

JURITIKA

Jenis Artikel: *original research/review article*

Prototipe Sistem Keamanan Rumah Pintar dengan Sensor Ultrasonik menggunakan Kamera *Smartphone* dan Arduino

Muhammad Rizal Fachri^{1*}, Mursyidin², Muhammad Ikhsan³

^{1,2,3} Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

*Corresponding e-mail: m.rizalfachri@ar-raniry.ac.id

KATA KUNCI:

Arduino, *smart home*, ultrasonik, fritzting

Article History

Received: October, 19, 2024
Revised: November, 15, 2024
Accepted: November, 28, 2024
Published: January, 10, 2025

ABSTRAK. Sistem keamanan rumah pintar semakin berkembang dengan pesat. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sebuah prototipe sistem keamanan rumah pintar yang menggunakan teknologi kamera *smartphone* dan mikrokontroler Arduino untuk mendeteksi gerakan di sekitar rumah. Metode penelitian yang digunakan terdiri dari beberapa tahap, yaitu pengumpulan data, perencanaan awal, perancangan prototipe, dan pengujian prototipe. Kamera *smartphone* dipasang di lokasi strategis dan dipantau melalui sensor ultrasonik sebagai media pendeteksi gerakan objek, yang terhubung dengan Arduino. Arduino bertindak sebagai pengolah data dari kamera dan mengambil tindakan berdasarkan deteksi gerakan objek dari hasil pembacaan sensor. Sensor tersebut mengirimkan sinyal ke Arduino, yang memerintahkan kamera *smartphone* untuk mengambil foto atau merekam objek terdeteksi. Hasil rekaman atau foto disimpan dalam penyimpanan *smartphone* dan dapat disinkronkan dengan *cloud* untuk pemantauan jarak jauh. Hasil uji coba menunjukkan bahwa prototipe ini responsif terhadap pergerakan objek dengan jarak deteksi optimal antara 1 hingga 2 meter. Pada jarak ini, *relay* dapat aktif sekitar 53 hingga 58 kali per menit, dengan menghasilkan 26 hingga 30 foto dari kamera *smartphone*. Jarak yang lebih jauh dari 3 meter mengakibatkan jumlah aktivasi *relay* yang lebih rendah, dengan 39 hingga 47 aktivasi per menit dan kamera *smartphone* mengambil 17 hingga 22 foto.

1. Pendahuluan

Rumah merupakan tempat untuk berlindung dan menyimpan barang-barang berharga didalamnya. Seharusnya rumah dapat memberikan ketenangan kepada pemiliknya. Akan tetapi, perasaan resah sering kali muncul manakala meninggalkan rumah dalam keadaan kosong. Perasaan resah ini sering kali muncul oleh adanya kemungkinan terjadinya pencurian terhadap barang berharga. Karena manakala rumah dalam keadaan kosong sering dimanfaatkan oleh pencuri untuk melakukan aksinya. Sehingga banyak rumah yang ditinggal dalam keadaan kosong oleh pemiliknya dibobol oleh pencuri.

Keamanan rumah dari pencurian paling diharapkan oleh semua orang. Namun untuk mewujudkan keamanan rumah dari pencurian bukanlah hal yang mudah. Bahkan banyak orang untuk menjaga rumahnya dari kemalingan menggunakan tenaga manusia sebagai penjaga rumah yang biasanya disebut *security* atau satpam. Namun kelemahan *security* atau satpam adalah tidak dapat bekerja secara maksimal untuk menjaga rumah karena keterbatasan indra (Urdiales dkk., 2018) (Sanusiadam, 2016).

Opsi lain untuk keamanan rumah adalah menggunakan kamera pengawas atau CCTV (*Closed Circuit Television*). Sistem keamanan menggunakan CCTV ini dapat merekam manusia yang masuk ke dalam rumah. Sistem keamanan rumah ini hanya berfokus pada penggunaan sensor gerakan *standalone* atau kamera CCTV yang memerlukan perangkat tambahan dan infrastruktur kabel yang kompleks. Namun, dengan berkembangnya teknologi *smartphone* dan kemampuannya untuk berkomunikasi dengan perangkat lain melalui jaringan nirkabel yang telah ada pada *smartphone*, kita sekarang dapat memanfaatkan kamera *smartphone* yang ada dalam kehidupan sehari-hari untuk tujuan keamanan rumah (Yuliza dkk., 2023) (Riegler dkk., 2019).

Kemajuan teknologi telah memungkinkan pengembangan sistem keamanan rumah yang lebih cerdas dan efektif. Salah satu perkembangan terbaru dalam hal ini adalah integrasi perangkat kamera *smartphone* dengan mikrokontroler Arduino untuk mendeteksi gerakan dan meningkatkan keamanan rumah. Oleh karena itu sistem keamanan yang bisa *realtime* menjaga rumah dari orang yang tidak diinginkan merupakan suatu kebutuhan saat ini. Penelitian ini dilakukan untuk membuat suatu sistem yang dapat bekerja penuh waktu untuk memantau dan memberikan informasi bila ada keadaan yang mencurigakan di sekitar rumah secara *realtime* kepada pemiliknya (Riegler dkk., 2019).

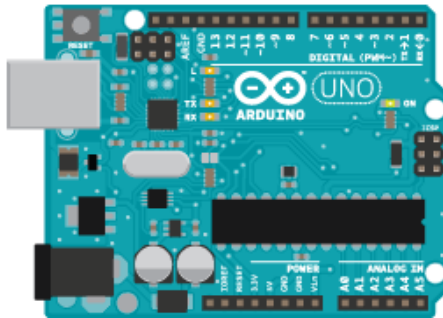
Integrasi Arduino, platform mikrokontroler yang fleksibel dan mudah diakses, dengan kamera *smartphone* dapat memberikan solusi keamanan rumah yang cerdas dan terjangkau. Kamera *smartphone* dapat berfungsi sebagai sensor penglihatan yang canggih, dan Arduino dapat digunakan untuk mengkoordinasikan deteksi gerakan dengan bantuan sensor gerak untuk mendeteksi berbagai tindakan yang diperlukan, seperti mengaktifkan alarm, merekam video, atau mengirim pemberitahuan bisa melalui *smartphone* yang telah digunakan ke pemilik rumah melalui jaringan internet.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Arduino

Arduino merupakan platform open-source yang mudah digunakan dalam membuat suatu proyek berbasis pemrograman. *Arduino board* mampu membaca inputan berupa sensor, tombol dan mengolah *input* menjadi *output* seperti mengaktifkan motor, menyalakan LED dan sebagainya (Dwi dan Lutfiana, 2015). Anda dapat memprogram *Arduino board* dengan memberikan set instruksi tertentu dengan menggunakan *Arduino programming language*, dan *software* Arduino (IDE).

Arduino dapat bekerja di Mac, Windows, dan Linux. Arduino dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti membuat instrumen ilmiah untuk membuktikan prinsip – prinsip kimia dan fisika, atau untuk pemrograman robotika. Salah satu Arduino yang banyak digunakan adalah Arduino Uno. Arduino Uno adalah papan terbaik untuk belajar elektronik dan *coding* yang memiliki tingkat ketahanan yang kuat sehingga banyak digunakan.



Gambar 1. Board Arduino Uno (Akbar dkk., 2019)

Arduino Uno memiliki 6 input analog, berlabel A0 melalui A5, yang masing-masing menyediakan 10 bit resolusi (yaitu: 1024 nilai yang berbeda). Pemrograman Arduino menggunakan struktur Bahasa C. Mekanisme pemrogramannya Arduino sama dengan mikrokontroler pada umumnya. Mulai dari membuat *sketch* program, meng-*compile*, selanjutnya proses *upload* pada papan Arduino. Pengisian program dengan metode *upload* ialah mengisi papan Arduino dengan program yang sudah berbentuk *Hex* atau hasil *compile* dari bahasa C ke bahasa mesin.

2.2 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Sensor ultrasonik pada Arduino bekerja dengan mengukur waktu yang diperlukan oleh gelombang suara ultrasonik untuk bergerak dari sensor ke objek yang diukur dan kembali ke sensor. Sensor ini dapat mengukur jarak dari 2cm-4cm dengan akurasi 3mm (Limantara dkk., 2017). Sensor ultrasonik sangat berguna dalam berbagai proyek Arduino, seperti kendaraan otonom, pengukuran jarak, penghindaran hambatan, dan banyak lagi, karena sensor ini dapat memberikan informasi tentang jarak objek secara akurat dengan cepat.

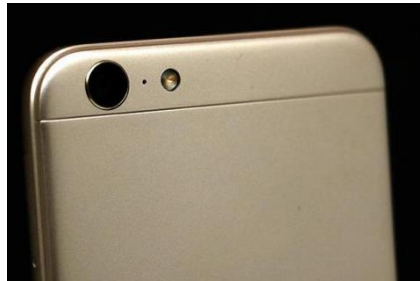


Gambar 2. Sensor Ultrasonik

Cara kerja sensor ultrasonik Arduino: Sensor ultrasonik mengirimkan gelombang suara ultrasonik (biasanya pada frekuensi 40 kHz) ke objek yang ingin diukur. Gelombang suara ultrasonik akan memantul dari objek yang diukur ketika mencapai objek tersebut. Sensor ultrasonik segera beralih ke mode penerimaan setelah mengirimkan gelombang suara. Saat gelombang suara kembali ke sensor setelah memantul dari objek, sensor mendeteksi dan mengukur waktu yang diperlukan untuk gelombang suara pergi dan kembali. Berdasarkan waktu yang diukur untuk perjalanan gelombang suara, Arduino melakukan perhitungan sederhana untuk mengestimasi jarak antara sensor dan objek. Perhitungan ini menggunakan kecepatan suara dalam udara (sekitar 343 meter per detik pada suhu 20 derajat Celsius) dan waktu yang diukur. Hasil perhitungan jarak dapat dibaca dari Arduino dan digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti mengendalikan perangkat berdasarkan jarak atau menampilkan jarak pada layar (Nasution, 2017).

2.3 Kamera Smartphone

Kamera *smartphone* adalah komponen utama dari ponsel pintar (*smartphone*) yang memungkinkan pengguna untuk mengambil foto dan merekam video dengan mudah. Kamera *smartphone* telah mengalami perkembangan pesat dalam beberapa tahun terakhir dan telah menjadi salah satu fitur yang paling dicari dalam ponsel pintar. Kamera *smartphone* terdiri dari beberapa komponen utama, seperti: Lensa, sensor gambar, proses gambar, perangkat lunak kamera, stabilitasi gambar, dll. Lensa adalah komponen fisik yang memungkinkan cahaya masuk ke dalam kamera. Lensa *smartphone* biasanya terbuat dari kaca atau plastik berkualitas tinggi dan saat ini sebuah *smartphone* dapat memiliki berbagai tipe, seperti lensa sudut lebar, lensa telefoto, atau lensa makro (Dickson, 2019).



Gambar 3. Kamera Handphone

2.4 Relay

Relay adalah perangkat elektronik yang digunakan dalam proyek-proyek berbasis Arduino dan mikrokontroler lainnya untuk mengontrol perangkat listrik tingkat tinggi, seperti lampu, motor, atau alat elektronik lainnya. *Relay* bekerja sebagai saklar elektronik yang dikendalikan oleh sinyal listrik dari Arduino. *Relay* Arduino digunakan dalam berbagai proyek otomatisasi rumah, seperti mengendalikan lampu, kipas, pompa air, atau sistem pemanas. Mereka juga digunakan dalam proyek-proyek industri dan elektronik untuk mengontrol peralatan berdaya tinggi.

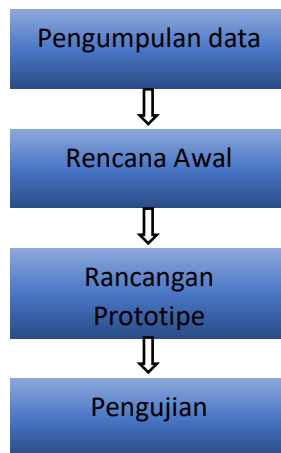


Gambar 4. Relay Arduino

Prinsip kerja *relay* dimana Arduino mengirimkan sinyal digital (biasanya *HIGH* atau *LOW*) melalui pin *output* ke *relay*. Sinyal ini mengontrol apakah relay akan dalam keadaan *ON* (terhubung) atau *OFF* (putus). *Relay* memiliki dua atau lebih kontak elektrik yang berfungsi seperti saklar fisik. Ketika relay dalam keadaan *ON*, kontak tersebut akan terhubung dan memungkinkan arus listrik mengalir ke perangkat yang dikendalikan. Ketika *relay* dalam keadaan *OFF*, kontak tersebut terputus, memutus aliran listrik ke perangkat. *Relay* juga memberikan isolasi *galvanic* antara sinyal kontrol dari Arduino dan perangkat yang dikendalikan. Ini berarti arus listrik dari perangkat yang dikendalikan tidak mengalir kembali ke Arduino, sehingga melindungi mikrokontroler dari kerusakan (Wong, 2011)

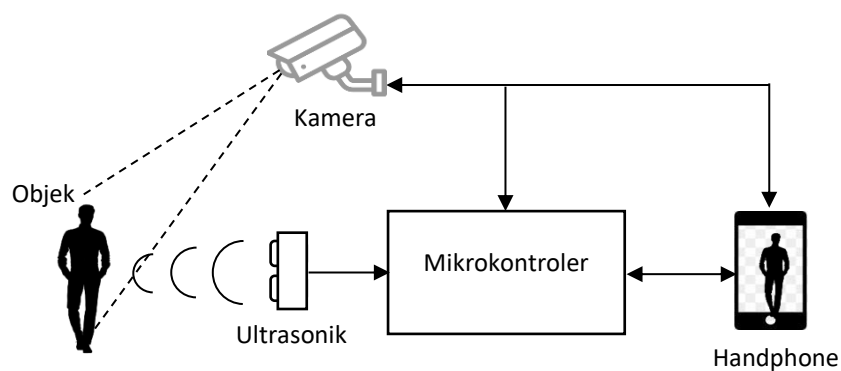
3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian yaitu dengan melakukan beberapa tahap seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Beberapa tahap antara lain yaitu: pengumpulan data, rencana awal, perancangan prototipe dan pengujian prototipe. Pengumpulan data merupakan bagian yang sangat penting dalam proses perancangan prototipe, yaitu dengan mempelajari studi literatur dan observasi agar mengetahui kebutuhan yang diperlukan dalam merancang perangkat keras dan lunaknya.



Gambar 5. Tahapan penelitian

Rencana awal prototipe yang dibuat agar memudahkan dalam perancangan prototipe dapat dilihat pada Gambar 6, dimana semua berkerja sesuai yang digambarkan. Komponen yang dibutuhkan seperti sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi objek yang bergerak, dan dikirim hasil pembacaannya ke mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno, yang kemudian mikrokontroler memerintahkan *relay* untuk menyala dan mengirim perintah menyalakan kamera untuk merekam atau memfoto objek yang dideteksi oleh sensor, kamera smartphone yang digunakan adalah kamera *handphone* standar.

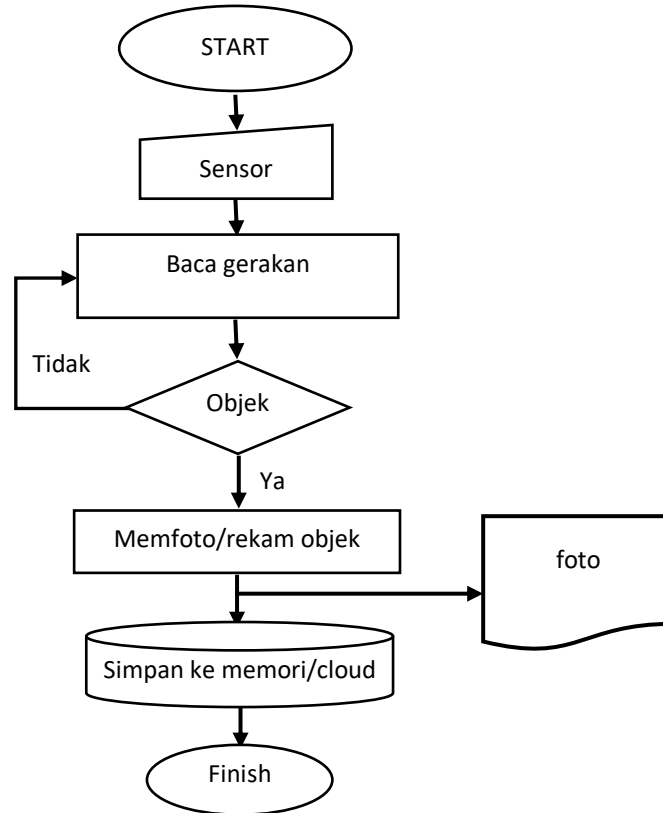


Gambar 6. Skema rencana awal rancangan prototipe sistem keamanan rumah pintar

Rancangan prototipe berupa kumpulan dari tiap komponen elektronik yang di pakai untuk membentuk suatu alat dari hasil pengumpulan data dan observasi awal untuk menganalisis kebutuhan yang dibutuhkan sebelumnya. Tahapan akhir setelah prototipe dibangun maka dilakukan pengujian akan unjuk kerja, serta waktu respon dari keseluruhan perangkat yang telah dibangun, seperti kinerja sensor ultrasonik dan kamera.

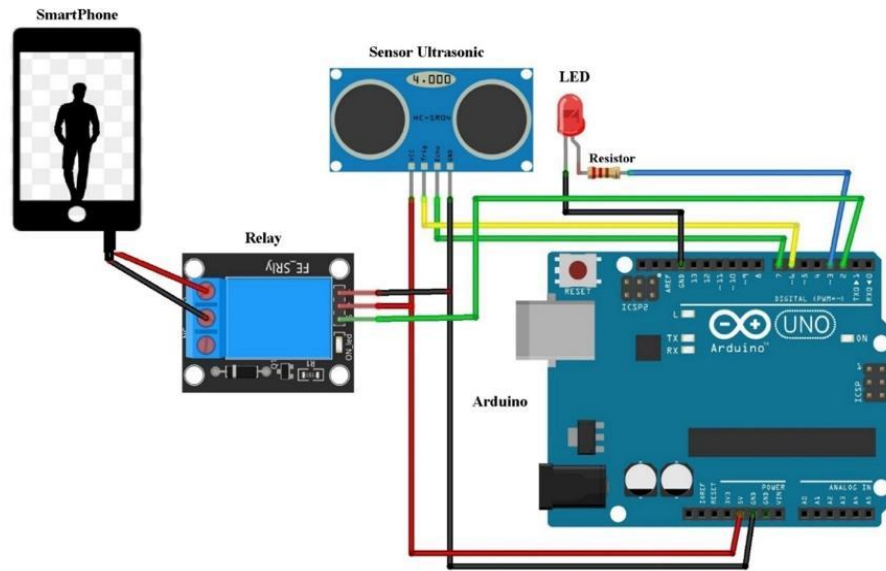
4. Hasil dan Pembahasan

Untuk memperjelas lebih lanjut sistem kerja prototipe yang dibangun, maka dapat dilihat pada Gambar 7. Sedangkan, bentuk rancangan sistem untuk penempatan setiap komponen pada sistem keamanan rumah pintar menggunakan Arduino ini di desain dengan memakai aplikasi Fritzing, aplikasi ini dapat dipakai untuk menggambar skematik bentuk dari rangkaian elektronika yang telah dirancang sesuai dengan kebutuhan. Berikut adalah beberapa design dari sistem hardware elektronik alat sistem keamanan rumah pintar ini dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 7. Diagram alur sistem kerja keamanan rumah pintar

Sistem kerja perangkat ini, sebagai media untuk mendeteksi objek yang menghalangi sensor ultrasonik, bila ada objek yang melintas di depan sensor maka sensor akan mendeteksi itu sebagai pergerakan yang kemudian mengirim sinyal ke mikroprosesor. Mikroprosesor yang digunakan adalah mikroprosesor yang berbasis Arduino Uno. Tugas mikroprosesor mengirimkan sinyal masukan untuk memerintahkan kamera untuk merekam atau memfoto pergerakan dan keberadaan objek tersebut, jika tidak ada objek yang terdeteksi maka akan dideteksi kembali lagi ke sensor untuk mendeteksi pergerakan objek selanjutnya dengan durasi waktu jeda yang digunakan selama 1 detik. Hasil rekaman atau foto yang dihasilkan disimpan ke memori penyimpanan *smartphone* dan bisa saja di sinkronkan ke *cloud* sehingga juga dapat dipantau dari jarak jauh dengan mengakses *cloud* yang disinkronkan dengan *smartphone*.

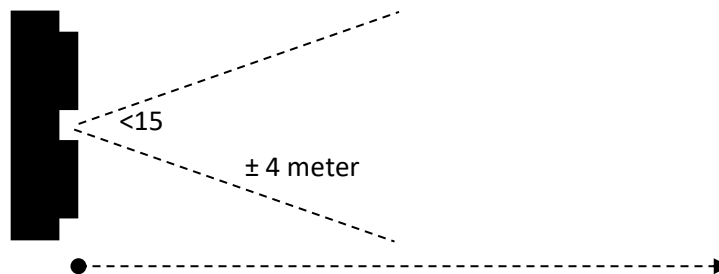


Gambar 8. Skematik rangkaian sistem yang dibangun

Sensor yang digunakan sebagai masukan ke mikrokontroler untuk mendeteksi pergerakan yaitu sensor *ultrasonic* dengan jarak jangkauan mendeteksi objek maksimal kurang lebih 4 meter. Mikrokontroler yang digunakan yaitu Atmega 328p besutan Arduino. *Relay* digunakan sebagai *output* untuk memerintahkan *smartphone* untuk bekerja mengambil foto objek yang terdeteksi oleh sensor dan LED digunakan sebagai indikator bahwa objek terdeteksi.

Sensor yang menangkap pergerakan objek akan mengirimkan sinyal masukan ke mikrokontroler yang akan memerintahkan *relay* bekerja sebagai pengeksekusi *smartphone* agar melakukan pengambilan foto objek dan mikrokontroler juga memerintahkan LED untuk menyala sebagai indikator bahwa objek terdeteksi oleh sensor. Mikrokontroler telah diatur untuk memerintahkan agar menangkap pergerakan tiap satu menit sekali agar *relay* dan lampu indikator bekerja.

Sensor dapat bekerja responsif setiap kali ada objek dihadapan sensor sampai jarak batas maksimum sensor bekerja yaitu sekitar 4 meter, dengan sudut area yang terbaca dari sensor kurang dari 15 derajat, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Alat ini dapat mendeteksi hampir semua objek yang berada dihadapannya baik itu manusia, hewan dan bahkan benda mati sekalipun jika ada yang menghalangi sensor tersebut. Alat ini akan terus bekerja jika objek tetap berada di hadapan sensor dan akan mengambil foto objeknya tiap 1 detik sekali sampai objek tidak ada lagi berada dihadapan sensor. Uji coba kinerja dari sensor dan keseluruhan prototipe yang dibangun dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 9. Jarak dan sudut area deteksi sensor

Tabel 1. Ujicoba respon relay dan kamera smartphone terhadap objek yang dideteksi selama 1 menit

Jarak (Meter)	Respon Relay per menit	Jumlah Foto
1	58	30
2	53	26
3	47	22
4	39	17
5	-	-

Dari percobaan yang dilakukan, sensor dapat mendeteksi objek dengan baik di jarak 1-2 Meter, yang dapat mengaktifkan relay sekitar 53-58 kali untuk memerintah kamera *smartphone* untuk memfoto objek, sehingga didapat hasil gambar foto sekitar 26-30 lembar foto. Bila jarak objek makin jauh > 3 meter dari sensor, maka *relay* akan aktif sekitar 39-47 kali untuk memerintah kamera *smartphone* untuk memfoto objek, yang menghasilkan jumlah gambar foto sekitar 18-22 lembar foto. Kamera *smartphone* yang digunakan masih cukup lambat dalam merespon perintah yang dikirim oleh *relay*, bahkan bisa sampai >2 kali perintah yang dikirim hanya menghasilkan 1 gambar foto. Hal ini sangat berpengaruh terhadap jenis perangkat *handphone* yang digunakan dalam pemrosesan foto sehingga cepatnya respon dari perintah akan berpengaruh dalam jumlah banyaknya hasil foto yang didapat.

Namun, prototipe ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Salah satu kendala utama adalah jangkauan deteksi sensor ultrasonik yang hanya mencapai maksimal 4 meter dengan sudut deteksi kurang dari 15 derajat, sehingga area pemantauan menjadi terbatas. Selain itu, respon kamera *smartphone* terhadap perintah relay sering kali lambat, di mana beberapa perintah relay hanya menghasilkan satu foto, terutama pada perangkat dengan kemampuan pemrosesan rendah. Masalah ini berdampak pada jumlah hasil foto yang tidak sesuai dengan jumlah perintah yang dikirim, terutama pada jarak yang lebih jauh dari sensor.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, beberapa solusi dapat diterapkan. Peningkatan jangkauan sensor ultrasonik dengan spesifikasi yang lebih baik dapat memperluas area pemantauan. Selain itu, penggunaan *smartphone* dengan spesifikasi kamera dan prosesor yang lebih tinggi akan meningkatkan kecepatan respon terhadap perintah relay. Alternatif lain adalah mengganti *smartphone* dengan kamera eksternal yang dirancang khusus untuk pengambilan gambar cepat, sehingga hasil yang diperoleh lebih konsisten. Optimalisasi sistem juga dapat dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler yang memiliki kapasitas pemrosesan lebih tinggi untuk mengurangi delay antara deteksi objek, perintah relay, dan tanggapan kamera. Penambahan sensor tambahan, seperti PIR (Passive Infrared), juga dapat melengkapi sistem untuk mendeteksi pergerakan yang tidak terdeteksi oleh sensor ultrasonik. Dengan solusi ini, diharapkan prototipe dapat meningkatkan keandalan dan kinerjanya dalam mendeteksi serta merekam pergerakan objek.

5. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian dan pengujian yang telah dilakukan dalam merancang prototipe sistem keamanan rumah pintar dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Prototipe sistem keamanan rumah pintar dirancang dengan sensor ultrasonik untuk mendeteksi objek hingga jarak 4 meter dengan sudut deteksi kurang dari 15 derajat, Arduino Uno sebagai mikrokontroler untuk mengelola sistem, dan kamera *handphone* untuk merekam atau mengambil foto objek yang terdeteksi, dengan performa optimal pada jarak 1-2 meter.
2. Respon kamera *smartphone* terhadap perintah relay dipengaruhi oleh performa perangkat. Pada jarak 3-4 meter, jumlah foto yang dihasilkan menurun akibat keterbatasan respon perangkat, sedangkan pada jarak lebih dari 4 meter, sensor tidak lagi mendeteksi objek dengan baik.

3. Sistem ini dirancang responsif dengan jeda waktu deteksi sekitar 1 detik dan mendukung penyimpanan lokal serta dapat disinkronisasi ke cloud untuk pemantauan jarak jauh, meski performa terbaik tercapai pada jarak pendek hingga menengah.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada para asisten Laboratorium Energi Listrik di UIN Ar-Raniry Banda Aceh, yang telah supportif atas bantuan dan menguji keberhasilan alat dalam menyelesaikan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Miftahul Huda, A., Zuraiyah, T., & Hakim, F. (2019). Prototype Alat Pengukur Jarak Dan Sudut Kemiringan Digital Menggunakan Sensor Ultrasonik Dan Accelerometer Berbasis Arduino Nano. *BINA INSANI ICT JOURNAL*, 6(2), 75-84. Retrieved from <https://ejournal-binainsani.ac.id/index.php/BIICT/article/view/1233>.
- Arduino. (n.d.). Arduino Control High Voltage Devices. Dikutip 15 Februari 2023 dari: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/Foundations/Relays>.
- Dickson Kho. (2019). Pengertian LED dan Cara Kerjanya. Dikutip 20 Juli 2019 dari Teknik Elektronika : <https://teknikelektronika.com/pengertian-led-light-emitting-diode-cara-kerja/>
- Dwi A,Lutfiana. (2015). Pengertian Mikrokontroler Arduino. Dikutip 20 Juli 2019 dari pengertian mikrokontroler Arduino Uno: <https://lutfianadwi.wordpress.com/2015/12/18/pengertian-mikrokontroler-arduino-uno/>
- Limantara, A. D., Purnomo, Y. C., & Mudjanarko, S. W. (2017). Pemodelan sistem pelacakan lot parkir kosong berbasis sensor ultrasonic dan Internet of Things (IoT) pada lahan parkir diluar jalan. In Seminar Nasional Sains dan Teknologi (pp. 1-10). Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Riegler, G., & Kopsell, S. (2019). Using Smartphones for Home Security. *IEEE Pervasive Computing*, 18(4), 41-49.
- Sanusiadam79. (2016). Sistem Keamanan Komputer. Dikutip 19 Juli 2019 dari sistem keamanan komputer: <https://sanusiadam79.wordpress.com/2016/06/28/sistem-keamanan-komputer/>
- Urdiales, C., et al. (2018). Smartphone-Based Indoor Positioning Systems for Emergency Response. *Sensors*, 18(3), 724.
- Wong, K. (2021). The Evolution of Smartphone Cameras: A Brief History. *The Guardian*. Dikutip 15 Februari 2023 dari: <https://www.theguardian.com/technology/2021/jul/15/the-evolution-of-smartphone-cameras-a-brief-history>.
- Yuliza, Y., Rahmawati, Y., Lenni, L., & Salim, M. I. (2023). PURWARUPA PENGAWAS KEAMANAN RUMAH MENGGUNAKAN ROBOT MOBILE BERODA BERBASIS SENSOR ULTRASONIK DAN PIR. *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 25(1), 17-24. <https://doi.org/10.14710/transmisi.25.1.17-24>