

JURITIKA

Jenis Artikel: *original research*

Pengembangan Robot Light Follower Berbasis IoT

Fulqana Saputra^{1*}, Muhammad Rizal Fachri¹

¹Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Ar-raniry Banda Aceh, Jl. Syekh Abdul Rauf Darussalam, Banda Aceh, 23111, Indonesia.

*Corresponding e-mail: 180211083@student.ar-raniry.ac.id

KATA KUNCI:

Internet of things, Robot light follower, Sistem keamanan rumah, Mikrokontroler, Blynk.

Diterima: 21 Maret 2026
Direvisi: 27 Juni 2026
Diterbitkan: 30 Juni 2026

ABSTRAK. Tingginya risiko pencurian pada rumah tinggal yang ditinggalkan pemiliknya dalam waktu lama menuntut adanya sistem keamanan otomatis yang adaptif dan responsif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji performa *robot light follower* berbasis *Internet of Things* (IoT) sebagai sistem monitoring pengaman rumah tinggal secara *real-time*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen kuantitatif melalui tahapan perancangan sistem, perakitan mekanis, integrasi perangkat keras, serta pengujian fungsional komponen. Robot yang dirancang berbasis mikrokontroler ATmega sebagai pusat kendali utama, modul ESP8266 sebagai gerbang konektivitas internet, serta dilengkapi multi-sensor yang terintegrasi dengan aplikasi Blynk. Hasil pengujian menunjukkan seluruh komponen fungsional bekerja secara presisi; sensor LDR responsif membedakan intensitas cahaya (nilai 998 pada kondisi gelap dan 52 pada kondisi sangat terang), sensor MQ-5 andal mendeteksi gas pada rentang nilai pembacaan 200 hingga 600, sensor api efektif mendeteksi sumber panas hingga jarak optimal 70 cm, dan sensor ultrasonik mencatatkan akurasi tinggi dengan selisih ukur 0 cm. Dari segi performa mekanis, motor servo dan motor DC mampu mengeksekusi pergerakan serta perubahan sudut secara akurat. Pengujian sistem IoT membuktikan bahwa integrasi Blynk berhasil mengirimkan notifikasi peringatan ke smartphone pengguna secara konsisten saat sensor mendeteksi anomali, dengan rata-rata waktu keterlambatan pengiriman (delay) sebesar 15 detik. Penelitian ini menyimpulkan bahwa robot yang dikembangkan layak dan efektif digunakan untuk mendukung sistem otomasi pengawasan rumah tinggal yang efisien.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi elektronika dan Internet of Things (IoT) saat ini mengalami akselerasi yang sangat pesat. Integrasi kedua bidang ini memungkinkan penciptaan sistem cerdas yang mampu bekerja

secara otomatis, presisi, ekonomis, efisien, dan praktis guna mempermudah berbagai aktivitas manusia (R. Nofrialdi, 2023). Salah satu sektor yang sangat membutuhkan sentuhan teknologi otomasi ini adalah sistem keamanan dan pengawasan lingkungan, khususnya untuk area domestik atau rumah tinggal.

Dalam dinamika kehidupan modern, keterbatasan waktu memaksa pemilik rumah untuk sering meninggalkan kediaman mereka dalam jangka waktu yang lama. Rumah yang berada dalam kondisi kosong tanpa penghuni memiliki risiko kerentanan yang sangat tinggi terhadap tindak kriminalitas, khususnya pencurian. Kelalaian dan keterbatasan pengawasan konvensional sering kali membuat rumah tinggal menjadi target utama pelaku kejahatan, yang pada akhirnya menimbulkan kerugian material dan non-material yang signifikan bagi pemilik rumah. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem proteksi dini yang tidak hanya bersifat statis, melainkan adaptif dan mampu bergerak secara mandiri (mobile) untuk memantau setiap sudut ruangan.

Penggunaan teknologi robotika berbasis sensor sebetulnya telah banyak dikembangkan untuk membantu pengawasan lingkungan (R. Nur dan M. A. Suyuti, 2018). Proses perancangan robotika yang baik ditujukan untuk melahirkan produk yang mampu mendeskripsikan cara kerja sistem secara rinci demi memenuhi kebutuhan pengguna, baik melalui perancangan input, output, maupun pemrosesan data (F. A. Simanjuntak, 2023; Y. F. Surya, 2021).

Sebagian besar sistem robot pengawas rumah atau light follower robot yang dikembangkan sebelumnya hanya berfokus pada navigasi pergerakan tunggal dan bersifat lokal tanpa integrasi jaringan luar. Di sisi lain, sistem keamanan berbasis IoT statis seperti IP Camera memiliki keterbatasan blind spot (sudut mati) karena posisinya yang tidak dapat berpindah tempat. Selain itu, belum banyak sistem robot pelacak cahaya (light follower) yang dioptimalkan sekaligus sebagai robot patroli multi-sensor yang mampu mendeteksi ancaman sekunder seperti kebocoran gas beracun dan indikasi kebakaran dini secara simultan dalam satu kesatuan sistem yang terintegrasi ke cloud.

Untuk mengisi celah (gap) penelitian tersebut, penelitian ini mengusulkan sebuah inovasi berupa pengembangan robot light follower multi-sensor yang diintegrasikan dengan ekosistem IoT melalui aplikasi Blynk.

2. Kajian Pustaka

Massimo Banzi dan David Cuartielles mengembangkan arduino untuk membantu dan mendukung siswa dalam merancang alat. Arduino sangat mudah di akses semua kalangan dengan harga yang murah. Pertama kali jenis arduino yang diperkenalkan berupa jenis Arduino Uno R3 yang dirilis pada tahun 2011 (R. Tullah, 2019). Pada jenis pertama ini arduino berupa papan (*board*) yang berisikan mikrokontroler. Arduino dapat dikatakan sebuah papan mikrokontroler seperti yang di tampilkan pada gambar dibawah ini.

Arduino adalah salah satu alat pembelajaran mikrokontroler sebagai proyek percontohan berlisensi yang digunakan untuk membuat bergai alat yang yang sudah memiliki panduan dan komponen-komponen elektronika. Dalam implementasinya, tidak menutup kemungkinan arduino menjadi sistem yang menarik (M. R. Fachri, 2022). Arduino didesain dengan struktur dan user interface yang sederhana, sehingga prinsip kerjanya mudah dipahami. Pada tahun 2009, modul Arduino yang diterjemahkan dan dikembangkan meliputi Diecimilia, Uno, Duemikanove, Nano, Mega, dan LilyPad, di mana setiap modul menggunakan rangkaian mikrokontroler yang berbeda setiap modulnya (M. Mediawan, 2018).

Light Dependent Resistor (LDR) merupakan salah satu jenis resistor dengan nilai hambatannya yang dapat dipengaruhi oleh cahaya yang diterima olehnya. Besar kecilnya nilai hambatan pada LDR tergantung pada besar kecilnya intensitas cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri. Penerapan yang paling sering di jumpai penggunaan LDR ini adalah pada lampu taman dan lampu di jalan yang bisa menyala pada malam hari dan mati pada siang hari secara otomatis (R. H. Saputra, 2023), (D. Desmira, 2022).

Sensor MQ-5 adalah sensor gas yang dirancang untuk mendeteksi berbagai jenis gas, terutama LPG (Liquid Petroleum Gas), metana (CH_4), dan hidrogen (H_2). Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip

perubahan resistansi material sensitif ketika terpapar gas yang terdeteksi. MQ-5 merupakan salah satu sensor yang sering digunakan dalam sistem keamanan, kontrol kualitas udara, dan aplikasi monitoring gas lainnya (A. Sato, 2022), (A. Manhas, 2021).

Sensor api merupakan sensor yang mempunyai fungsi sebagai pendeteksi nyala api yang dimana api tersebut memiliki panjang gelombang antara 760nm–1100nm. Detektor api ini memiliki sudut baca 60 derajat dan beroperasi pada suhu antara 25 hingga 85 derajat Celsius Jarak baca antara sensor dan objek yang terdeteksi tidak boleh terlalu dekat untuk menghindari kerusakan pada sensor (P. Sokibi, 2020).

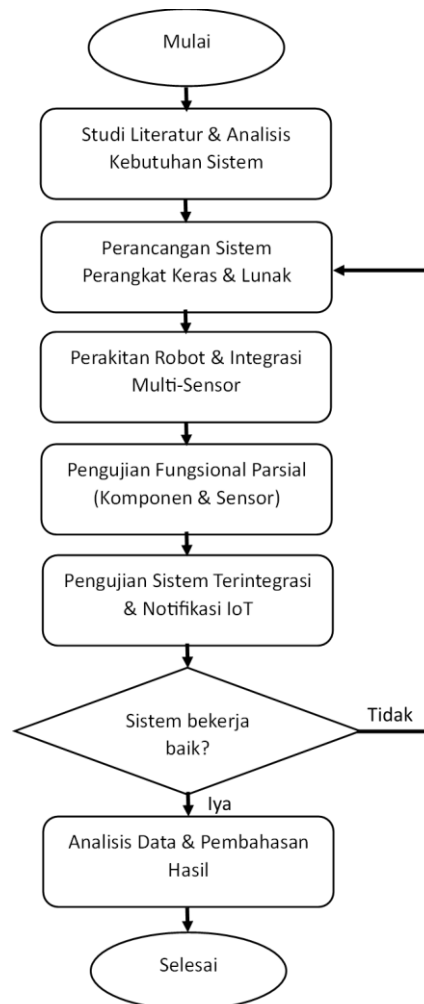
Sensor ultrasonik merupakan jenis sensor yang digunakan untuk mendeteksi objek dengan mengukur jarak objek. Sensor ini dapat mengukur jarak dengan sangat akurat. Dalam robotika, sensor jarak sama bermanfaatnya dengan mata. Robot dapat melihat objek di depannya berkat sensor ini (V. A. Fergiyawan, 2018).

Motor servo merupakan perangkat aktuator (motor) berputar yang dilengkapi dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo) sehingga dapat diatur atau disesuaikan untuk menentukan dan menjamin posisi sudut poros keluaran. Motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, rangkaian roda gigi, rangkaian kontrol, dan potensiometer (P. H. Duha,, 2019)

ESP8266 adalah modul Wi-Fi serbaguna yang memungkinkan perangkat untuk terhubung ke internet dengan mudah dan efisien. Dengan fitur lengkap, kinerja yang andal, dan dukungan komunitas yang luas, ESP8266 menjadi pilihan populer untuk pengembangan perangkat IoT dan aplikasi berbasis jaringan (N. F. Mohamad, 2020).

3. Metode Penelitian

Pendekatan eksperimen kuantitatif dalam penelitian ini seperti yang ditunjukkan pada gambar 1, diawali dengan tahapan studi literatur dan analisis kebutuhan sistem. Pada fase ini, dilakukan pengumpulan referensi teoretis mengenai mikrokontroler ATmega, arsitektur sensor, dan protokol komunikasi IoT, yang dilanjutkan dengan pemetaan spesifikasi teknis komponen agar sistem mampu mengakomodasi kebutuhan deteksi lingkungan secara akurat. Setelah kebutuhan komponen teridentifikasi, penelitian melangkah ke tahap perancangan sistem perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Perancangan perangkat keras berfokus pada pemetaan skema hubungan pin antara mikrokontroler sebagai pusat kendali dengan modul input-output, sedangkan perancangan perangkat lunak melibatkan penyusunan algoritma pemrograman pada Arduino IDE untuk mengatur logika pembacaan sensor, interupsi keselamatan, serta mekanisme komunikasi data menuju cloud. Diagram alur penelitian ditunjukkan pada gambar 1, sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Alur penelitian

Tahap berikutnya adalah perakitan robot dan integrasi multi-sensor, di mana seluruh komponen elektronik diintegrasikan ke atas sasis robot. Pemasangan sensor LDR diposisikan secara strategis untuk menangkap arah cahaya panduan, sementara sensor MQ-5, sensor api, dan ultrasonik diletakkan pada sudut pandang optimal agar robot dapat memantau situasi sekitar tanpa mengalami blind spot. Setelah proses perakitan selesai, dilakukan pengujian fungsional parsial (unit testing) untuk mengkalibrasi dan memastikan setiap komponen bekerja sesuai spesifikasinya masing-masing, seperti menguji nilai ADC LDR, linearitas sensor gas, sensitivitas sensor api, akurasi ultrasonik, serta responsivitas motor penggerak.

Proses penelitian kemudian dilanjutkan dengan pengujian sistem terintegrasi dan notifikasi IoT guna mengevaluasi kinerja robot dalam skenario nyata. Pada tahap ini, keandalan modul ESP8266 dalam menjembatani mikrokontroler dengan aplikasi Blynk diuji secara intensif, khususnya untuk mengukur keberhasilan pengiriman pesan peringatan dan parameter waktu tunda (delay) notifikasi. Jika ditemukan kegagalan sistem pada tahap ini, perbaikan kode pemrograman atau evaluasi ulang koneksi perangkat keras akan dilakukan. Terakhir, setelah sistem dipastikan bekerja dengan konsisten, penelitian ditutup dengan tahapan analisis data dan pembahasan hasil, di mana seluruh data kuantitatif yang diperoleh dari eksperimen dikumpulkan, dihitung rata-ratanya, dan dianalisis secara deskriptif untuk menarik kesimpulan ilmiah mengenai kelayakan robot sebagai sistem pengawas rumah tinggal yang efisien.

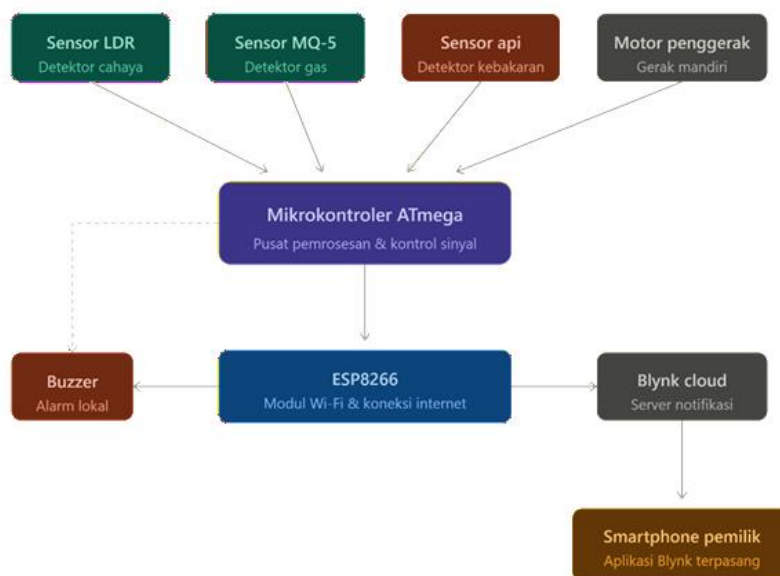
4. Hasil Penelitian

Hasil dari penelitian ini merupakan robot yang dapat bergerak secara mandiri dan dapat mengirim pesan dalam bentuk notifikasi kepada pemiliknya melalui smartphone yang telah terhubung sebelumnya dengan robot, pesan ini di kirim melalui aplikasi blynk yang telah terinstal di smartphone pemiliknya.

Diagram blok sistem dibangun dari beberapa bagian utama yaitu:

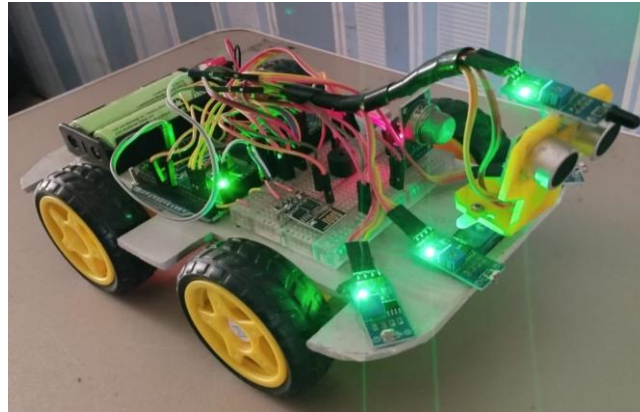
1. Mikrokontroler ATmega sebagai pusat kontrol yang bertugas mengirim dan menerima sinyal dari sesnsor lainnya.
2. Sensor LDR sebagai pendeteksi cahaya yang mengarah ke arah robot.
3. Sensor MQ-5 sebagai pendeteksi gas berbahaya yang berpotensi menyebabkan kebakaran.
4. Sensor Api sebagai pendeteksi jika terjadi kebakaran atau terdapat api yang ada disekitar robot
5. Esp8266 sebagai penghubung robot dengan internet

Untuk gambar alur sistem kerja dari sistem robot line follower ini dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada gambar 2, berikut.



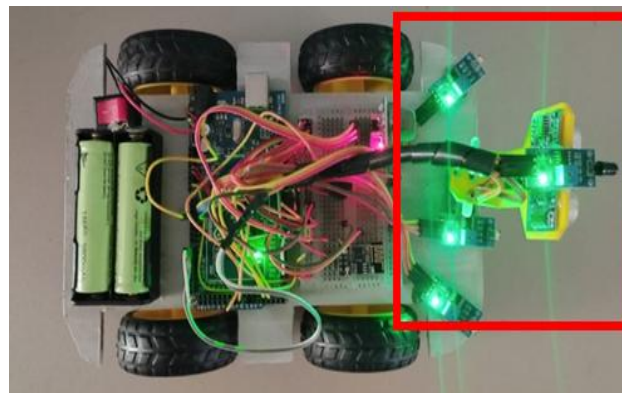
Gambar 2. Blok Diagram Sistem Kerja Robot Light Follower Berbasis IoT

Pada sistem kerja alat, saat robot mulai bekerja dan semua sensor pada awalnya *standby*, dalam keadaan standby sensor tersebut mulai bekerja. Pertama sensor LDR, sensor MQ-5 dan sensor api mulai mengecek lingkungan sekitar dan jika salah satu sensor atau keduanya aktif maka sensor tersebut akan mengirim sinyal ke Arduino agar Arduino memproses dan mengirim pesan melalui Blynk ke pada pemilik robot. Hasil perakitan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil Perakitan Keseluruhan

Pemasangan sensor dilakukan untuk membuat robot agar dapat bekerja dengan membaca situasi lingkungan, dengan menggabungkan beberapa sensor diharapkan robot dapat membaca situasi dengan akurat dan presisi, sensor-sensor ini akan bekerja dalam sebuah kesatuan sistem. Hasil dari perancangan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Hasil Pemasangan Sensor

4.1 Hasil Pengujian Sensor LDR

Untuk menguji sensor LDR dilakukan dalam empat kondisi pencahayaan yaitu kondisi pada saat cahaya gelap, redup, sedikit terang dan sangat terang. Dengan demikian kita akan mengetahui apakah komponen LDR masih dapat berfungsi dengan baik atau tidak (Y. Hendrian, 2020).

Tabel 1. Pengujian Sensor LDR

No	Tingkat Kecerahan	Hasil Pembacaan Sensor			Keterangan
		LDR 1	LDR 2	LDR 3	
1	Gelap total	998	998	998	Cahaya tidak terdeteksi
2	Redup	745	745	745	Cahaya tidak terdeteksi
3	Terang	427	427	426	Cahaya terdeteksi
4	Sangat terang	52	53	52	Cahaya terdeteksi

Hasil pengujian sensor LDR yang ditunjukkan pada tabel 1, menunjukkan bahwa sensor mampu

membaca intensitas cahaya dengan baik dalam berbagai kondisi pencahayaan. Pada kondisi gelap, sensor menghasilkan nilai tinggi mendekati 1000, menandakan minimnya cahaya yang terdeteksi. Saat cahaya redup atau remang, nilai sensor menurun ke kisaran 745, menunjukkan bahwa cahaya mulai terdeteksi, meskipun masih lemah. Pada kondisi sedikit terang, sensor menunjukkan penurunan nilai yang lebih signifikan di kisaran 427, mengindikasikan bahwa pencahayaan lebih baik. Sementara itu, pada kondisi sangat terang, seperti tersorot cahaya senter secara langsung, sensor menghasilkan nilai rendah di kisaran 52, ini membuktikan bahwa sensor dapat membedakan perubahan intensitas cahaya secara akurat dan responsif di setiap kondisi.

4.2 Hasil Pengujian Sensor MQ-5

Pengujian pada sensor MQ-5 ini dilakukan dengan cara menghubungkan sensor MQ-5 ke board pengembangan sesuai dengan skema pin yang telah ditentukan. Sensor ini biasanya memiliki pin untuk VCC, GND, dan pin output analog (A0) atau digital (DO) (M. A. Prasetyo, 2023).

Tabel 2. Pengujian Sensor MQ-5

No	Nilai pembacaan sensor	Kondisi lingkungan	Status deteksi gas
1	200	Aman	Gas tidak terdeteksi
2	400	Mulai tercemar	Gas terdeteksi
3	500	Mulai tercemar	Gas terdeteksi
4	600	Sangat berbahaya	Konsentrasi gas tinggi

Tabel ini menunjukkan hubungan antara nilai pembacaan sensor dan kondisi lingkungan. Dengan meningkatnya nilai pembacaan, sensor mendeteksi konsentrasi gas yang lebih tinggi, dari kondisi aman hingga tingkat yang sangat berbahaya. Hasil ini menunjukkan keandalan sensor dalam memantau keberadaan gas di lingkungan, sehingga dapat digunakan untuk pengawasan dan pencegahan kebocoran gas berbahaya secara real-time.

4.3 Hasil Pengujian Sensor Api

Pengujian pada sensor api peneliti menggunakan cara menyalakan api dengan jarak 5 cm, 30 cm, 70 cm dan 100 cm yang bertujuan untuk mengetahui apakah sensor bekerja dengan baik atau tidak.

Tabel 3. Pengujian Sensor Api

No	Jarak api ke sensor (cm)	Hasil pembacaan sensor
1	5 cm	Api terdeteksi
2	30 cm	Api terdeteksi
3	70 cm	Api terdeteksi
4	100 cm	Tidak ada api

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor api bekerja dengan baik dalam mendeteksi nyala api hingga jarak 70 cm. Pada jarak lebih dari 100 cm, sensitivitas sensor menurun sehingga api tidak terdeteksi. Sumber api yang digunakan adalah nyala korek, yang memberikan sinyal inframerah cukup kuat pada jarak dekat hingga menengah. Pengujian ini membuktikan bahwa sensor cocok digunakan untuk aplikasi deteksi api di area dengan radius penginderaan terbatas.

4.4 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan dengan menggunakan rol dan mengarahkan sensor ke objek tertentu. Tujuannya adalah untuk membandingkan hasil pembacaan sensor ultrasonik dengan pengukuran secara langsung dan melihat selisihnya (P. S. F. Yudha, 2017).

Tabel 4. Pengujian sensor ultrasonik

Jarak Benda	Hasil Pengukuran Jarak (cm)		
	Ultrasonik	Rol	Selisih
0 (cm)	0	0	0
5 (cm)	5	5	0
8 (cm)	8	8	0
10 (cm)	10	10	0
Rata-Rata Selisih			0 cm

Berdasarkan tabel 6 pengujian sensor Ultrasonik diatas menunjukkan bahwa pengujian dari jarak 0 cm hingga 10 cm didapatkan nilai yang sama persis, ini menunjukkan bahwa tingkat akurasi sensor sangat tinggi. Dari hasil pengujian ini membuktikan bahwa sensor Ultrasonik ini sangat layak digunakan.

4.5 Hasil Pengujian Motor Servo

Pengujian dilakukan dengan cara mengaktifkan motor servo dan periksa apakah motor merespon perintah input dengan gerakan yang diharapkan misalnya, rotasi atau perubahan sudut.

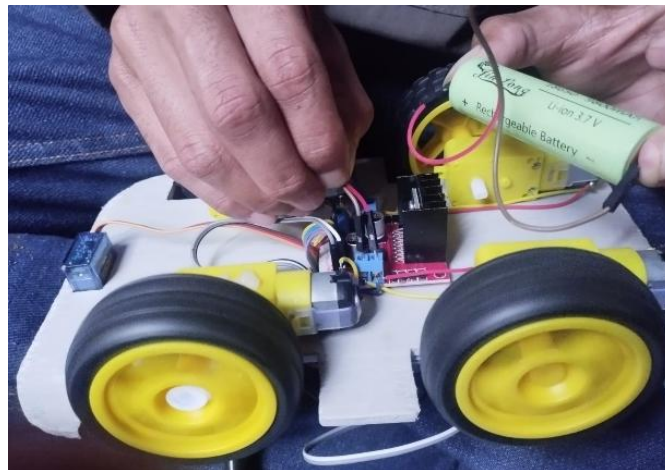
Tabel 5. Hasil Pengujian Motor Servo

No	Sudut yang di perintahkan (°)	Sudut yang di capai (°)	Waktu yang di perlukan (ms)	Keterangan
1	45°	45°	150 ms	Gerakan normal
2	90°	90°	200 ms	Gerakan normal
3	135°	135°	250 ms	Gerakan normal
4	180°	180°	300 ms	Gerakan normal

hasil pengujian motor servo di atas bisa dilihat sudut yang diperintahkan dan sudut yang dicapai terpenuhi ini menandakan bahwa motor servo yang akan digunakan bekerja dengan baik dan optimal.

4.6 Hasil Pengujian Motor DC

Pengujian motor DC adalah proses untuk memastikan motor DC berfungsi dengan baik dan sesuai spesifikasi yang diharapkan. Pengujiannya dilakukan dengan cara menghubungkan motor DC langsung ke sumber daya yang sesuai dan perhatikan arah putarannya. Balikkan posisi kabel power supply yang terhubung ke motor untuk memastikan motor berputar ke arah sebaliknya.



Gambar 5. Pengujian Putaran Motor DC

4.7 Hasil Pengujian Sistem Notifikasi

Untuk menguji notifikasi pada aplikasi Blynk menggunakan perantara ESP8266 yang akan membuat sistem yang mengirimkan notifikasi ke aplikasi Blynk di *smartphone* saat kondisi tertentu pada pembacaan sensor terdeteksi pada deteksi sensor (M. Ani, Dahliyusmanto, 2024).

Tabel 6. Pengujian Notifikasi

No	Parameter uji	Metode pengujian	Alat/ software	Hasil pengujian
1	Deteksi sensor	Memicu sensor dan memastikan robot mengirim notifikasi sesuai dengan kondisi	-Sensor LDR -Sensor api -Sensor MQ5 -Blynk	Robot mengirim notifikasi yang sesuai ketika sensor mendeteksi kondisi tertentu
2	Keterlambatan Pengiriman (Delay)	Mengukur waktu pengiriman notifikasi setelah sensor mendeteksi peristiwa	-Stop watch -Blynk	Waktu keterlambatan pengiriman notifikasi rata-rata di 15 detik

Tabel 6 ini memaparkan hasil pengujian sistem notifikasi yang dirancang, dengan fokus pada dua parameter utama yaitu deteksi sensor dan keterlambatan pengiriman notifikasi.

5. Pembahasan

Robot pengaman rumah tinggal ini dirancang untuk dapat bergerak secara mandiri (mobile) dan memantau kondisi lingkungan sekitar secara real-time. Mikrokontroler ATmega bertindak sebagai pusat kendali alat, sementara modul ESP8266 digunakan sebagai gerbang konektivitas internet. Apabila multi-sensor mendeteksi pemicu tertentu (seperti perubahan intensitas cahaya, kebocoran gas, atau keberadaan api), sistem akan langsung memproses data tersebut untuk kemudian mengirimkan pesan peringatan dini (early warning system) kepada smartphone pemilik rumah melalui aplikasi Blynk.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa setiap komponen penyusun robot mampu berfungsi dengan optimal dan presisi. Pada sektor penginderaan, sensor cahaya (LDR) terbukti sangat responsif dalam membedakan intensitas pencahayaan dengan memuat nilai tinggi mendekati 998 saat kondisi gelap total dan menurun secara signifikan hingga kisaran 52 saat tersorot cahaya terang secara

langsung. Sementara itu, sensor gas (MQ-5) menunjukkan keandalan yang tinggi dalam mendeteksi gas berbahaya, di mana nilai pembacaannya meningkat secara proporsional dari rentang 200 hingga 600 seiring dengan bertambahnya konsentrasi polusi gas di lingkungan. Untuk aspek proteksi kebakaran, sensor api terbukti efektif mendeteksi radiasi inframerah dari nyala api pada jarak dekat hingga menengah dengan batas jangkauan penginderaan optimal di angka 70 cm, meskipun sensitivitasnya menurun dan tidak lagi mendeteksi apa pun saat jarak diperlebar hingga 100 cm.

Tingkat akurasi yang luar biasa juga ditunjukkan oleh sensor ultrasonik yang mencatatkan selisih ukur sebesar 0 cm ketika dikomparasikan langsung dengan pengujian menggunakan mistar/rol manual pada rentang jarak 0 hingga 10 cm. Karakteristik ini sangat krusial untuk memastikan robot dapat menghindari rintangan fisik di dalam rumah tanpa menabrak objek di sekitarnya. Terakhir, pada sistem mekanis penggerak, motor servo bekerja secara normal dan responsif dalam mencapai sudut putaran yang diperintahkan (45° , 90° , 135° , dan 180°) secara tepat. Kinerja navigasi ini didukung penuh oleh motor DC yang berfungsi secara optimal dalam memutar roda serta mampu mengubah arah putaran secara fleksibel berdasarkan pengaturan polaritas kabel daya yang diberikan oleh mikrokontroler.

Pengujian pada sistem komunikasi Internet of Things (IoT) membuktikan bahwa sistem notifikasi berbasis aplikasi Blynk memiliki tingkat keberhasilan deteksi yang sangat baik. Sistem terbukti secara konsisten mampu memicu pengiriman pesan peringatan ke smartphone pengguna kapan pun sensor-sensor utama mendeteksi adanya anomali atau perubahan kondisi darurat di lingkungan sekitar robot. Sementara itu, dari segi kecepatan transmisi data, waktu tunggu (delay) yang dibutuhkan sejak sensor pertama kali mendeteksi parameter bahaya hingga notifikasi berhasil masuk dan diterima oleh pengguna mencatatkan waktu rata-rata sekitar 15 detik.

Korelasi Hasil Pengujian dengan Ketercapaian Tujuan Penelitian

1. Jika dikorelasikan dengan tujuan awal penelitian—yaitu mengembangkan sistem pengaman rumah tinggal yang bergerak mandiri untuk mengatasi kelalaian pengawasan saat ditinggal dalam jangka waktu lama—seluruh target ketercapaian telah terpenuhi secara sukses.
2. Navigasi Taktis di Area Gelap: Tujuan interaksi robot agar dapat bernavigasi di area minim cahaya dibuktikan melalui performa LDR yang sangat sensitif dan motor penggerak (DC & Servo) yang presisi. Robot dapat diarahkan atau bergerak secara taktis memanfaatkan panduan cahaya pemantik untuk memantau area-area spesifik yang rawan pembobolan.
3. Reduksi Blind Spot Melalui Mobile Patrol: Kelemahan kamera pengawas statis (IP Cam) yang memiliki sudut mati (blind spot) berhasil diatasi melalui mobilitas robot yang didukung oleh sensor ultrasonik berkurangnya selisih 0 cm, sehingga robot dapat berpatroli dengan aman tanpa risiko membentur dinding atau furnitur rumah.
4. Mitigasi Bahaya Sekunder: Tujuan pengamanan tidak hanya terpaku pada deteksi penyusup (maling), melainkan meluas pada aspek keselamatan properti (home safety). Keberhasilan deteksi sensor MQ-5 terhadap gas (skala 200–600) dan sensor api (hingga radius 70 cm) melengkapi robot ini sebagai agen pelindung rumah yang komprehensif dari ancaman kebakaran dini akibat korsleting listrik maupun kebocoran gas elpiji.
5. Keandalan Monitoring Jarak Jauh (IoT): Ketercapaian tujuan pengawasan real-time dibuktikan dengan suksesnya integrasi ESP8266 dan Blynk. Meskipun terdapat delay pengiriman rata-rata sebesar 15 detik—yang umumnya dipengaruhi oleh fluktuasi stabilitas jaringan internet lokal—waktu respons ini dinilai masih sangat menoleransi ambang batas aman untuk sebuah sistem peringatan dini jarak jauh.

Secara tematik, hasil eksperimen ini menegaskan bahwa prototipe robot yang dibangun telah memenuhi seluruh kriteria fungsionalitas yang direncanakan dan siap diimplementasikan untuk meminimalisasi risiko kerugian pemilik rumah saat rumah berada dalam kondisi kosong.

6. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian, dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Rancangan Komponen Robot: Perancangan robot light follower multi-sensor berbasis IoT ini berhasil diimplementasikan secara utuh menggunakan arsitektur terintegrasi. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ATmega sebagai pusat kendali utama, modul ESP8266 sebagai gerbang konektivitas internet ke platform Blynk, serta kombinasi sensor LDR (pendeteksi cahaya navigasi), sensor MQ-5 (pendeteksi gas berbahaya), sensor api (pendeteksi kebakaran), dan sensor ultrasonik (pengukur jarak). Komponen penggerak mekanis didukung oleh kombinasi motor servo dan motor DC yang responsif terhadap perintah instruksi.

Kinerja Sistem dan Sensor: Hasil pengujian membuktikan seluruh komponen bekerja secara optimal dengan tingkat presisi yang sangat tinggi sesuai perancangan. Sensor LDR mampu membedakan intensitas cahaya secara responsif (nilai 998 pada kondisi gelap hingga 52 pada kondisi sangat terang), sensor MQ-5 andal memantau konsentrasi gas berbahaya secara proporsional (rentang nilai 200–600), sensor api efektif mendeteksi radiasi inframerah dari nyala api hingga jarak optimal 70 cm, dan sensor ultrasonik mencatatkan akurasi mutlak dengan selisih ukur 0 cm terhadap pengukuran manual. Selain itu, aktuator mekanis berupa motor servo berhasil mencapai target sudut orientasi dengan tepat, serta motor DC mampu memutar dan membalikkan arah roda dengan stabil.

Performa IoT dan Kesiapan Sistem: Sistem komunikasi berbasis IoT pada robot ini menunjukkan keandalan yang sangat baik. Aplikasi Blynk secara konsisten dapat menerima sinyal interupsi dan mengirimkan notifikasi peringatan ke smartphone pengguna kapan pun multi-sensor mendeteksi adanya anomali lingkungan. Dengan rata-rata waktu keterlambatan pengiriman (delay) yang relatif singkat yaitu 15 detik, robot ini terbukti siap dan layak diterapkan dalam situasi nyata untuk kebutuhan monitoring serta pengamanan otomatis rumah tinggal secara real-time dan efisien.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada para asisten Laboratorium Energi Listrik di UIN Ar-Raniry Banda Aceh, yang telah memberikan dukungan penuh, bantuan teknis, serta memfasilitasi pengujian keberhasilan seluruh sistem sensor dan mekanis robot dalam penelitian ini. Apresiasi tinggi juga penulis tujukan kepada para dosen pembimbing, rekan-rekan sesama mahasiswa, serta seluruh pihak yang telah meluangkan waktu dan pikirannya untuk membantu penyusunan serta penyelesaian laporan penelitian ini hingga selesai dengan baik.

Daftar Pustaka

- Ani, M., & Dahliyusmanto. (2024). Sistem notifikasi dan kontrolling smart home berbasis *Internet of Things*. Jurnal Inovtek Polbeng - Seri Informatika, 9(1).
- Desmira, D. (2022). Aplikasi sensor LDR (Light Dependent Resistor) untuk efisiensi energi pada lampu penerangan jalan umum. Prosisko: Jurnal Pengembangan Riset dan Observasi Sistem Komputer, 9(1). <https://doi.org/10.30656/prosisko.v9i1.4465>
- Duha, P. H. (2019). Rancang bangun penggerak panel surya menggunakan sensor LDR dan motor servo berbasis mikrokontroler (Skripsi). Universitas Pembangunan Panca Budi.
- Fachri, M. R., Siman, & Sadrina. (2022). Rancang bangun sistem penyiraman tanaman otomatis menggunakan Arduino dan sensor moisture sebagai pengukur kelembaban tanah untuk tanaman cabai. Prosiding Konferensi Nasional Social & Engineering Polmed (KONSEP), 3(1), 849–854. <https://doi.org/10.51510/konsep.v3i1.800>
- Fergiyawan, V. A., Andryana, S., & Darusalam, U. (2018). Alat pemandu jalan untuk penyandang tunanetra menggunakan sensor ultrasonik berbasis Arduino. Semnasteknomedia Online, 6(1).

- Hendrian, Y., Yudatama, Y. P., & Pratama, V. S. (2020). Jemuran otomatis menggunakan sensor LDR, sensor hujan dan sensor kelembaban berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Komputer AMIK BS*, 6(1).
- Manhas, A., Chambyal, N., Raina, M., Dutta, D. S., & Singh, E. P. (2021). LPG gas leakage detection using IoT. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 7(4), 520–526. <https://doi.org/10.32628/CSEIT2174121>
- Mediawan, M. (2018). Sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis Arduino pada rumah tanaman (Skripsi). Universitas Negeri Jakarta.
- Mohamad, N. F. (2020). Tutorial pembuatan prototype pendeteksi kebakaran (FIDO) berbasis IoT dengan metode Naive Bayes. Kreatif Industri Nusantara.
- Nofrialdi, R., Saputra, E. B., & Saputra, F. (2023). Pengaruh *Internet of Things*: Analisis efektivitas kerja, perilaku individu dan supply chain. Siber Nusantara Publisher, 1(1).
- Nur, R., & Suyuti, M. A. (2018). Perancangan mesin-mesin industri. Deepublish.
- Nurrahmi, F., & Fitri, A. (2021). Etika dan bisnis dalam jurnalisme. Syiah Kuala University Press.
- Prasetyo, M. A. (2023). Pengembangan sistem pendeteksi kebocoran gas LPG dengan teknologi IoT dan sensor MQ5. *Jurnal Ampere*, 8(2).
- Saputra, R. H., Sahara, A., Sugeng, B., Yanti, D., & Upah, A. P. (2023). Analysis of light dependent resistor sensors on resistance and light intensity in solar power plants. *AIP Conference Proceedings*, 030007. <https://doi.org/10.1063/5.0158405>
- Sato, A., & Wedar, N. S. (2022). Penggunaan MQ-5 sebagai sensor yang murah dengan akurasi tinggi untuk pengukuran konsentrasi gas metana dalam biogas. *Jurnal Riset Teknik*, 1(2), 29–34.
- Simanjuntak, F. A. (2023). Perancangan aplikasi pariwisata berbasis Android di Kota Padang Sidempuan. Institut Pendidikan Tapanuli Selatan, 11(1).
- Sokibi, P., & Nugraha, R. A. (2020). Perancangan prototype sistem peringatan indikasi kebakaran di dapur rumah tangga berbasis Arduino Uno. *Jurnal Digit: Digital of Information Technology*, 10(1). <https://doi.org/10.51920/jd.v10i1.152>
- Surya, Y. F. (2021). Teori & konsep pedagogik. Penerbit Insania.
- Tullah, R., Sutarman, S., & Setyawan, A. H. (2019). Sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis mikrokontroler Arduino Uno pada toko tanaman hias Yopi. *Jurnal Sisfotek Global*, 9(1). <https://doi.org/10.38101/sisfotek.v9i1.219>
- Yudha, P. S. F., & Sani, R. A. (2017). Implementasi sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai sensor parkir mobil berbasis Arduino. *Jurnal Einstein*.