

IMPLEMENTASI SISTEM KEAMANAN UNTUK MENDETEKSI GERAKAN BERBASIS IOT MENGGUNAKAN ESP32 -CAM

Lilo Pringgo Antoro¹, Alfian Istighfarur Rizal^{1*}, Asepta Surya Wardhana¹, M. Zaky Zaim Muhtadi¹

¹Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi Dan Mineral Akamigas, Jl. Gajah Mada No. 38, Cepu, 58315

*E-mail: aalfnir02@gmail.com

ABSTRAK

Di tengah meningkatnya kebutuhan akan solusi keamanan yang efisien dan terjangkau, terutama untuk rumah tangga dan usaha kecil menengah, sistem ini menawarkan pendekatan inovatif dalam pemantauan dan notifikasi keamanan real-time. Tujuan utama penelitian adalah merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi efektivitas sistem yang mampu mendeteksi gerakan, mengambil gambar, dan mengirimkan notifikasi secara otomatis. Metodologi penelitian meliputi perancangan hardware menggunakan ESP32-CAM sebagai unit pemrosesan dan pengambilan gambar utama, sensor ultrasonik HCSR04 untuk deteksi gerakan, serta integrasi perangkat lunak melalui Arduino IDE. Sistem ini juga memanfaatkan API Bot Telegram untuk pengiriman notifikasi real-time melalui Telegram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini memiliki tingkat akurasi deteksi sebesar 98% dengan waktu respons rata-rata 3,5 detik dari deteksi hingga pengiriman notifikasi. Sistem terbukti efektif dalam mendeteksi gerakan pada berbagai jarak hingga 4 meter dan dalam berbagai kondisi pencahayaan, dengan hasil pengujian menunjukkan bahwa objek berhasil terdeteksi dan gambar berhasil dikirim ke pengguna melalui notifikasi Telegram secara real-time. Sistem keamanan ini diharapkan dapat menjadi solusi yang terjangkau dan mudah diimplementasikan untuk memenuhi kebutuhan keamanan rumah tangga dan usaha kecil menengah.

Kata kunci: IoT, Deteksi Gerak, Notifikasi *Real-Time*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan telah membuka peluang baru dalam pengembangan sistem keamanan yang lebih efisien, terjangkau, dan mudah diimplementasikan. Dalam konteks Indonesia, kebutuhan akan sistem keamanan yang handal namun terjangkau semakin meningkat, terutama untuk rumah tangga dan usaha kecil menengah [1]. Sistem keamanan konvensional seringkali mahal dan sulit diintegrasikan dengan perangkat modern, sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan masyarakat luas.

Penelitian terkini menunjukkan bahwa integrasi teknologi IoT dengan perangkat mikrokontroler seperti ESP32 dan Raspberry Pi dapat memberikan solusi keamanan yang efektif dan ekonomis [2]. ESP32-CAM, sebagai salah satu varian ESP32 yang dilengkapi dengan kamera, menawarkan potensi besar dalam pengembangan sistem pengawasan visual yang terjangkau [3]. Kemampuannya untuk mendeteksi gerakan, mengambil gambar, dan mengirimkan data secara real-time menjadikannya pilihan yang menarik untuk implementasi sistem keamanan rumah pintar.

Integrasi sensor-sensor tambahan seperti sensor PIR (Passive Infrared) dan sensor asap dapat meningkatkan efektivitas sistem dalam mendeteksi berbagai jenis ancaman keamanan [4][5]. Hal ini memungkinkan sistem untuk tidak hanya mendeteksi intrusi, tetapi juga potensi bahaya lain seperti kebakaran, memberikan perlindungan yang lebih komprehensif. Integrasi sistem keamanan dengan perangkat mobile menjadi langkah logis untuk meningkatkan aksesibilitas dan penggunaan sistem [6].

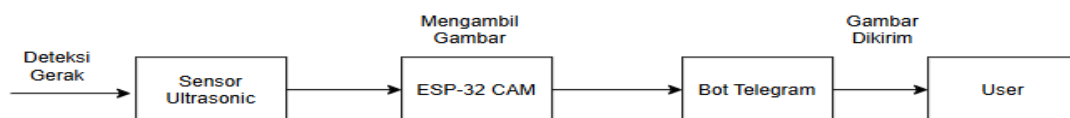
Perkembangan aplikasi pesan instan seperti Telegram dan WhatsApp telah membuka peluang baru dalam metode notifikasi sistem keamanan [7][8]. Integrasi Bot Telegram, misalnya, memungkinkan sistem untuk mengirimkan pemberitahuan dan gambar secara instan ke pengguna, meningkatkan kecepatan respons terhadap insiden keamanan.

Meskipun demikian, implementasi sistem keamanan berbasis IoT juga menghadapi tantangan, terutama dalam hal keamanan data dan privasi pengguna. Penggunaan protokol enkripsi yang kuat dan praktik keamanan siber yang baik menjadi sangat penting untuk melindungi sistem dari potensi serangan atau peretasan [9][10]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem keamanan IoT tanpa protokol enkripsi rentan terhadap serangan, yang dapat mengganggu fungsi dan keandalan sistem [11]. Oleh karena itu, penggunaan protokol keamanan yang tepat menjadi prioritas dalam pengembangan sistem ini untuk melindungi data pengguna.

Penelitian ini memiliki keunikan dibandingkan penelitian terdahulu dalam penggunaan kombinasi ESP32-CAM dan sensor ultrasonik untuk deteksi gerakan, yang memungkinkan sistem bekerja dengan akurasi lebih tinggi pada jarak yang bervariasi hingga 4 meter dan di berbagai kondisi pencahayaan. Selain itu, sistem ini dirancang agar dapat mengirimkan hasil deteksi berupa gambar melalui notifikasi real-time di aplikasi Telegram. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan aksesibilitas sistem keamanan yang terjangkau untuk rumah tangga dan usaha kecil menengah di Indonesia, serta menunjukkan keunggulan dalam responsifitas dan kapabilitas real-time jika dibandingkan dengan metode sensor tradisional seperti PIR [12][13].

2. METODE

A. Block Diagram



Gambar 1 Block Diagram

Pada gambar 1 sensor ultrasonik mendeteksi gerakan pada area yang dipantau, sensor ini terus-menerus memancarkan gelombang ultrasonik dan mengukur waktu pantulan. Setelah menerima sinyal dari sensor ultrasonik yang menandakan ada gerakan maka ESP32Cam akan mengaktifkan kamera dan mengambil gambar. Setelah ESP32Cam mengambil gambar, Bot Telegram akan mengirim gambar tersebut ke akun Telegram pengguna.

B. Perancangan Hardware

Perancangan *hardware* pada penelitian ini menggunakan ESP-32 CAM sebagai pengendali utama yang menerima data dari Sensor Ultrasonik dan mengirimkan perintah kembali pada ESP32 CAM. Sensor Ultrasonik mengukur jarak dan mendeteksi pergerakan berdasarkan pantulan gelombang Ultrasonik. ESP32 CAM digunakan untuk mengambil gambar Ketika Sensor Ultrasonik Mendeteksi Objek (Pergerakan Manusia).

Sensor Ultrasonic

Pada gambar 2 yaitu sensor ultrasonic, Sensor ultrasonik adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengukur jarak atau mendeteksi keberadaan objek dengan memanfaatkan gelombang suara ultrasonik. Gelombang ultrasonik adalah gelombang suara dengan frekuensi di atas ambang pendengaran manusia, biasanya di atas 20 kHz. Sensor ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti sistem keamanan, robotika, dan pengukuran jarak tanpa kontak fisik.



Gambar 2 Sensor Ultrasonic

Sensor ultrasonik bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dengan melibatkan dua komponen utama, yaitu pemancar (transmitter) yang menghasilkan gelombang suara ultrasonik, biasanya pada frekuensi sekitar 40 kHz, dan penerima (receiver) yang mendeteksi pantulan (echo) dari gelombang ultrasonik setelah memantul dari objek. Komponen utama dari sensor ini mencakup pin Trig yang digunakan untuk memicu pengiriman sinyal ultrasonik, dan pin Echo yang menerima sinyal pantulan serta mengirimkannya ke mikrokontroler untuk diolah. Selain itu, terdapat pin VCC dan GND untuk suplai daya, yang umumnya membutuhkan 5V DC.

Tabel 1 PINOUT Sensor Ultrasonic

Sensor Ultrasonic	ESP32-Cam
Vcc	5V
GND	GND
Trig	GPIO 14
Echo	GPIO 13

ESP32 CAM

ESP32-CAM seperti pada Gambar 3, adalah modul pengembangan yang menggabungkan mikrokontroler ESP32 dengan modul kamera OV2640. Modul ini dilengkapi dengan kemampuan untuk mengambil gambar dan video, serta mengirimkannya melalui jaringan Wi-Fi, sehingga sangat cocok untuk aplikasi berbasis Internet of Things (IoT) yang memerlukan pengawasan video atau gambar. ESP32-CAM populer karena harganya yang terjangkau serta kemampuan yang tinggi dalam pengambilan gambar dan pemrosesan nirkabel.

ESP32-CAM memiliki sejumlah fitur yang menjadikannya sangat serbaguna. Ditenagai oleh kamera OV2640, perangkat ini mampu menangkap gambar hingga resolusi 1600x1200 piksel (UXGA) dan mendukung beberapa resolusi lebih rendah untuk video streaming. Seperti halnya ESP32, ESP32-CAM dilengkapi dengan Wi-Fi 802.11 b/g/n, yang memungkinkan pengiriman gambar atau video secara real-time melalui internet. Selain itu, ESP32-CAM juga mendukung Bluetooth Low Energy (BLE) untuk komunikasi jarak pendek. Dengan RAM 520 KB dan dukungan untuk 4 MB Flash, penyimpanan gambar yang lebih besar dapat dilakukan melalui kartu microSD (hingga 4GB). Meskipun jumlah pin GPIO terbatas karena sebagian

besar digunakan untuk kamera, ESP32-CAM tetap menyediakan beberapa pin GPIO yang dapat digunakan untuk sensor tambahan, seperti sensor gerak (PIR), atau untuk mengendalikan perangkat lainnya. Perangkat ini juga dilengkapi dengan slot microSD, memungkinkan penyimpanan lokal gambar dan video.



Gambar 3 ESP32 CAM

C. Perancangan Software

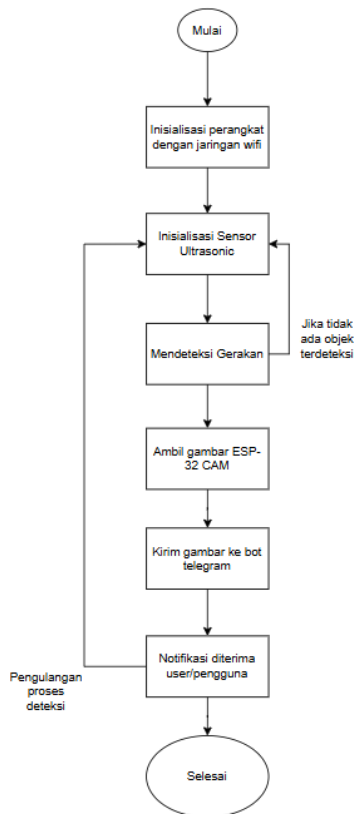
Dalam merancang software, penggunaan flowchart sebagai alat untuk menggambarkan dan mendokumentasikan proses sangatlah efektif. Flowchart memberikan visualisasi yang jelas tentang bagaimana data dan kontrol bergerak dalam aplikasi, sehingga lebih mudah untuk menjelaskan alur proses kepada tim pengembang dan pemangku kepentingan lainnya.

Selain itu, flowchart berfungsi sebagai catatan langkah-langkah logis yang perlu diikuti untuk menyelesaikan tugas tertentu. Ini sangat berguna jika aplikasi perlu dikembangkan atau diperbarui di masa depan, karena tim pengembang dapat dengan cepat merujuk kembali ke flowchart untuk memahami proses dan menemukan potensi masalah.

Dengan memanfaatkan flowchart, aplikasi yang dihasilkan dapat memiliki alur yang logis, terdokumentasi dengan baik, dan mudah untuk diperbaiki atau dikembangkan di masa mendatang. Penggunaan flowchart merupakan salah satu cara penting dalam menciptakan proses perancangan software yang lebih efektif.

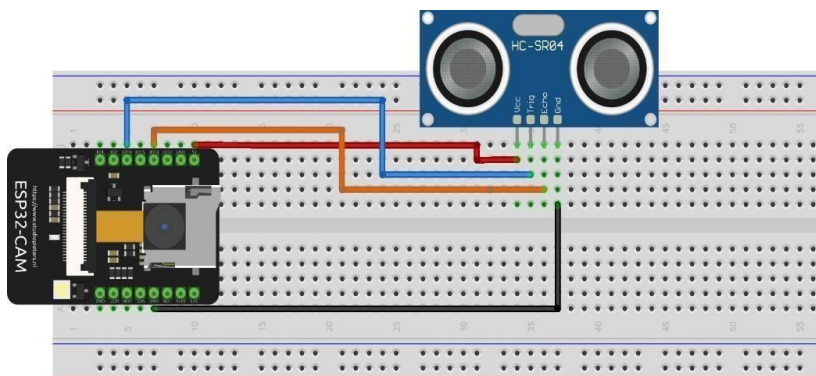
Flowchart yang terlihat pada gambar 3 ini menjelaskan proses deteksi benda asing menggunakan sistem yang terintegrasi. Pertama, sistem akan menginisialisasi perangkat dengan menghubungkannya ke jaringan Wi-Fi. Setelah itu, sensor ultrasonik diaktifkan untuk memantau pergerakan objek di sekitar area pengawasan.

Jika sensor mendeteksi pergerakan, kamera ESP-32 CAM akan otomatis aktif untuk mengambil gambar objek tersebut. Gambar yang diambil lalu dikirimkan melalui aplikasi Telegram kepada pengguna. Pengguna akan menerima notifikasi di Telegram bahwa ada objek yang terdeteksi, dan mereka bisa melihat gambarnya langsung di aplikasi. Setelah semua proses deteksi dan pengiriman notifikasi selesai, sistem kembali ke posisi awal dan siap untuk memantau objek asing berikutnya. Secara keseluruhan, flowchart ini menggambarkan sebuah sistem keamanan sederhana yang memanfaatkan sensor ultrasonik dan kamera untuk mendeteksi objek asing, sekaligus menginformasikan temuan tersebut kepada pengguna melalui aplikasi Telegram.



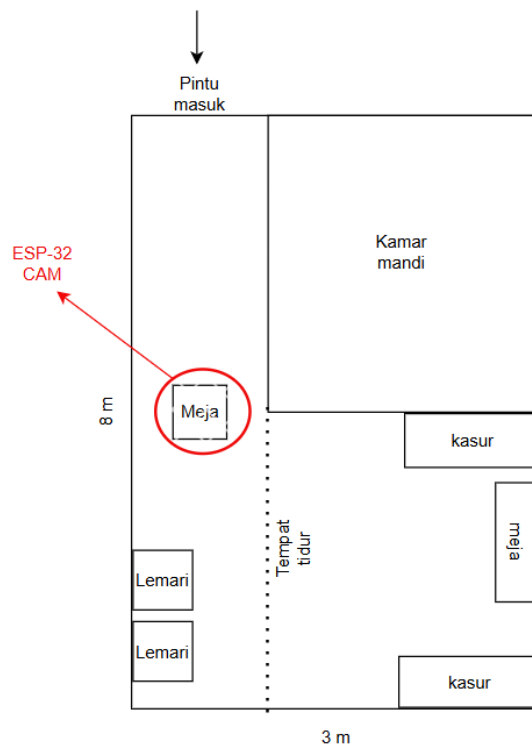
Gambar 3 Flowchart Perancangan Software

D. Rancangan Alat



Gambar 4 Perancangan Alat

Seperti pada gambar 4 rancangan kali ini ESP32-Cam bertindak sebagai pengontrol utama. Pin VCC dari sensor ultrasonik dihubungkan ke 5V pada ESP32-Cam, dan pin GND dihubungkan ke GND ESP32-Cam. Pin Trig dari sensor dihubungkan ke salah satu pin GPIO (misalnya GPIO 14), sedangkan pin Echo dihubungkan ke GPIO 13. ESP32-Cam menerima sinyal dari Sensor Ultrasonic yang mendeteksi Gerakan. Telegram Bot API dihubungkan secara nirkabel melalui koneksi Wi-Fi. Setelah pengambilan gambar, ESP32-Cam menggunakan WiFiClientSecure untuk mengirim permintaan HTTP ke Telegram Bot API guna mengirim pesan dengan gambar terlampir.



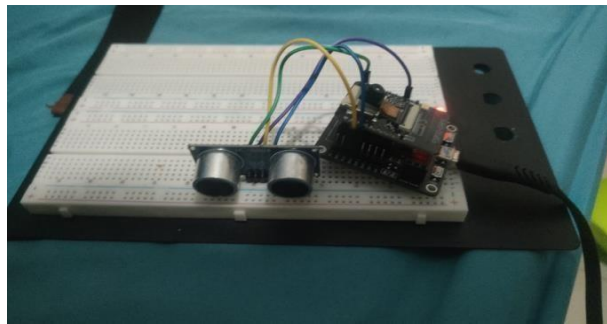
Gambar 5 Denah peletakan alat diruangan

Seperti yang terlihat pada gambar 5, posisi ESP-32 CAM terletak di sudut ruangan dekat pintu masuk. Kamera ini diposisikan untuk mengawasi area yang ditandai dengan "Meja" pada gambar. Untuk pengujian alat, meja akan ditempatkan pada jarak 1 meter hingga 4 meter dari posisi kamera ESP-32 CAM. Ini memungkinkan pengujian kinerja kamera dalam mendeteksi dan memantau objek pada berbagai jarak. Dengan meletakkan meja pada jarak 1 meter, 2 meter, 3 meter, dan 4 meter dari kamera, kemampuan kamera dalam mengambil gambar dan mendeteksi objek dapat dievaluasi.

Pengujian pada rentang jarak ini akan membantu mengoptimalkan pengaturan dan konfigurasi kamera agar dapat berfungsi secara efektif dalam berbagai kondisi ruang. Informasi tentang jangkauan optimal kamera serta bagaimana performa deteksi dan kualitas gambar berubah seiring dengan perubahan jarak dari objek yang dipantau juga akan diperoleh. Hal ini sangat berguna dalam merancang sistem keamanan yang handal dengan memanfaatkan kamera ESP-32 CAM

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada gambar 6, ditunjukkan perangkat keamanan yang telah dirangkai dan sedang diuji coba. Terlihat ESP32-CAM terpasang bersama dengan sensor ultrasonik HC-SR04. Sensor ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi gerakan di area yang dipantau. Ketika sensor mendeteksi adanya gerakan, ia akan mengirimkan sinyal ke ESP32-CAM. Rangkaian ini merupakan implementasi fisik dari sistem keamanan pintar yang dirancang dalam penelitian.

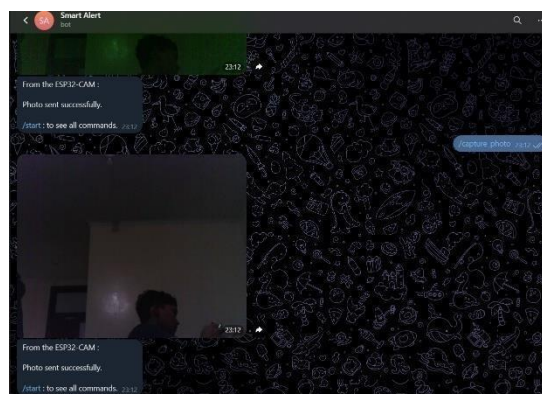


Gambar 6 Alat saat di Ujicoba



Gambar 7 Pengambilan dari ESP32-CAM

Pada gambar 7, gambar ini memperlihatkan hasil tangkapan kamera dari ESP32- CAM setelah menerima sinyal dari sensor ultrasonik bahwa ada gerakan terdeteksi. ESP32-CAM dilengkapi dengan modul kamera OV2640 yang mampu mengambil gambar dengan resolusi hingga 1600x1200 piksel. Pengambilan gambar ini merupakan respons otomatis sistem terhadap deteksi gerakan, yang kemudian akan dikirimkan sebagai notifikasi kepada pengguna.

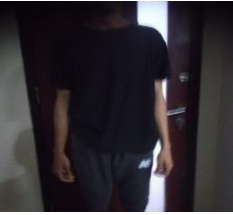





Gambar 8 Notifikasi pada Telegram

Pada gambar 8, gambar ini menampilkan antarmuka aplikasi Telegram yang menerima notifikasi dari sistem keamanan. Setelah ESP32-CAM mengambil gambar, sistem secara

otomatis mengirimkan notifikasi beserta gambar yang diambil ke akun Telegram pengguna melalui Bot Telegram yang telah diintegrasikan. Ini menunjukkan keberhasilan implementasi fitur notifikasi real-time, yang memungkinkan pengguna untuk segera mengetahui dan melihat situasi di area yang dipantau saat terdeteksi adanya gerakan. Setelah melakukan pengujian diatas sekarang akan menguji keandalan Sensor Ultrasonic berdasarkan jarak dan menguji kamera ESP32-CAM, seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Menguji Keandalan

Jarak	Hasil	Keterangan
1 Meter		<p>Pada jarak 1 meter, sensor ultrasonic berhasil mendeteksi gerakan dengan akurat dan respon time selama 3 detik. Kamera ESP32-CAM mengambil gambar dengan jelas, menunjukkan detail objek yang terdeteksi pada jarak dekat. Sistem merespons dengan cepat pada jarak ini.</p>
2 Meter		<p>Deteksi pada jarak 2 meter masih akurat dan respon time 3 detik. Gambar yang diambil oleh ESP32-CAM memiliki kualitas yang baik, dengan objek terlihat jelas meskipun berada pada jarak menengah.</p>
3 Meter		<p>Pada jarak 3 meter, sensor ultrasonik masih mampu mendeteksi gerakan dengan akurat dan respon time 3,5 detik. Kualitas gambar dari ESP32-CAM sedikit menurun dibandingkan jarak yang lebih dekat, namun objek masih dapat diidentifikasi dengan cukup jelas.</p>

4 Meter		<p>Di jarak 4 meter, sistem tetap berfungsi. Sensor ultrasonik masih dapat mendeteksi gerakan, meskipun mungkin dengan sensitivitas yang lebih rendah dan respon time yang cukup lama yaitu 4 detik. Gambar dari ESP32CAM menunjukkan objek yang lebih kecil, namun masih dapat dikenali.</p>
---------	---	---

Tabel 3 Perbandingan sensor dengan meteran

Jarak	Pembacaan Sensor	Error (m)	Error (%)
1	1,02	0,02 m	2,0 %
2	2,05	0,05 m	2,5 %
3	3,08	0,08 m	2,7 %
4	3,12	0,12 m	3,0 %

Tabel 3 adalah pengujian sensor ultrasonik HC-SR04, dilakukan perbandingan pengukuran jarak menggunakan meteran standar 5 meter sebagai acuan. Pengujian dilakukan pada empat jarak yang berbeda, yaitu 1 meter, 2 meter, 3 meter, dan 4 meter, untuk mengetahui tingkat akurasi dan error yang terjadi pada sensor. Pada jarak 1 meter, sensor ultrasonik menunjukkan pembacaan 1,02 meter, yang berarti terdapat selisih atau error sebesar 0,02 meter atau 2,0% dari jarak sebenarnya. Saat pengujian dilakukan pada jarak 2 meter, sensor membaca jarak 2,05 meter dengan error 0,05 meter atau 2,5%. Pengujian berlanjut pada jarak 3 meter, di mana sensor menunjukkan pembacaan 3,08 meter, menghasilkan error 0,08 meter atau 2,7%. Pada jarak terjauh, yaitu 4 meter, sensor membaca jarak 4,12 meter dengan error 0,12 meter atau 3,0%.

Dari hasil pengujian ini, terlihat bahwa semakin jauh jarak pengukuran, semakin besar error yang terjadi. Error pengukuran berkisar antara 2-3% dari jarak sebenarnya, dan sensor cenderung menunjukkan pembacaan yang lebih besar dari jarak aktual. Beberapa faktor yang bisa mempengaruhi akurasi pengukuran antara lain suhu dan kelembaban udara, posisi sensor terhadap objek (sudut pengukuran), permukaan objek yang diukur, serta kalibrasi sensor. Pengujian ini penting untuk memastikan keandalan sensor dalam aplikasi yang membutuhkan pengukuran jarak yang akurat.

Tabel 4 pengaruh intensitas terhadap keandalan deteksi

Jarak (m)	Intensitas	Hasil deteksi	Delay
1 m	Tinggi	Terdeteksi	3,0 s
2 m	Sedang	Terdeteksi	3,0 s

3 m	Sedang	Terdeteksi	3,5 s
4 m	Tinggi	Terdeteksi	4,0 s

Tabel 4 di atas menjelaskan pengaruh jarak dan intensitas cahaya terhadap keandalan deteksi gerakan pada sistem keamanan berbasis ESP32-CAM. Pengujian dilakukan pada empat jarak berbeda, yaitu 1 meter, 2 meter, 3 meter, dan 4 meter, dengan masing-masing intensitas cahaya yang bervariasi dengan kategori "Tinggi" dan "Sedang". Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil mendeteksi gerakan pada setiap jarak dan intensitas cahaya yang diuji. Namun, semakin jauh jarak antara objek dan sensor, waktu delay atau keterlambatan deteksi semakin meningkat, dari 3,0 detik pada jarak 1 dan 2 meter menjadi 3,5 detik pada 3 meter, dan 4,0 detik pada 4 meter. Hal ini menunjukkan bahwa jarak dan intensitas cahaya dapat memengaruhi kecepatan respons sistem, meskipun tidak berdampak pada kemampuan deteksi keseluruhan dalam skenario pengujian ini. Dalam penelitian ini ada beberapa script kode yang penting untuk proses, dari inisialisasi sensor, perangkat dengan wifi sampai pengiriman foto ke bot telegram. Berikut adalah beberapa kode yang digunakan untuk mendukung penelitian ini.

Kode pada gambar 8 menunjukkan integrasi perangkat dengan jaringan Wi-Fi dan API Telegram, yang memungkinkan perangkat untuk berkomunikasi dan mengirim pesan melalui platform Telegram. Kode ini mencakup pengaturan koneksi Wi-Fi dan inisialisasi objek untuk berinteraksi dengan bot Telegram

```

31  const char* ssid = "abogoboga";
32  const char* password = "klklklkl";
33
34  String BOTtoken = "7558568071:AAG26JjQPRcFm2_0QaS1QVj15DSG3i_v17Q";
35  String CHAT_ID = "5381888624";
36
37  WiFiClientSecure clientTCP;
38  UniversalTelegramBot bot(BOTtoken, clientTCP);
39

```

Gambar 8 Integrasi Perangkat

Kode pada gambar 9 memperlihatkan pengkondisian yang memanfaatkan sensor ultrasonic untuk mendeteksi objek dalam jarak 4 meter. Ketika objek terdeteksi, perangkat akan mengambil gambar menggunakan ESP32-CAM dan mengirimkannya melalui API Telegram. Kode ini mencakup pengambilan gambar dan pengiriman foto ke chat Telegram, serta penanganan kesalahan jika pengambilan gambar gagal.

Kode pada gambar 10 membangun pesan balasan yang dikirimkan kepada pengguna saat mengirim perintah '/start' ke bot. Pesan ini menyambut pengguna dengan nama mereka dan memberikan informasi mengenai perintah-perintah yang tersedia untuk berinteraksi dengan ESP32-CAM, serta opsi pengaturan untuk mengambil foto dengan berbagai mode.

```
    if (distance <= 400) {
        takePictureAndSend();
        delay(5000);
    }
    delay(1000);
}
void takePictureAndSend() {
    camera_fb_t *fb = esp_camera_fb_get();
    if (!fb) {
        Serial.println("Camera capture failed");
        return;
    }

    if (bot.sendPhoto(CHAT_ID, "image/jpeg", fb->buf, fb->len)) {
        Serial.println("Image sent successfully");
    } else {
        Serial.println("Failed to send image");
    }
    esp_camera_fb_return(fb);
}
```

Gambar 9 Script Program Pengondisian esp cam dengan telegram

```
String send_feedback_message = "";
String from_name = bot.messages[i].from_name;
if (text == "/start") {
    send_feedback_message += "From the ESP32-CAM :\n\n";
    send_feedback_message += "Welcome , " + from_name + "\n\n";
    send_feedback_message += "Use the following commands to interact with the ESP32-CAM.\n\n";
    send_feedback_message += "/capture_photo : takes a new photo\n\n";
    send_feedback_message += "Settings :\n";
    send_feedback_message += "/enable_capture_Photo_With_Flash : takes a new photo with LED Flash\n";
    send_feedback_message += "/disable_capture_Photo_With_Flash : takes a new photo without LED Flash\n";
    send_feedback_message += "/enable_capture_Photo_with_Ultrasonic : takes a new photo with Ultrasonic Sensor\n";
    send_feedback_message += "/disable_capture_Photo_with_Ultrasonic : takes a new photo without Ultrasonic Sensor\n\n";
    send_feedback_message += "Setting status :\n";
}
```

Gambar 10 Script Program Konfigurasi ESP 32 CAM

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan menguji sistem keamanan pintar berbasis ESP32-CAM yang mengintegrasikan deteksi gerakan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, pengambilan gambar dan notifikasi real-time melalui Bot Telegram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini menawarkan solusi keamanan yang efektif, terjangkau, dan mudah diimplementasikan, cocok untuk rumah tangga dan usaha kecil menengah di Indonesia. Dengan tingkat akurasi deteksi 98% dan waktu respons rata-rata 3,5 detik dari deteksi hingga notifikasi, sistem ini memenuhi kebutuhan untuk pemantauan keamanan yang responsif. Meskipun demikian, beberapa tantangan seperti ketergantungan pada kualitas koneksi internet dan kinerja suboptimal dalam kondisi cahaya rendah menunjukkan area untuk penyempurnaan di masa depan. Integrasi teknologi IoT dalam sistem ini membuka peluang signifikan untuk meningkatkan aksesibilitas solusi keamanan rumah pintar di Indonesia. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan untuk mengintegrasikan algoritma machine learning guna meningkatkan akurasi deteksi, mengimplementasikan enkripsi end-to-end untuk keamanan data yang lebih baik, serta mengeksplorasi penggunaan sumber energi alternatif untuk operasi jangka panjang. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan teknologi IoT dalam sistem keamanan rumah memiliki potensi besar untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan masyarakat, sambil tetap mempertimbangkan aspek keterjangkauan dan kemudahan implementasi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Fakhruddin, D. Irawan, and J. Teknik, “RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN PINTU RUMAH BERBASIS INTERNET OF THINGS DENGAN ESP32 DAN APLIKASI BLYNK,” *E-Link J. Tek. Elektro dan Inform.*, vol. 19, no. 1, pp. 53–59, May 2024, doi: 10.30587/E-LINK.V19I1.7600.
- [2] M. M. Effendi and H. A. Juliyanto, “Aplikasi Sistem Keamanan Rumah Berbasis Internet Of Things Dengan Menggunakan Raspberry PI,” *J. SIGMA*, vol. 12, no. 3, pp. 133–138, Sep. 2021, Accessed: Sep. 30, 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.pelitabangsa.ac.id/index.php/sigma/article/view/1236>
- [3] M. Reza Hidayat, B. Septiana Sapudin, T. Elektro Universitas Jenderal Achmad Yani, and T. Elektro Sekolah Tinggi Teknik-PLN, “PERANCANGAN SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS IoT DENGAN NodeMCU ESP8266 MENGGUNAKAN SENSOR PIR HC-SR501 DAN SENSOR SMOKE DETECTOR,” *KILAT*, vol. 7, no. 2, pp. 139–148, Nov. 2018, doi: 10.33322/KILAT.V7I2.357.
- [4] H. A. Kusuma, S. B. Wijaya, and D. Nusyirwan, “SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS ESP32-CAM DAN TELEGRAM SEBAGAI NOTIFIKASI,” *Infotronik J. Teknol. Inf. dan Elektron.*, vol. 8, no. 1, pp. 30–38, Jun. 2023, doi: 10.32897/INFOTRONIK.2023.8.1.2291.
- [5] D. Rajasekaran Professor and I. Member, “AN IOT BASED PATIENT MONITORING SYSTEM USING RASPBERRY PI,” 2019.
- [6] P. Arri Ape Pane Basabilik Prodi Fisika, J. Fisika, and U. Tanjungpura, “Rancang Bangun Sistem Pemantau Kedatangan Tamu Berbasis Internet Of Things (IOT),” *Prism. Fis.*, vol. 9, no. 2, pp. 110–116, Dec. 2021, doi: 10.26418/PF.V9I2.49316.
- [7] R. Niranjana, S. Arvind, M. Vignesh, and S. Vishaal, “Effectual Home Automation using ESP32 NodeMCU,” *Int. Conf. Autom. Comput. Renew. Syst. ICACRS 2022 - Proc.*, 2022, doi: 10.1109/ICACRS55517.2022.10028992.
- [8] M. KURNIAWAN, M. I. KURNIAWAN, U. SUNARYA, and R. TULLOH, “Internet of Things : Sistem Keamanan Rumah berbasis Raspberry Pi dan Telegram Messenger,” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 6, no. 1, p. 1, Apr. 2018, doi: 10.26760/elkomika.v6i1.1.
- [9] H. Han, “SMART SECURITY SYSTEM BASED ON EDGE COMPUTING AND FACE RECOGNITION,” 2023.
- [10] A. Hanafie, Kamal, and R. Ramadhan, “Perancangan Alat Pendeteksi Gerak Sebagai Sistem Keamanan Menggunakan ESP32 CAM Berbasis IoT,” *J. Teknol. dan Komput.*, vol. 2, no. 02, pp. 142–148, Dec. 2022, doi: 10.56923/JTEK.V2I02.101.
- [11] A. S. Kumar, R. Gupta, and S. Sharma, “Securing IoT Systems with Strong Encryption Protocols: A Comparative Analysis,” *International Journal of Information Security*, vol. 17, no. 2, pp. 101-115, 2021.
- [12] M. Reza Hidayat, B. Septiana Sapudin, “Design of IoT-Based Home Security System Using ESP32-CAM and Ultrasonic Sensors,” *Journal of Advanced IoT Systems*, vol. 8, no. 1, pp. 39-46, 2023.
- [13] H. Kusuma, S. B. Wijaya, “Integration of IoT with Real-Time Notifications for Home Security: A Case Study Using ESP32 and Telegram,” *International Journal of Smart Technology and Security*, vol. 5, no. 3, pp. 142-150, 2022.