv8s*, hingga pengiriman notifikasi dan gambar terakhir ke Telegram bot.

3.2.2. Pengolahan Dataset dan Pelatihan Model

Pengolahan dataset dilakukan menggunakan Roboflow, pengolahan meliputi anotasi secara manual dan pembagian dataset ke tiga set yaitu, data latih 70%, data validasi 20% dan data tes 10%. Sebanyak 248 data yang telah diproses kemudian dipakai untuk melatih model dan mengevaluasinya di google colab.



Gambar 6. Hasil Pelatihan Model

Pada Gambar 6 bisa kita lihat model deteksi *YOLOv8s* yang dilatih pada dataset ini

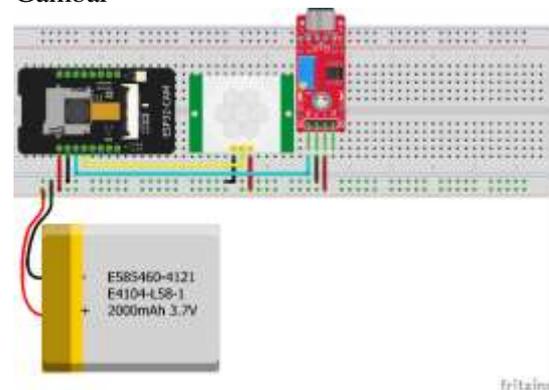
menunjukkan performa luar biasa, dengan precision dan recall mendekati 1.0, yang menandakan tingkat kesalahan minimal dalam deteksi objek. Proses pelatihan menunjukkan stabilitas model yang tinggi, ditandai dengan penurunan loss yang signifikan dan konsisten pada data latih maupun validasi. Evaluasi mAP mencapai nilai yang memuaskan pada berbagai skala, menunjukkan kemampuan generalisasi model yang kuat terhadap variasi data. Dengan precision dan recall tinggi, sistem ini diharapkan dapat memberikan notifikasi yang akurat kepada pengguna, sehingga meningkatkan keamanan dan efisiensi pemantauan gudang.

3.2.3. Pengembangan Sistem

Pengembangan Sistem diawali dengan penyusunan perangkat keras IoT. Komponen utama yang digunakan adalah ESP32-CAM, yang berfungsi sebagai mikrokontroler sekaligus modul kamera. ESP32-CAM memiliki kemampuan untuk menyimpan firmware untuk menjalankan perintah, serta dilengkapi dengan modul Wi-Fi yang memungkinkan koneksi ke internet. Modul kamera pada ESP32-CAM digunakan untuk menangkap gambar sebagai bagian dari sistem pemantauan.

Selain itu, sistem menggunakan sensor PIR HC-SR602, yang berfungsi mendeteksi gerakan di area tertentu. Ketika gerakan terdeteksi, sensor ini akan mengirimkan sinyal ke ESP32-CAM untuk diproses lebih lanjut. Sistem juga dilengkapi dengan sensor suara KY-038, yang berfungsi mendeteksi suara di sekitar. Sensor ini menghasilkan sinyal analog berdasarkan intensitas suara, dan jika nilainya melebihi ambang batas yang telah ditentukan, sensor akan memicu sistem seperti halnya sensor PIR.

Penyusunan perangkat keras dilakukan sesuai dengan skema yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian Perangkat Keras

Selanjutnya adalah mengembangkan firmware untuk ditanamkan pada ESP32,

lebih lanjut diharapkan dapat mempercepat keseluruhan proses serta meningkatkan kemampuan kamera dan model deteksi dalam kondisi minim cahaya.

Daftar Pustaka

- Atikah, N., Hartati, T., Bahtiar, A., & Nurdianan, O. (2022). Sistem image capturing menggunakan ESP32-CAM untuk memonitoring objek melalui Telegram. *KOPERTIP: Scientific Journal of Informatics Management and Computer*, 6(2), 49-53. <https://pdfs.semanticscholar.org/ea8/00ab447a0a58382be59b74ba5cd7fc28c352.pdf>
- Wahyudi, R., & Edidas, E. (2022). Perancang dan pembuatan sistem keamanan rumah berbasis Internet of Things menggunakan ESP32-CAM. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(1), 1135-1141. <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/3045>
- Octavia, E., Dijaya, R., Eviyanti, A., & Azizah, N. L. (2024). Rancangan bangun sistem keamanan rumah kost berbasis IoT dengan ESP32-CAM. *Indonesian Journal of Applied Technology*, 1(3), 16-16. <https://doi.org/10.47134/ijat.v1i3.3073>
- Pratama, M. P. P., Martias, M., & Adianto, H. (2023). Alat keamanan menggunakan sensor gerak dengan ESP32-CAM berbasis IoT. *INSANtek*, 4(2), 69-76. <https://doi.org/10.31294/insantek.v4i2.2117>
- Salikhov, R. B., Abdrakhmanov, V. K., & Safargalin, I. N. (2021, November). Internet of Things (IoT) security alarms on ESP32-CAM. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2096, No. 1, p. 012109). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2096/1/012109>
- Cahyono, F. Y. A., Suharto, N., & Mustafa, L. D. (2022). Design and build a home security system based on an ESP32-CAM microcontroller with Telegram notification. *Journal of Telecommunication Network (Jurnal Jaringan Telekomunikasi)*, 12(2), 58-64. <https://doi.org/10.33795/jartel.v12i2.296>
- Hanafie, A., & Ramadhan, R. (2022). Perancangan alat pendeteksi gerak sebagai sistem keamanan menggunakan ESP32-CAM berbasis IoT. *Jurnal Teknologi dan Komputer (JTEK)*, 2(02), 142-148. <https://doi.org/10.56923/jtek.v2i02.101>
- Wicaksono, M. F., & Rahmatya, M. D. (2020). Implementasi Arduino dan ESP32-CAM untuk smart home. *Jurnal Teknologi dan Informasi*, 10(1), 40-51. <https://doi.org/10.34010/jati.v10i1.2836>
- Frengky, B. D., Gunoto, P., & Susanti, E. (2024). Perancangan sistem monitoring keamanan menggunakan ESP32-CAM dengan notifikasi ke smartphone. *SIGMA TEKNIKA*, 7(1), 123-130. <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v7i1.6198>
- Permana, T., & Pramudita, R. (2024). Prototipe kelas pintar berbasis Android menggunakan metode Rapid Application Development di Universitas Bina Insani. *Prosiding SISFOTEK*, 8(1), 438-444. <http://www.seminar.iaii.or.id/index.php/SISFOTEK/article/view/530/452>

