

PURWARUPA PENGAWAS KEAMANAN RUMAH MENGGUNAKAN ROBOT *MOBILE* BERODA BERBASIS SENSOR ULTRASONIK DAN PIR

Yuliza^{1,*}, Yosy Rahmawati², Lenni³ dan Muhammad Irsyad Salim⁴

^{1,2,4}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, DKI Jakarta, Indonesia

³Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang, Banten, Indonesia

*) E-mail: yuliza.mercubuana.ac.id

Abstrak

Berdasarkan publikasi statistik kriminal tahun 2021, selama periode 2011-2018 jenis kejadian pencurian merupakan kejahatan yang paling banyak terjadi pada desa/kelurahan di Indonesia. Salah satu teknologi yang sudah banyak digunakan untuk mengawasi aktivitas di dalam rumah yaitu CCTV (*Closed Circuit Television*). Perangkat ini dapat merekam aktivitas di dalam rumah, tetapi belum dilengkapi dengan fitur untuk mengirimkan notifikasi atau pemberitahuan secara *realtime* kepada pengguna ketika terdapat kejadian atau aktivitas yang mencurigakan. Kemudian, sudut tangkap layar dari CCTV bersifat statis (tidak bergerak), dan CCTV juga tidak dapat membedakan antara gerakan yang dilakukan oleh manusia dengan gerakan benda-benda lainnya. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan rancang bangun robot *mobile* beroda yang dikendalikan oleh perangkat lunak Arduino IDE dan mikrokontroler ESP32-CAM menggunakan sensor ultrasonik dan PIR untuk mengidentifikasi medan dan gerakan manusia yang berada di sekitar sensor. Dari hasil rancangan dan pengujian robot *mobile* beroda ini, sistem terbukti dapat beroperasi dengan baik mendeteksi keberadaan manusia, mengirim notifikasi dan gambar melalui aplikasi telegram kepada pengguna dengan jarak 30 cm s/d 200 cm. Sistem dapat mengirimkan notifikasi dan gambar dengan rata-rata waktu tunda (*delay*) selama 5 detik. Melalui perpaduan teknologi tersebut dapat membantu meningkatkan pengawasan keamanan di dalam rumah sehingga tingkat kejahatan pencurian dapat diturunkan.

Kata Kunci : Arduino IDE, ESP32-CAM, Pencurian, Robot *Mobile*, Telegram

Abstract

Based on the publication of criminal statistics in 2021, during the period 2011-2018 the type of theft was the most common crime in villages in Indonesia. One technology that has been widely used to monitor activities in the home is CCTV (Closed Circuit Television). This device can record activity in the house but is not yet equipped with a feature to send notifications or notifications in real time to users when there are suspicious events or activities. Then, the screen capture angle of CCTV is static (not moving), and CCTV also cannot distinguish between movements made by humans and the movements of other objects. Therefore, in this research, the design of a wheeled mobile robot controlled by Arduino IDE software and an ESP32-CAM microcontroller was carried out using ultrasonic sensors and PIR to identify the field and human movement around the sensor. From the results of the design and testing of this wheeled mobile robot, the system is proven to be able to operate properly in detecting the presence of humans, sending notifications and images via the telegram application to users at a distance of 30 cm to 200 cm. The system can send notifications and images with an average delay of 5 seconds. The combination of these technologies can help improve security surveillance in the home so that the crime rate of theft can be lowered.

Keywords : Arduino IDE, ESP32-CAM, Theft, Mobile Robot, Telegram

1. Pendahuluan

Merujuk pada publikasi statistik kriminal tahun 2021, melalui pendataan potensi desa, selama periode 2011–2018, jenis kejadian pencurian merupakan kejahatan yang paling banyak terjadi pada desa/kelurahan di Indonesia, jumlahnya mencapai lebih dari 36-45 persen dari seluruh desa/kelurahan. Hal ini tentunya menjadi permasalahan yang cukup serius dan harus menjadi perhatian agar

perkembangan kejahatan ini dapat ditekan atau bahkan diturunkan. Salah satu teknologi yang sudah banyak digunakan untuk mengawasi kejadian di dalam rumah yaitu CCTV (*Closed Circuit Television*). Perangkat ini dapat merekam kejadian atau aktivitas di dalam rumah, tetapi belum dilengkapi dengan fitur untuk mengirimkan notifikasi atau pemberitahuan secara *realtime* kepada pengguna ketika terdapat kejadian atau aktivitas yang mencurigakan. Kemudian, sudut tangkap layar dari CCTV

bersifat statis (tidak bergerak), dan CCTV juga tidak dapat membedakan antara gerakan yang dilakukan oleh manusia dengan gerakan benda-benda lainnya. Oleh karena itu, untuk meningkatkan pengawasan di dalam rumah perlu adanya teknologi yang berintegrasi secara langsung dengan pengguna atau pemilik rumah, dikenal dengan istilah *Mobile Robot* yang dipadukan dengan *Internet of Things* (IoT). Diharapkan dengan perpaduan teknologi tersebut dapat membantu meningkatkan pengawasan keamanan di dalam rumah sehingga tingkat kejahatan khususnya kejadian pencurian dapat diturunkan.

Beberapa peneliti telah banyak melakukan eksperimen terkait *Internet of Things* (IoT) yang diterapkan pada bidang terkait. Referensi dari penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai acuan dasar dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya pada penelitian ini seperti penelitian yang dilakukan oleh [1], tahun 2017, membuat robot *mobile* pengintai berbentuk mobil yang dapat maju, mundur, belok kanan, belok kiri dilengkapi dengan IP *camera* dan menggunakan *bluetooth* untuk komunikasi Arduino IDE dengan *smartphone*. Hasil tangkapan kamera tersimpan di PC *server* dan Arduino IDE akan memproses inputan dari *smartphone* untuk kendalikan robot. Kemudian, [2], tahun 2017, merancang sistem keamanan rumah berbasis IoT memanfaatkan sensor gerak PIR mendeteksi gerak manusia, kamera Raspberry Pi mengambil gambar dan mengirimkan hasilnya ke pengguna melalui Telegram Messenger. Lalu, Tahun 2021, [3], membuat sistem keamanan rumah menggunakan sensor gerak PIR dan kontroler ESP32-CAM. Tangkapan gambar dikirimkan ke *web server* dan sistem mengirim notifikasi ke pemilik rumah melalui *smartphone android*. Selanjutnya, tahun 2021, [4] merancang sistem *smart home* menggunakan Raspberry Pi, dengan platform Android. Lalu, [5], tahun 2022, melakukan rancang bangun sistem keamanan pada pintu dan jendela rumah dikontrol menggunakan mikrokontroler ESP32-CAM dan sensor *magnetic door switch* untuk mengetahui keadaan pintu atau jendela terbuka atau tertutup dan mengirimkan pemberitahuan melalui Telegram kepada pengguna.

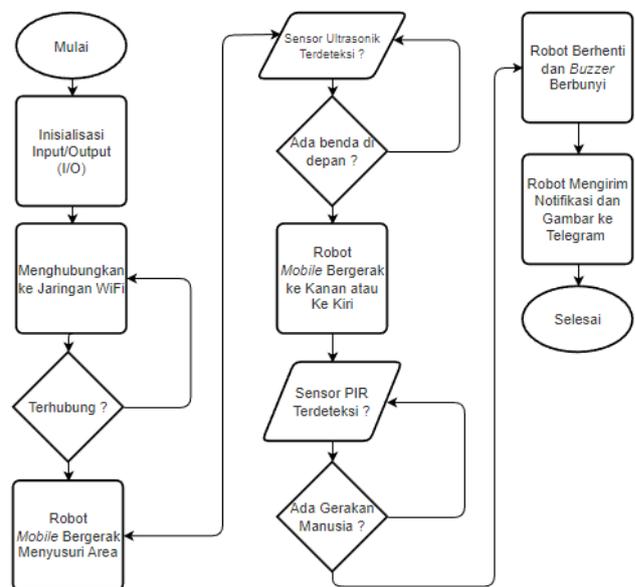
Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian ini akan dilakukan rancang bangun *mobile robot* beroda yang dikendalikan oleh perangkat lunak Arduino IDE dan mikrokontroler ESP32-CAM menggunakan sensor ultrasonik dan PIR untuk mengidentifikasi medan dan gerakan manusia yang berada di sekitar sensor. *Mobile Robot* bergerak menggunakan roda saat melintasi arena dengan permukaan datar, dan sistem pergerakannya ditandai dengan kemampuan berbelok, belok sedang, belok sedikit, maupun berputar. Jika sensor ultrasonik mendeteksi benda atau dinding di depannya, maka *mobile robot* akan menghindari dan mencari jalan yang tidak terhalang benda. Dan jika sensor PIR mendeteksi keberadaan manusia di depannya, maka *mobile robot* akan berhenti dan *buzzer* akan menyala. Sensor PIR akan

menginputkan logika HIGH ke mikrokontroler ESP32-CAM melalui komunikasi serial, sehingga *web cam* akan aktif dan mengambil gambar di depannya, serta mengirimkan pesan notifikasi berupa teks dan gambar secara otomatis ke Telegram pengguna. Pengguna menerima notifikasi di aplikasi Telegram yang sudah terinstal pada *smartphone* dan dapat melihat gambar secara *realtime*.

2. Metode

2.1. Prinsip Kerja Robot Mobile Beroda

Robot *mobile* merupakan mesin yang dikendalikan oleh perangkat lunak menggunakan sensor dan teknologi lainnya untuk mengidentifikasi dan bergerak di sekitar lingkungannya melalui kombinasi kecerdasan buatan (AI) dan elemen robot fisik seperti roda. Kontribusi dalam penelitian ini, yaitu pengiriman notifikasi secara otomatis melalui Telegram dan memanfaatkan teknologi robotik sehingga dapat membantu meningkatkan pengawasan keamanan di dalam rumah dan tingkat kejahatan pencurian dapat diturunkan. Robot *mobile* bekerja bergantung dari daya yang dipancarkan oleh baterai listrik yang digunakan. Pada saat perangkat keras dihidupkan, robot *mobile* beroda ini akan menginisialisasi komponen-komponen *input* dan *output*, lalu melanjutkan fungsi kerjanya. Untuk lebih mudah memahami prinsip kerja dari purwarupa robot *mobile* beroda ini, dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



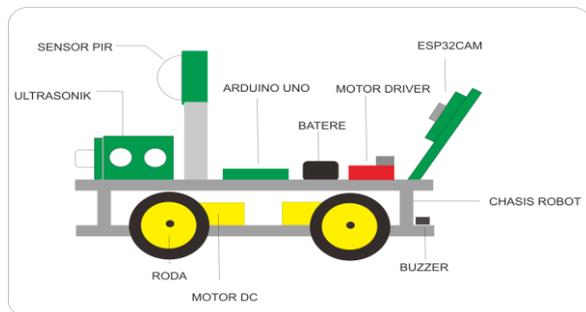
Gambar 1. Prinsip Kerja Robot Mobile Beroda

Pertama, menghubungkan *board* ESP32-CAM ke jaringan *wireless* yang sudah diatur dalam program ESP32-CAM. Jika berhasil terhubung, maka robot akan beroperasi berjalan menyusuri seluruh area ruangan rumah. Kemudian, operator kendali dapat memberikan perintah

kepada robot ini melalui aplikasi telegram. Jika sensor ultrasonik mendeteksi benda atau dinding di depannya maka robot akan menghindari dan mencari jalan yang tidak terhalang benda. Jika sensor PIR mendeteksi keberadaan manusia di depannya maka robot akan berhenti dan *buzzer* akan berbunyi. Selanjutnya, *board* arduino UNO akan mengirimkan data ke *board* mikrokontroler ESP32-CAM melalui komunikasi serial. Ketika mikrokontroler ESP32-CAM menerima data dari arduino UNO, maka modul kamera akan aktif dan mengambil gambar di depannya. Mikrokontroler ESP32-CAM mengirimkan pesan notifikasi dan gambar ke bot telegram menggunakan API telegram. Terakhir, pengguna akan menerima notifikasi di aplikasi telegram dan dapat melihat gambar yang dikirim oleh mikrokontroler ESP32-CAM.

2.2. Tahapan Rancangan Purwarupa Robot *Mobile Beroda*

Rancangan purwarupa robot *mobile beroda* dilakukan menggunakan aplikasi xxx. Komponen penyusun perangkat keras dari robot ini di antaranya : 1) sensor ultrasonik HC-SR04; 2) sensor PIR HC-SR501; 3) arduino UNO; 4) motor *driver* L298N; 5) *baterai* atau baterai listrik; 6) mikrokontroler ESP32-CAM; 7) *buzzer*; 8) *chasis mobile robot*; 9) motor DC; 10) roda robot. Rancangan purwarupa robot *mobile beroda* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan Purwarupa Robot *Mobile Beroda*

Tabel 1. Pengkabelan Arduino UNO ke Sensor Ultrasonik

Arduino UNO	Sensor Ultrasonik		
	Kiri	Tengah	Kanan
VCC	VCC	VCC	VCC
GND	GND	GND	GND
A0	echo	-	-
A1	trigger	-	-
A2	-	echo	-
A3	-	trigger	-
A4	-	-	echo
A5	-	-	trigger

Purwarupa robot *mobile beroda* ini menggunakan sensor ultrasonik sebagai komponen input yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan benda di depan robot sehingga robot dapat menghindari dan tidak menabrak benda di

depannya. Dalam perancangan ini menggunakan 3 buah sensor ultrasonik yang diletakkan di kanan, kiri, dan tengah robot. Tabel 1 menunjukkan pengkabelan (*wiring*) dari arduino UNO ke sensor ultrasonik.

Driver motor L298N digunakan sebagai pengatur gerakan dari motor DC sehingga menghasilkan gerakan robot, pada Tabel 2 menunjukkan pengkabelan (*wiring*) *board* arduino UNO dengan *driver* L298N.

Tabel 2. Pengkabelan Arduino UNO ke Driver L298N

Arduino UNO	Driver L298N
VCC	VCC
GND	GND
2	EN B
3	1N4
4	1N3
5	IN2
6	IN1
7	EN A

Untuk dapat mendeteksi gerakan manusia maka robot *mobile* ini dilengkapi dengan sensor PIR yang dihubungkan ke *board* arduino UNO. Berikut pada Tabel 3 menunjukkan pengkabelan (*wiring*) arduino UNO dengan sensor PIR.

Tabel 3. Pengkabelan Arduino UNO ke Sensor PIR

Arduino UNO	Sensor PIR
VCC	VCC
GND	GND
10	Out

Pada rancangan ini juga menggunakan komponen *buzzer* yang digunakan sebagai alarm, pin *buzzer* dihubungkan ke pin arduino UNO dengan pengkabelan (*wiring*) seperti yang tertulis pada Tabel 4.

Tabel 3. Pengkabelan Arduino UNO ke Buzzer

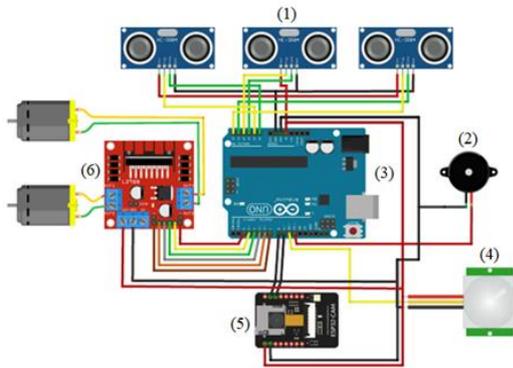
Arduino UNO	Buzzer
GND	-
11	+

Arduino UNO berfungsi sebagai alat untuk memproses input dari sensor yaitu sensor ultrasonik dan sensor PIR, serta memberikan perintah kepada *driver* motor L298N. Arduino UNO juga mengirimkan data pembacaan sensor PIR ke mikrokontroler ESP32-CAM melalui komunikasi serial. Pengkabelan (*wiring*) komunikasi serial antara arduino UNO dengan ESP32-CAM dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengkabelan Arduino UNO ke ESP32-CAM

Arduino UNO	ESP32-CAM
Vin	5 V
GND	GND
9 (TX)	GPIO0 (TX)
8 (RX)	GPIO16 (RX)

Sedangkan ESP32-CAM berfungsi sebagai alat untuk memproses *input* yaitu dari modul kamera dan data dari Arduino UNO yang dikirim melalui komunikasi serial. Kemudian ESP32-CAM mengirimkan notifikasi berupa pesan ke bot telegram menggunakan API telegram. Alur sistem kontrol otomatis robot *mobile* beroda dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Alur Sistem Kontrol Robot *Mobile* Beroda

Keterangan :

- (1) Sensor Ultrasonik HC-SR04
- (2) *Buzzer*
- (3) Arduino UNO
- (4) Sensor PIR HC-SR501
- (5) Mikrokontroler ESP32-CAM
- (6) Motor *Driver* L298N

2.3. *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) pada dasarnya mengacu pada jumlah perangkat dan sistem di seluruh dunia yang terhubung melalui internet dan dapat berbagi data satu sama lain [6]. *IoT* dapat membuat dunia lebih cerdas dan lebih responsif dengan menggabungkan teknologi digital dan perangkat fisik. Perangkat ini dapat berbentuk peralatan rumah tangga hingga peralatan industri canggih. Dengan menambahkan sensor dan kecerdasan digital, *IoT* dapat menghubungkan semua perangkat yang berbeda sehingga pengguna dapat berkomunikasi secara *real time* tanpa perlu campur tangan manusia [2].

2.4. *Robot Mobile*

Robot *mobile* adalah sebuah mesin yang dikendalikan oleh perangkat lunak menggunakan sensor atau komponen lainnya untuk mengidentifikasi medan dan objek bergerak. Robot *mobile* menjadi topik menarik dalam penelitian karena mampu menunjukkan performansinya seperti navigasi, pelacakan target, dan sebagainya [7]. Fungsi robot *mobile* dibuat dengan menggunakan kombinasi kecerdasan buatan (AI) dan komponen fisik robotik, seperti roda, trek, dan kaki. Robot *mobile* dapat digunakan untuk membantu proses kerja maupun menyelesaikan tugas yang tidak mungkin atau berbahaya jika dikerjakan manusia [8]. Beberapa jenis robot berdasarkan bentuknya

yaitu : a) Robot manipulator, robot yang menyerupai organ tubuh makhluk hidup, seperti tangan; c) Robot humanoid, robot berbentuk seperti manusia yang memiliki kepala, dua tangan, badan, dua kaki, dsb. d) Robot beroda, robot yang berjalan atau berpindah menggunakan roda [9]. Rodanya bisa berjumlah dua, empat atau menggunakan *omni wheel* agar bisa bergerak ke segala arah.

2.5. *Sensor*

Sensor adalah komponen elektronika yang mengubah besaran mekanik, magnet, panas, cahaya, dan kimia menjadi besaran listrik berupa tegangan, hambatan, dan arus. Sensor dapat digunakan untuk mendeteksi berbagai kondisi dan parameter. Klasifikasi sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor ultrasonik dan sensor PIR.

- *Sensor Ultrasonik*

Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pemantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek tertentu di depannya [10]. Frekuensi operasi sensor ultrasonik yaitu 40 KHz hingga lebih dari 400 KHz. Sensor ultrasonik type HC-SR04 digunakan dalam penelitian ini dengan kemampuan deteksi yang sangat baik dengan pembacaan yang sangat akurat dan stabil dari jarak 2 cm hingga 400 cm atau 1 inci hingga 4 meter [11].

- *Sensor PIR (Passive Infrared Receiver)*

Sensor PIR (*Passive Infrared Receiver*) adalah sensor yang biasa digunakan untuk mendeteksi keberadaan orang. Sensor gerak PIR yang digunakan dalam penelitian ini adalah HC-SR501, yang dapat mendeteksi gerakan melalui pancaran energi inframerah [12]. Ketika suatu objek melewati sensor PIR, sensor dapat mendeteksi radiasi inframerah pasif yang dipancarkan oleh objek (orang) pada jarak hingga 5 meter. Bagian-bagian sensor PIR meliputi : Lensa *Fresnel*, *Filter IR*, Sensor Piroelektrik, *Amplifier*, *Komparator* [13].

2.6. *Mikrokontroler ESP32-CAM*

ESP32-CAM merupakan salah satu mikrokontroler yang memiliki fasilitas tambahan seperti bluetooth, wifi, kamera, bahkan slot mikro SD. ESP32-CAM biasanya digunakan untuk proyek *IoT (Internet of Things)* yang membutuhkan fitur kamera [14]. Modul ESP32-CAM memiliki 2 sisi dalam rangkaian modulnya, yaitu bagian atas terdapat kamera yang dapat dibongkar pasang dan mikro SD yang dapat diisi, serta *flash* sebagai lampu tambahan untuk kamera jika diperlukan. Bagian belakang terdapat antena internal, konektor untuk antena eksternal, pin male untuk I/O dan ESP32S sebagai otaknya. Berikut Tabel 5 menunjukkan spesifikasi lengkap ESP32-CAM.

Tabel 5. Spesifikasi Mikrokontroler ESP32-CAM

Nama	Spesifikasi
Operating Voltage	5V, 180 mA
Camera	OV2640 dan OV7670
Image Output Format	2MP JPEG, BMP, Grayscale
Button	1
GPIO	8
SPI Flash	Default 32 Mbit
RAM	Internal 520KB + Eksternal 4M PSRAM
WiFi	802.11 b/g/n/e/i
Bluetooth	4.2 BR/EDR/ dan BLE
Support Interface	UART, SPI, I2C, PWM
Support TF Card	4G
Uart Baudrate	115200 bps
Dimensi	40,5 * 4,5 (± 0,2) mm

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pabrikasi Purwarupa Robot *Mobile Beroda*

Berdasarkan rancangan purwarupa yang telah dilakukan menggunakan perangkat lunak xxx, maka hasil pabrikasinya dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini. Robot *mobile beroda* ini dapat merekam gambar yang berada di depannya saat robot mendeteksi adanya gerakan atau aktivitas yang dilakukan manusia. Robot ini menggunakan aplikasi telegram untuk mengirimkan notifikasi dan gambar ke pengguna.



Gambar 4. Pabrikasi Purwarupa Robot *Mobile Beroda*

3.2. Pengujian Komponen Penyusun

Pengujian ini dilakukan pada setiap komponen dan modul yang digunakan oleh robot monitoring keamanan ini. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah masing-masing komponen dan modul bekerja dengan baik sesuai fungsinya. Tabel 6 merupakan tabel pengujian komponen penyusun.

Tabel 6. Pengujian Komponen Penyusun

No	Komponen	Tegangan Input	Hasil
1.	Arduino UNO	12 V	Berfungsi
2.	ESP32-CAM	5 V	Berfungsi
3.	Sensor PIR HC-SR501	5 V	Berfungsi
4.	Sensor Ultrasonik HC-SR04	5 V	Berfungsi
5.	Buzzer	5 V	Berfungsi
6.	Motor Driver L298N	5 V	Berfungsi

3.2.1. Pengujian Motor Driver L298N

Driver motor L298N memiliki 2 pin enable, 4 pin input, dan 4 pin output, yang dapat digunakan untuk mengontrol 2 motor DC [15]. Dalam penelitian ini hanya menggunakan 1 buah enable (ENB/PIN 11), 2 buah pin input (IN3/PIN 10 dan IN4/PIN12), 2 buah output (OUT3/PIN13 dan OUT4/PIN14) terhubung ke motor DC. Pengujian dilakukan dengan cara memberi inputan berupa logika “1” dan “0” pada masing-masing pin inputan secara bergantian kemudian melihat perubahan pada pergerakan motor yang terlebih dahulu sudah disambungkan pada pin-pin output dari driver. Pada Tabel 8 dan 9 merupakan hasil pengujian rangkaian driver motor L298N.

Tabel 7. Pengujian Motor Driver (Motor Kanan)

PIN 298N			Kondisi Motor Driver (Motor Kiri)
Enable A	IN 1	IN 2	
0	0	0	Diam
0	0	1	Diam
0	1	0	Diam
0	1	1	Diam
1	0	0	Diam
1	0	1	Berputar berlawanan arah jarum jam
1	1	0	Berputar searah arah jarum jam
1	1	1	Diam

Tabel 8. Pengujian Motor Driver (Motor Kiri)

PIN 298N			Kondisi Motor Driver (Motor Kiri)
Enable B	IN 3	IN 4	
0	0	0	Diam
0	0	1	Diam
0	1	0	Diam
0	1	1	Diam
1	0	0	Diam
1	0	1	Berputar berlawanan arah jarum jam
1	1	0	Berputar searah arah jarum jam
1	1	1	Diam

Berdasarkan hasil pengujian motor driver L298N di atas, beberapa poin realisasi dari hasil pengujian motor driver L298N dan motor DC, sebagai berikut :

1) Motor Kanan

- Jika pin enable A diset pada nilai 0 (LOW), IN1 dan IN2 diset nilai 0 atau 1. Hasil pengujian menunjukkan kedua motor DC tidak bergerak.
- Jika pin enable A diset nilai 1 (HIGH), pin IN1 diset nilai 0, dan pin IN2 diset nilai 1, maka motor DC akan bergerak berlawanan arah jarum jam. Begitu sebaliknya, maka motor DC akan bergerak searah jarum jam.
- Jika pin enable A diset nilai 1 (HIGH), pin IN1 dan IN2 diset nilai 1, motor DC tidak bergerak.

2) Motor Kiri

- Jika pin enable B diset pada nilai 0 (LOW), IN3 dan IN4 diset nilai 0 atau 1. Hasil pengujian menunjukkan kedua motor DC tidak bergerak.
- Jika pin enable B diset nilai 1 (HIGH), pin IN3 diset nilai 0, dan pin IN4 diset nilai 1, maka motor DC

akan bergerak berlawanan arah jarum jam. Begitu sebaliknya, maka motor DC akan bergerak searah jarum jam.

- c) Jika pin enable B diset nilai 1 (HIGH), pin 1N3 dan 1N4 diset nilai 1, motor DC tidak bergerak.

Dari hasil pengujian di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa motor driver L298N dan motor DC beroperasi dengan bagus.

3.2.2. Pengujian Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi halangan atau objek yang ada didepan robot. Pengujian sensor ultrasonik didekatkan pada objek yang ada didepannya yang jaraknya < 100 cm, pada Tabel 9 menunjukkan tampilan sistem ketika dilakukan pengujian terhadap sensor ultrasonik 10 kali.

Tabel 9. Pengujian Sensor Ultrasonik (Benda)

No.	Jarak Benda	Hasil Pengujian
1.	0 cm	Tidak Terdeteksi
2.	10 cm	Terdeteksi
3.	20 cm	Terdeteksi
4.	30 cm	Terdeteksi
5.	40 cm	Terdeteksi
6.	50 cm	Terdeteksi
7.	60 cm	Terdeteksi
8.	70 cm	Terdeteksi
9.	80 cm	Terdeteksi
10.	90 cm	Terdeteksi
11.	100 cm	Terdeteksi

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap penggunaan sensor ultrasonik sebanyak 10 kali, dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan sensor ultrasonik sistem dapat mendeteksi halangan lebih dari 0 cm sampai dengan 100 cm. Untuk mengetahui sudut yang terdeteksi oleh sensor ultrasonik. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan busur. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Pengujian Sensor Ultrasonik (Sudut)

No.	Lebar Sudut	Hasil Pengujian
1.	0°	Objek terdeteksi
2.	10°	Objek terdeteksi
3.	20°	Objek terdeteksi
4.	30°	Objek terdeteksi
5.	40°	Objek tidak terdeteksi
6.	50°	Objek tidak terdeteksi
7.	60°	Objek tidak terdeteksi

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap sudut penggunaan sensor Ultrasonik sebanyak 7 kali, dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan sensor Ultrasonik sistem dapat mendeteksi halangan dengan sudut deteksi 15° ke kanan dan 15° ke kiri dengan demikian total sudut deteksi adalah 30°.

3.2.3. Pengujian Sensor PIR

Sensor PIR berfungsi untuk mendeteksi penerobos yang masuk ke dalam rumah atau kantor pada waktu yang tidak semestinya. Sensor PIR dipasang didepan bagian robot. Pengujian dilakukan dengan menempatkan seseorang di depan robot, pengujian dilakukan sebanyak 2 kali dengan pengujian jarak antara orang dan sensor PIR yang dibuat bervariasi. Berikut ini adalah data hasil pengujian terhadap sensor PIR yang digunakan sebagai pendeteksi gerakan manusia. Hasil pengujian sensor PIR dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Pengujian Sensor PIR

Jarak Manusia (Meter)	Uji Sensor PIR I	Uji Sensor PIR II
1	Terdeteksi	Terdeteksi
2	Terdeteksi	Terdeteksi
3	Terdeteksi	Terdeteksi
4	Terdeteksi	Terdeteksi
5	Terdeteksi	Terdeteksi
6	Terdeteksi	Terdeteksi
7	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
8	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi

3.2.4. Pengujian Modul Kamera ESP32-CAM

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari kamera apakah berfungsi dengan baik dan gambarnya terekam dengan jelas. Pengujian ini dilakukan dengan memprogram ESP32-CAM dengan program *cameraserver* yang terdapat pada example program yang terdapat pada arduino IDE. Hasil pengujian modul kamera ESP32-CAM dapat dilihat dengan mengakses IP Address dari ESP32-CAM yaitu 192.168.122.51.

3.2.5. Pengujian Buzzer

Pengujian *buzzer* bertujuan untuk mengetahui apakah *buzzer* dapat berfungsi dengan baik yaitu mengeluarkan suara alarm sesuai dengan perintah dari *board nodemcu*. Pengujian *buzzer* dilakukan dengan memberikan logika 0 (LOW) dan 1 (HIGH). Tabel 12 di bawah ini merupakan hasil pengujian *buzzer*. Dari hasil pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa *buzzer* dapat bekerja dengan baik.

Tabel 12. Hasil Pengujian Buzzer

No.	Logika	Output Buzzer
1.	0 (LOW)	Tidak Berbunyi
2.	1 (HIGH)	Berbunyi

3.2.6. Pengujian Bot Telegram

Pengujian bot telegram dilakukan untuk mengetahui apakah bot berjalan dengan sesuai program dan mengetahui lamanya waktu proses bot untuk menjalankan suatu perintah. Berikut Gambar 5 dari bot telegram yang diuji dengan mengetikkan perintah /start. Dari hasil

pengujian dapat disimpulkan bot dapat bekerja dengan baik dengan waktu proses 5 detik.



Gambar 5. Pengujian Bot Telegram

3.2.7. Pengujian Pergerakan Robot

Pada pengujian alat keseluruhan ini penulis melakukan pengujian pada pergerakan otomatis robot yang dikendalikan oleh arduino UNO dengan menggunakan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi benda didepan robot sehingga robot dapat berbelok untuk menghindari. Berikut Tabel 13 hasil dari pengujian pergerakan robot ketika bergerak menyusuri area.

Tabel 13. Hasil Pengujian Pergerakan Robot

Percobaan Ke-	Jarak Sensor Ultrasonik ke Objek			Gerak Robot
	Sensor Kiri	Sensor Tengah	Sensor Kanan	
1	50 cm	50 cm	50 cm	Maju
2	50 cm	50 cm	30 cm	Belok Kiri
2	30 cm	50 cm	50 cm	Belok Kanan
3	30 cm	50 cm	30 cm	Mundur
5	50 cm	30 cm	30 cm	Belok Kiri
6	30 cm	30 cm	50 cm	Belok Kanan
7	100 cm	30 cm	30 cm	Belok Kiri
8	30 cm	30 cm	100 cm	Belok Kanan
9	50 cm	40 cm	50 cm	Belok Kanan
10	100 cm	40 cm	100 cm	Belok Kanan

Berdasarkan hasil pengujian di atas dapat disimpulkan robot akan bergerak maju ketika jarak benda di depan berjarak lebih dari 40 cm, ketika ada benda di samping kanan yang berjarak 30 cm atau kurang maka robot akan berbelok ke kiri sebaliknya juga ada benda di samping kanan yang berjarak 30 cm atau kurang maka robot akan berbelok ke kanan. Robot akan bergerak mundur ketika jarak benda di depan kurang atau sama dengan 40 cm dan jarak benda di samping kanan dan kiri berjarak kurang atau sama dengan 30 cm. Robot akan berbelok ke kanan jika ada benda di depannya berjarak kurang atau sama dengan 30 cm.

3.2.8. Pengujian Sistem Notifikasi Robot

Pengujian selanjutnya adalah pengujian reaksi robot terhadap gerakan manusia di depannya. Dengan menggunakan sensor PIR diharapkan robot dapat

mendeteksi keberadaan manusia sehingga dapat memicu mikrokontroler untuk mengirimkan pesan telegram berupa pesan notifikasi dan gambar dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Notifikasi Robot Mobile Pada Telegram

Pengujian Ke-	Jarak Sensor PIR - Objek	Notifikasi	Delay (Detik)
1	30 cm	Terdeteksi gerakan!! Foto akan segera dikirim	5
2	50 cm	Terdeteksi gerakan!! Foto akan segera dikirim	6
3	70 cm	Terdeteksi gerakan!! Foto akan segera dikirim	5
4	90 cm	Terdeteksi gerakan!! Foto akan segera dikirim	5
5	110 cm	Terdeteksi gerakan!! Foto akan segera dikirim	4
6	130 cm	Terdeteksi gerakan!! Foto akan segera dikirim	6
7	150 cm	Terdeteksi gerakan!! Foto akan segera dikirim	5
8	170 cm	Terdeteksi gerakan!! Foto akan segera dikirim	5
9	190 cm	Terdeteksi gerakan!! Foto akan segera dikirim	6
10	200 cm	Terdeteksi gerakan!! Foto akan segera dikirim	5

Berdasarkan hasil pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa sistem notifikasi bekerja dengan baik, sistem mengirimkan notifikasi berupa pesan dan gambar ketika ada gerakan manusia. Pada pengujian di atas dilakukan dengan mendeteksi keberadaan manusia dengan jarak 30 cm sampai dengan 200 cm atau 2 meter. Sistem dapat mengirimkan notifikasi dan gambar dengan baik dengan rata-rata waktu tunda (delay) selama 5 detik. Untuk gambar yang terkirim ke telegram seperti yang terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Foto Terkirim ke Telegram

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil rancangan dan pengujian robot *mobile* beroda, dapat ditarik kesimpulan : 1) Sistem terbukti dapat berjalan dengan baik dalam mendeteksi keberadaan manusia dan mengirim notifikasi dan gambar melalui aplikasi telegram sampai ke pengguna; 2) Board ESP32-CAM dan aplikasi telegram harus terkoneksi ke jaringan internet untuk dapat saling berkomunikasi, mengirimkan notifikasi dan gambar jika ada gerakan yang terdeteksi oleh sensor PIR; 3) Berdasarkan pengujian, dibutuhkan waktu untuk mengirim dan menerima notifikasi di *smartphone* pengguna melalui aplikasi telegram berkisar 3-6 detik; 4) Pengiriman dapat dipengaruhi oleh konektivitas jaringan internet yang digunakan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Mercu Buana melalui Pusat Penelitian atas pendanaan penelitian internal tahun anggaran 2022 sehingga kegiatan berjalan lancar dengan semestinya.

Referensi

- [1]. Ari Sugiharto, "SISTEM KONTROL NIRKABEL PADA SURVEILLANCE MOBILE ROBOT," *J. Disprotek*, vol. 8, no. 2, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal.unisnu.ac.id/JDPT/article/view/537>.
- [2]. R. T. MUHAMAD IRFAN KURNIAWAN, UNANG SUNARYA, "Internet of Things : Sistem Keamanan Rumah berbasis Raspberry Pi dan Telegram Messenger," *ELKOMIKA*, vol. 6, no. 1, 2018, [Online]. Available: <https://ejournal.itenas.ac.id/index.php/elkomika/article/view/1713>.
- [3]. V. P. Ali Ramschie, Johan Makal, Ronny Katuuk, "Pemanfaatan ESP32 Pada Sistem Keamanan Rumah Tinggal Berbasis IoT," in *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung*, 2021, pp. 175–181, [Online]. Available: <https://jurnal.polban.ac.id/proceeding/article/view/2688>.
- [4]. J. R. Tambunan and A. T. Hamdani, "Sistem Keamanan Rumah Dengan Menggunakan Rancangan Mikrokontroler," *Sintaksis*, vol. 1, no. 1, 2021, [Online]. Available: <https://jurnalsintaksis.com/index.php/sts/article/view/12>.
- [5]. S. S. Ari Purnama, "RANCANGAN BANGUN SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS IOT," *J. COMASIE*, vol. 6, no. 1, 2022, [Online]. Available: <https://forum.upbatam.ac.id/index.php/comasiejournal/article/view/4873>.
- [6]. M. S. M. Andi Hildayanti, "Sistem Rekayasa Internet Pada Implementasi Rumah Pintar Berbasis IoT," *J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 6, no. 1, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.fikom-unasman.ac.id/index.php/jikom/article/view/143>.
- [7]. J.-F. W. Che-Wen Chen, Yao-Tsung Hsu, Shih-Pang Tseng, "Design and Implementation of Human Following for Separable Omnidirectional Mobile System of Smart Home Robot," in *International Conference on Orange Technologies (ICOT)*, 2017, pp. 210–213, doi: 10.1109/ICOT.2017.8336124.
- [8]. A. Jayadi, T. Susanto, and F. D. Adhinata, "Sistem Kendali Proporsional pada Robot Penghindar Halangan (Avoider) Pioneer P3-DX," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 20, no. 1, 2021, [Online]. Available: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jte/article/view/68216>.
- [9]. Eiichi Yoshida, "Robots that look like humans: A brief look into humanoid robotics," *Metod. Sci. Stud. J.*, vol. 9, pp. 143–151, 2019, doi: <https://doi.org/10.7203/metode.9.11405>.
- [10]. Putra Stevano Frima Yudha dan Ridwan Abdullah Sani, "Implementasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Sebagai Sensor Parkir Mobil Berbasis Arduino," *J. Einsten*, vol. 5, no. 3, 2017, [Online]. Available: <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/einsten/article/view/12002>.
- [11]. V. A. Akpan, G. M. Adewumi, and S. A. Eyefia, "The Development of an Enhanced Obstacle Detection System with Alarm Based on the Internet-of-Things," *J. Adv. Res. Intell. Syst. Robot.*, vol. 1, no. 2, pp. 12–29, 2019, [Online]. Available: <https://adrjournalhouse.com/index.php/Intelligence-Robotics-Sysytem/article/view/53>.
- [12]. R. Toyib, I. Bustami, D. Abdullah, and Onsardi, "Penggunaan Sensor Passive Infrared Receiver (PIR) Untuk Mendeteksi Gerak Berbasis Short Message Service Gateway," *J. Pseudocode*, vol. VI, no. 2, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/pseudocode/article/view/7491>.
- [13]. A. Reza Alamsyah, "Arduino-Based Automatic Sliding Door Design," *J. Mantik*, vol. 4, no. 1, pp. 230–237, 2020, [Online]. Available: <https://iocscience.org/ejournal/index.php/mantik/article/view/732>.
- [14]. D. S. Aula Nur Rizal Ardiyantoro, "Pengenalan Kondisi Tanah Dengan Raspberry Pi Pada Drone Penyemprot Tanaman," in *Prosiding Seminar Nasional Riset Dan Information Science (SENARIS)*, 2022, pp. 71–76, [Online]. Available: <https://tunasbangsa.ac.id/seminar/index.php/senaris/article/view/210>.
- [15]. K. Anshori, A. Soetedjo, and M. I. Ashari, "Otomatisasi dan Monitoring Parameter Lingkungan Pada Media Tumbuh Budidaya Jamur Tiram Berbasis Internet of Thing," *J. Bumigora Inf. Technol.*, vol. 2, no. 2, 2020, [Online]. Available: Otomatisasi dan Monitoring Parameter Lingkungan Pada Media Tumbuh Budidaya Jamur%0ATiram Berbasis Internet of Things%0D.