

Rancang Bangun Purwarupa Sistem Peringatan Pengendara Pelanggar Zebra Cross Berbasis Mikrokontroler ESP-32 CAM

Yosy Rahmawati
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Mercu Buana
DKI Jakarta, Indonesia

yosy.rahmawati@mercubuana.ac.id

Imelda Uli Vistalina Simanjutak
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Mercu Buana
DKI Jakarta, Indonesia

imelda.simanjutak@mercubuana.ac.id

Rianka Bayu Simorangkir
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Mercu Buana
DKI Jakarta, Indonesia

41419120109@student.mercubuana.ac.id

Diterima : Mei 2022
Disetujui : Juni 2022
Dipublikasi : Juli 2022

Abstrak—Salah satu hak pejalan kaki yang tidak boleh dilanggar oleh pengendara lain yang melintas yaitu zebra cross. Peraturan agar tidak berhenti di zebra cross sudah diatur dalam Undang-Undang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (UULAJ) Nomor 22 Tahun 2019 pasal 284 yang berbunyi “Setiap orang yang mengemudikan kendaraan bermotor dengan tidak mengutamakan keselamatan pejalan kaki atau pesepeda sebagaimana yang dimaksud dalam pasal 106 ayat (2) dipidana kurungan paling lama 2 (dua) bulan dan denda sebesar Rp 500.000 (lima ratus ribu rupiah)”. Namun, masih banyak terdapat kendaraan bermotor yang melanggar aturan tersebut. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, dibangun purwarupa sistem peringatan pengendara pelanggar zebra cross berbasis mikrokontroler ESP32-CAM, dengan menggunakan sensor *ultrasonic* untuk mendeteksi kendaraan. Ketika sensor mendeteksi kendaraan melebihi garis zebra cross yang ditentukan dan keadaan lampu sedang berwarna merah, maka buzzer akan berbunyi sebagai peringatan pengendara yang melanggar garis zebra cross untuk mundur ke garis yang seharusnya. Selanjutnya, sistem akan meng-capture pelanggaran yang terjadi dan hasil tangkapan layarnya akan dikirimkan ke telegram sebagai bukti pelanggaran. Hasil dari penelitian ini, sensor *ultrasonic* mampu bekerja apabila terdapat kendaraan yang melintasi melewati garis batas sejauh 65,6 cm pada saat lampu berwarna merah. Pada saat terjadi pelanggaran, buzzer berbunyi menandakan pelanggaran terjadi dan kamera ESP-32 CAM akan menangkap layar dan mengirimkan ke telegram sebagai bukti pelanggaran. Perhitungan waktu saat buzzer berbunyi sampai akhirnya gambar diterima dan ter-download sempurna ke telegram yaitu sebesar 5,2 – 7,99 detik.

Kata Kunci: ESP-32 CAM; Lampu Merah; Zebra cross, Ultrasonic

Abstract—One of the rights of pedestrians that other passing motorists must not violate is zebra cross. Regulations so as not to stop at Zebra crosses have been regulated in the Traffic and Road Transport Law (UULAJ) Number 22 of 2019 article 284, which reads, “Everyone who drives a motorized vehicle without prioritizing the safety of pedestrians or cyclists as referred to in article 106 paragraph (2) shall be sentenced to a maximum imprisonment of 2 (two) months and a fine of Rp. 500,000 (five hundred thousand rupiahs)”. However, many motorized vehicles stop at the zebra cross line, so it is difficult for pedestrians to cross

the road because they are blocked by the car. Therefore, this study built a warning system for violators of zebra cross at red lights using the ESP32-CAM microcontroller, using ultrasonic sensors to detect vehicles. When the sensor detects the vehicle exceeds the specified zebra cross line and the sunlight is red, the buzzer will signal drivers who violate the Zebra cross line to back down to the appropriate queue. Next, the system will capture the violation, and the screenshot will be sent to the telegram as evidence of the breach. The results of this study show that ultrasonic sensors can work if vehicles cross the 65.6 cm boundary line when the light is red. When a violation occurs, a buzzer sounds indicating a violation has occurred, and the ESP-32 CAM camera will capture the screen and send it to a telegram as evidence of a breach. The calculation of when the buzzer sounds until the image is finally received and downloaded perfectly to Telegram is 5.2 – 7.99 seconds. Misspellings and grammatical errors can affect your credibility. The same goes for misused commas and other types of punctuation. Not only will Grammarly underline these issues, but it will also show you how to write a sentence correctly.

Keywords: ESP-32 CAM; Red Light; Zebra cross; Ultrasonic

I. PENDAHULUAN

Zebra cross merupakan istilah yang digunakan oleh masyarakat sebagai persimpangan jalan raya bagi pejalan kaki. Bentuk visual zebra cross diwakili oleh marka lajur berupa garis vertikal hitam putih. Zebra cross adalah hak pejalan kaki dan tidak boleh dilanggar oleh pengendara lain yang melintas. Pada saat lampu berwarna merah maka area zebra cross harus dalam keadaan kosong oleh kendaraan. Pantauan di lampu merah persimpangan jalan Mampang Prapatan Raya Jakarta Timur terdapat pengguna motor yang berhenti di zebra cross, sehingga pejalan kaki kesulitan menyebrang jalan[1]. Di kawasan lain, lampu merah Asia Makmur Jakarta Timur, pada hari keenam Operasi Patujaya 2020, masih banyak pengendara yang melanggar garis batas penyeberangan pejalan kaki tersebut. Peraturan agar tidak berhenti di zebra cross sudah diatur dalam Undang-Undang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (UULAJ) Nomor 22 Tahun 2019 pasal 284 yang berbunyi “Setiap orang yang mengemudikan kendaraan bermotor dengan tidak

mengutamakan keselamatan pejalan kaki atau pesepeda sebagaimana yang dimaksud dalam pasal 106 ayat (2) dipidana kurungan paling lama 2 (dua) bulan dan denda sebesar Rp 500.000 (lima ratus ribu rupiah)”(Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan, 2009). Namun, masih banyak kendaraan yang melanggar aturan tersebut sehingga menyulitkan pejalan kaki menyebrang jalan karena terhalang kendaraan tersebut[3].

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Fitri Ratnasari dkk (2021) berjudul Sistem Keamanan Rumah Berbasis IoT Menggunakan Mikrokontroler dan Telegram Sebagai Notifikasi Berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP-32 CAM untuk pendeteksi gerakan dalam rumah dengan sensor PIR dan ditangkap oleh kamera ESP-32 Cam dan pengiriman notifikasi ke Telegram[4]. Kemudian, Imam Suharjo (2020) dalam penelitiannya membuat rancangan prototype alat kendali otomatis penjemur pakaian menggunakan nodemcu ESP-32 dan telegram bot berbasis IoT. Untuk pengambilan data cuaca menggunakan sensor LDR, sensor Raindrop dan sensor DHT 11. Lalu, keluaran dari sensor diolah oleh mikrokontroler NODEMCU ESP-32 menggerakkan motor DC untuk memasukkan dan mengeluarkan pakaian. Data dari seluruh sensor ditampilkan pada *smartphone* melalui aplikasi telegram dengan notifikasi dibuat dari bot telegram serta juga mengatur jemuran dari jarak jauh[5]. Lalu, Setiawan dkk (2018) melakukan Rancang Bangun Model Deteksi Pelanggaran *Zebra Cross* pada *Traffic Light* Menggunakan Metode *Adaptive Background Subtraction*, sensor akan mendeteksi *photodiode* dan *webcam* untuk menangkap gambar pelanggaran dengan memproses citra berisi objek yang melanggar garis akan membunyikan *buzzer*[6]. Selanjutnya, Angga Masri S.M Koroy dkk (2020) dalam penelitiannya Rancang Bangun Sistem Keamanan Pintu Rumah Menggunakan ESP-32 CAM dan Telegram selaku pemberitahuan kepada pemilik rumah dan sebagai sistem control jarak jauh[7]. Kemudian, M F Wicaksono dkk (2020) mengimplementasikan Arduino dan ESP-32 CAM untuk Smart Home sebagai pengontrol peralatan rumah dan memonitor keamanan rumah dengan menggunakan bantuan sensor suhu, sensor PIR dan LDR. Hasil tangkapan kamera ESP-32 CAM dikirimkan otomatis ke pemilik rumah melalui aplikasi Line[8]. Berikutnya, Novaldiyanto K. Nento dkk (2021) dalam penelitiannya melakukan Rancang Bangun Alat Peringatan Dini dan Informasi Lokasi Kebakaran Berbasis Arduino Uno menerapkan sensor api, sensor asap dan sensor suhu selaku perangkat monitoring, *buzzer* sebagai petunjuk jika terjadi kebakaran, modul GPS untuk menentukan titik koordinatnya lokasi kebakaran dan informasi berupa sms *link google maps* dikirimkan melalui modul GSM kepada penerima[9].

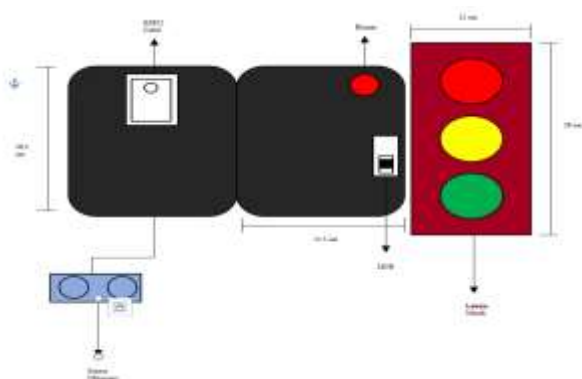
Lalu, Febrian Yusuf Hidayat dkk (2021) dalam penelitiannya mengintegrasikan sensor PIR dan kamera VC0706 sebagai pendeteksi gerakan, mikrokontroler ESP-32 CAM sebagai kontrol masukan dan keluaran, serta *buzzer* sebagai alarm tanda bahaya sekaligus sistem keamanan dikontrol pemilik rumah melalui aplikasi telegram[10]. Setelah itu, Khozainus Zuhri dkk (2020) juga melakukan penelitian selaras terkait sistem keamanan ganda brangkas berbasis telegram menggunakan mikrokontroler ESP-32 CAM sebagai pendeteksi gerak dan menyimpan otomatis

pada *google drive* dan telegram sebagai *interface* antar pengguna dengan sistem yang dikendalikan[11]. Lebih lanjut, Gigih Priyandoko dkk (2021) merancang dan membangun Sistem Portable Monitoring Infus Berbasis IoT menggunakan 2 *platform* yaitu *platform* web server sebagai monitoring informasi ter-*update* dari infus yang tersedia di seluruh rumah sakit dan *platform* aplikasi chat gratis telegram untuk notifikasi data infus pasien[12]. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan rancang bangun purwarupa berbasis mikrokontroler ESP-32 CAM sebagai sistem peringatan pengendara pelanggar *zebra cross* di lampu merah menggunakan sensor Ultrasonic HC SR04 sebagai sensor jarak bagi pengendara yang melewati batas *zebra cross*. Ketika sensor mendeteksi kendaraan melebihi garis *zebra cross* dan keadaan lampu sedang berwarna merah, maka *buzzer* akan berbunyi sebagai peringatan pengendara yang melanggar untuk mundur ke garis yang seharusnya. Pada saat itu juga sistem akan meng-*capture* pelanggaran yang terjadi dan hasil tangkapan layarnya dan dikirimkan ke telegram sebagai bukti pelanggaran. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi solusi dalam meminimalisir pelanggaran pengendara motor dan mobil sehingga pengendara akan taat kepada aturan yang telah ditentukan.

II. PERANCANGAN SISTEM

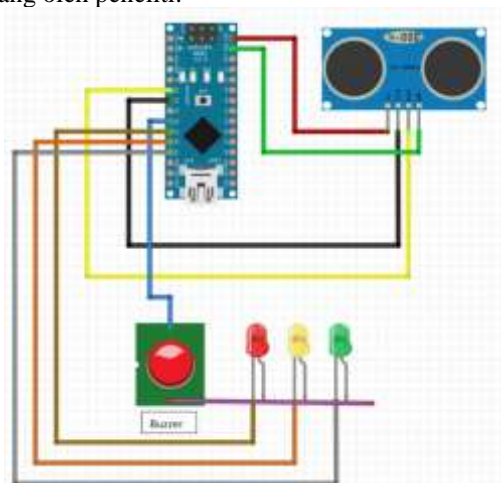
2.1 Rancangan Sistem Peringatan Pengendara

Sistem peringatan pengendara melewati garis *zebra cross* ini menggunakan lampu merah, kuning dan hijau sebagai lampu lalu lintas. Pada saat lampu merah, kendaraan baik mobil maupun motor harus berhenti di belakang garis *zebra cross*. Jika kendaraan baik mobil maupun motor melewati garis *zebra cross*, maka sensor ultrasonic akan mendeteksi dan memberikan sinyal on kepada *buzzer* dan akan menyala agar pengendara yang melanggar supaya mundur ke garis yang telah ditentukan. Pada saat lampu kuning atau hijau menyala, maka sensor tidak akan mendeteksi kendaraan yang melintas, *buzzer* tidak akan menyala. Perancangan perangkat keras digunakan 2 buah *arduino box* berukuran 18,5 x 11,5 cm. Tampak luar terdapat MCB, *buzzer*, dan ESP-32 CAM serta menggunakan kayu triplek berukuran 28 x 12 cm dilengkapi dengan 3 buah lampu berwarna merah, kuning, dan hijau. Komponen rangkaian diletakkan di dalam *Arduino box* dengan beberapa jalur kabel yang sudah dipersiapkan. Sensor ultrasonic diletakkan terpisah dari *Arduino box* dikarenakan bertujuan sebagai sensor kendaraan yang melintasi *zebra cross*. Pada pemrosesan sistem, digunakan mikrokontroler ESP-32 CAM dengan kamera yang menangkap layer (*screenshot*) secara otomatis. Pada saat lampu kuning atau hijau menyala, kamera akan tetap menyala tetapi tidak akan menangkap layar karena tidak ada pelanggaran yang terjadi (sensor ultrasonic “off”/*buzzer* “off”). Berikut Gambar 1 merupakan rancangan perangkat keras peringatan pengendara pelanggar *zebra cross* di lampu merah.



Gambar 1. Rancangan Perangkat Keras Peringatan Pengendara Pelanggar Zebra Cross di Lampu Merah

Kamera akan menyala terus, apabila terjadi pelanggaran kendaraan yang terjadi pada saat lampu merah (sensor ultrasonic “on”/buzzer “on”), maka ESP-32 CAM akan menangkap layar kendaraan tepatnya plat nomor kendaraan yang melanggar garis batas zebra cross dan hasil tangkapan layar tersebut dikirim ke telegram petugas sebagai data bukti pelanggaran. Dalam perancangan sistem dibutuhkan pengendali mikrokontroler ESP-32 CAM, sensor ultrasonic, pilot lamp buzzer LED, lampu LED warna merah, kuning, dan hijau. Untuk mengatur lampu lalu lintas digunakan relay tambaha, dan untuk menangkap layar pelanggaran yang terjadi digunakan kamera dari ESP-32 CAM. Sebagian besar komponen elektronika diletakkan di dalam arduino box dan dieratkan dengan double tip agar tidak bergerak seperti MCB, power supply dan relay. Untuk supply yang digunakan pada alat ini yaitu 220Vac dan 5Vdc. Untuk tegangan 220V dihubungkan dari sumber ke MCB yang kemudian didistribusikan menggunakan kabel NYA 1,5mm. Sedangkan untuk tegangan 5Vdc adalah keluaran power supply yang dihubungkan ke komponen-komponen yang membutuhkan tegangan tersebut. Untuk menghubungkannya digunakan kabel jumper 10cm baik female to male maupun male to male. Berikut Gambar 2 rangkaian dari sistem yang dirancang oleh peneliti.



Gambar 2. Rangkaian Sistem Peringatan Pengendara Pelanggar Zebra Cross di Lampu Merah

Kemudian, sebagai hasil tangkapan layar dari kamera ESP-32 CAM dibutuhkan suatu perantara, maka digunakan Bot dari telegram. Proses join di Bot telegram yaitu (1) buka aplikasi telegram, lalu search Botfather; (2) lanjutkan dengan ketik /start pada room chat, dan muncul beberapa pilihan, lalu ketik /newbot; (3) kemudian, input nama yang diinginkan

diakhiri dengan kata “bot”; (4) tunggu sampai Botfather merespon dan membalas informasi terkait token akses untuk Bot yang sudah dibuat; (5) Untuk mendapatkan IDBot, maka search di telegram, lalu ketik /getid agar mendapatkan IDBot tersebut; (6) Terakhir, inputkan informasi token akses ID ke dalam program arduino.

2.2 Mikrokontroler ESP-32 CAM

ESP-32 CAM merupakan mikrokontroler pengembangan ESP-32 berbiaya rendah dilengkapi dengan kamera on-board dan berukuran kecil. Karena sudah dilengkapi dengan WiFi dan Bluetooth, maka sangat ideal digunakan untuk aplikasi IoT, perangkat rumah pintar dan yang lainnya[13]. Spesifikasi mikrokontroler ESP-32 CAM yang digunakan yaitu :

- Mikroprosesor : CPU LX6 32-bit
- Rentang Catu Daya : 5V
- Port IO : 8
- RAM : 520KB
- Wifi : 802.11 b / g / n /
- Format Keluaran Gambar : JPEG

2.3 Arduino Nano

Arduino Nano adalah papan sirkuit pengembang yang ukurannya kecil dan terdapat mikrokontroler dan terdapat penggunaan bread-board. Arduino Nano khusus dirancang dan diproduksi oleh perusahaan Gravitech dengan menggunakan mikrokontroler Atmega328 (untuk Arduino Nano V3)[14].

2.4 Sensor Ultrasonic HC SR04

Sensor ultrasonic biasanya digunakan untuk alat ukur jarak lewat gelombang suara ultrasonic. Gelombang suara ultrasonic mempunyai rentang frekuensi 20Hz – 20KHz di atas batas pendengaran manusia. Frekuensi dari sensor ini dibangkitkan dari alat yang disebut piezoelektrik sebagai transmitter. Biasanya alat ini akan memancarkan gelombang pada suatu target dan jika sudah mengenai permukaan target, maka gelombang tersebut akan terpantulkan kembali. Sensor ultrasonic HC SR04 memiliki kehandalan pada pantulan gelombang yang sangat cepat bahkan hampir tidak memiliki delay, dikarenakan trigger (pemicu) dan pulsa echo (penerima) diakses dengan port yang berbeda[15]. Adapun spesifikasi sensor yang digunakan :

- VCC : 5V power supply
- Trig : Trigger input pin
- Echo : pin output
- GND : power ground

2.5 Module Relay

Relay merupakan komponen elektronika yang bekerja berdasarkan elektromagnetik. Komponen ini memiliki keluaran yang berfungsi sebagai switch untuk perngakat lain. Untuk dapat melakukan switch tersebut relay di trigger oleh tegangan dari pin mikrokontroler ESP-32 CAM. Relay terdiri dari tiga pin, yaitu normally open, normaly close, common pin dan satu koil[16]. Adapun spesifikasi relay yang digunakan :

- Tegangan Kerja : 5VDC
- Jumlah Relay : 4
- Indikator : LED for relay output status

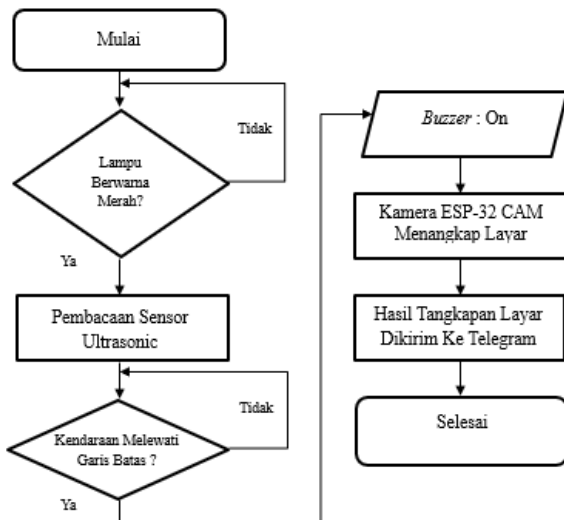
2.6 Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* sama dengan *loudspeaker*, jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi *electromagnet*, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma, maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara[17]. Berikut spesifikasi *buzzer* yang digunakan :

- Jenis : *Pilot Lamp LED 22mm Buzzer Merah*
- Output : 220VAC
- Jumlah : 1

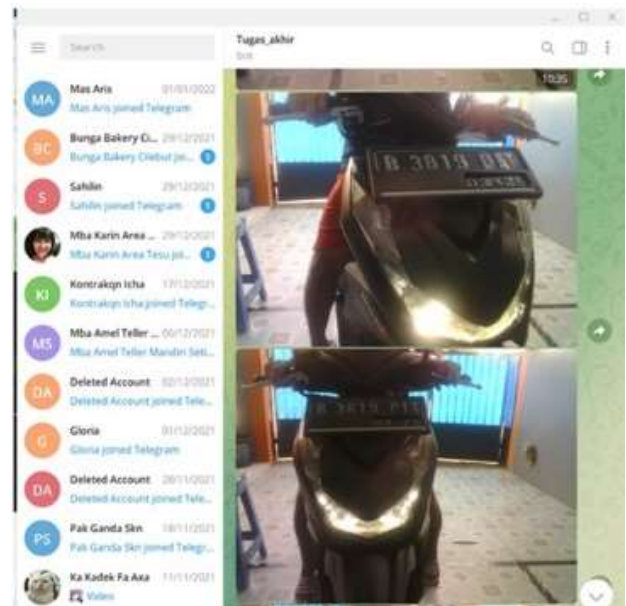
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara perancangan sistem terhadap perangkat keras yang dihasilkan, apakah sistem bekerja sesuai dengan deskripsi kerjanya atau tidak. Peneliti tidak menerapkan sistem secara real time pada *zebra cross* di jalan raya melainkan berupa purwarupa sederhana yang pengujiannya dilakukan di rumah dan fokus objek hanya pada kendaraan dan memperlihatkan plat nomor kendaraan sebagai bukti apabila terjadi pelanggaran. Pada Gambar 3 di bawah ini menunjukkan langkah kerja dari sistem yang telah dibangun.



Gambar 3. Langkah Kerja Sistem Peringatan Pengendara Pelanggar *Zebra Cross* Berbasis Mikrokontroler ESP-32 CAM

Dikarenakan telegram menerima gambar yang jumlahnya banyak dalam 1 waktu ketika kendaraan terdeteksi oleh sensor dalam kurun waktu tertentu, maka yang diambil hanya 1 gambarnya saja sebagai data hasil pengujian yang terbaik. Berikut Gambar 4 merupakan hasil screenshot pada layar telegram saat gambar diterima dari ESP-32 CAM.



Gambar 4. Hasil Screenshoot Layar Telegram Saat

Menerima Kiriman Gambar ESP-32 CAM Purwarupa ini hanya mampu mendeteksi pelanggaran bagi kendaraan yang melewati garis batas *zebra cross*, karena sensor ultrasonic yang digunakan tidak dapat membedakan kendaraan dan orang yang menyebrang di area *zebra cross*. Hal tersebut dikarenakan terbatasnya frekuensi kerja dari sensor yang digunakan dalam mendeteksi bunyi, yaitu dalam rentang frekuensi 20Hz – 20KHz. Berikut Gambar 5 merupakan hasil rakitan perangkat keras sistem peringatan pengendara pelanggar *zebra cross* di lampu merah.



(a) Tampak Luar



(b) Tampak Dalam

Gambar 5. Hasil Rakitan Perangkat Keras Sistem Peringatan Pengendara Pelanggar *Zebra Cross* di Lampu Merah

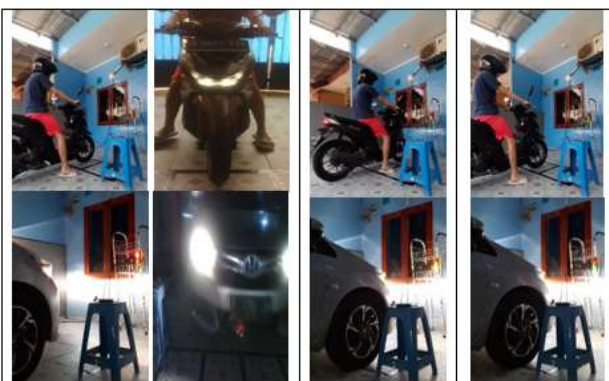
a) Pengujian Berdasarkan Kondisi Lampu Lalu Lintas

Hasil pengujian sistem pada saat lampu merah dilihat pada Tabel 1 di bawah ini. Pada saat lampu lalu lintas berwarna merah, maka kendaraan harus berhenti di belakang garis batas *zebra cross*. Jika terdapat kendaraan yang terdeteksi oleh sensor ultrasonic melebihi batas *zebra cross*, maka *buzzer* akan menyala dan berbunyi, lalu kamera akan menangkap layar pada objek yang diteliti dan mengirimkan hasil tangkapan layar ke telegram. Jika kendaraan berhenti di belakang garis batas *zebra cross*, maka *buzzer* tidak akan menyala dan kamera tidak akan menangkap layar. Diketahui bahwa deskripsi kerja alat berjalan dengan baik, saat lampu berwarna merah dan kendaraan berhenti di belakang garis *zebra cross*, maka sensor ultrasonic tidak mendeteksi adanya kendaraan dan *buzzer* tidak berbunyi. Tangkapan layar juga tidak muncul di telegram. Pada saat kendaraan berhenti melewati garis batas *zebra cross* dan terdeteksi oleh sensor ultrasonic, maka *buzzer* akan menyala menandakan terjadinya pelanggaran dan hasil tangkapan layar kamera terkirim ke telegram sebagai bukti pelanggaran.

Tabel 1. Pengujian Berdasarkan Kondisi Lampu Lalu Lintas

Kondisi Lampu	Objek Diteliti	Kondisi Sensor Ultrasonic	Kondisi Buzzer	Status Telegram
Merah	Motor/Mobil	Mendeteksi	On	Tangkapan Layar Diterima
Kuning	Motor/Mobil	Tidak Mendeteksi	Off	Tangkapan Layar Tidak Diterima
Merah	Motor/Mobil	Tidak Mendeteksi	Off	Tangkapan Layar Tidak Diterima

Pada saat lampu lalu lintas berwarna kuning, maka sensor ultrasonic akan berstatus “tidak mendeteksi” dan *buzzer* juga “off” serta tidak ada tangkapan layar yang diterima telegram disebabkan tidak adanya pelanggaran yang terjadi. Hal ini dikarenakan saat lampu lalu lintas berwarna kuning kendaraan sudah berjalan pelan meninggalkan area *zebra cross* dan begitu juga saat lampu lalu lintas berwarna hijau, kondisi sensor ultrasonic berstatus “tidak mendeteksi” dan *buzzer* tidak menyala. Hal tersebut dikarenakan kendaraan telah menjauhi posisi sensor dan sensor ultrasonic hanya mampu mendeteksi kendaraan dalam rentang frekuensi Berikut Gambar 6 menunjukkan proses pengujian berdasarkan kondisi lampu lalu lintas.



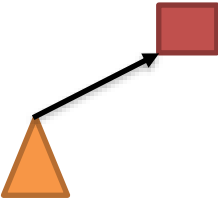
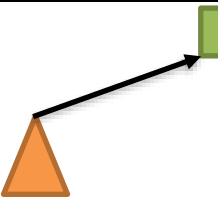
Gambar 6 Proses Pengujian Sistem Berdasarkan Kondisi Lampu Lalu Lintas

b) Pengujian Berdasarkan Jarak Kendaraan Terhadap Garis Batas Zebra Cross

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jarak pelanggaran yang terjadi di tiap kendaraan motor dan mobil dihitung dari bagian ban terdepan untuk motor dan plat mobil bagian depan untuk mobil dengan garis batas dalam zebra cross. Berdasarkan informasi yang termuat pada Tabel 2 pada jarak 36,9 cm sebelum garis batas zebra cross untuk kendaraan motor diukur dari ban bagian terdepan, sensor tidak membaca atau off karena motor tidak melewati garis batas yang ditentukan. Pada jarak 65,6 & 102,5 cm dihitung dari jarak garis batas terdalam ke bagian ban motor paling depan, sensor sudah membaca atau on dikarenakan pada saat lampu merah motor tersebut melewati garis batas yang ditentukan. Sedangkan pada kendaraan mobil jarak 18,7 cm dibelakang garis batas zebra cross ke plat nomor kendaraan bagian depan pada saat lampu merah belum terjadi pelanggaran buzzer off dan kamera tidak menangkap layar. Pada jarak 60,6 dan 97,2 cm setelah dihitung setelah garis batas bagian dalam ke bagian plat mobil depan, terjadi pelanggaran dan buzzer menyala dan kamera menangkap layar. Posisi kendaraan diilustrasikan seperti yang tergambar pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Pengujian Jarak Kendaraan Berdasarkan Jarak Garis Batas Zebra Cross

Posisi Kendaraan	Jarak (cm)	Hasil Pengujian
	18,7	Sebelum garis batas dalam <i>zebra cross</i> . <i>Buzzer</i> : Off Tangkapan Layar Tidak Ada
	36,9	Sebelum garis batas <i>zebra cross</i> . <i>Buzzer</i> : On Tangkapan Layar Tidak Ada
	60,6	Setelah garis batas <i>zebra cross</i> . <i>Buzzer</i> : On Tangkapan Layar Ada
	65,6	Setelah garis batas dalam <i>zebra cross</i> . <i>Buzzer</i> : On Tangkapan Layar Ada

Posisi Kendaraan	Jarak (cm)	Hasil Pengujian
	97,2	Setelah garis batas dalam zebra cross. Buzzer : On Tangkapan Layar Ada
	102,5	Setelah garis batas dalam zebra cross. Buzzer : On Tangkapan Layar Ada

Keterangan :
Kotak berwarna merah → Kendaraan Mobil
Kotak berwarna hijau → Kendaraan Motor
Segitiga berwarna kuning → Posisi Sensor Ultrasonic

c) Pengujian Berdasarkan Waktu (Pagi/Malam)

Pengujian kamera ESP-32 CAM berdasarkan waktu dibagi menjadi 2 yaitu pagi dan malam hari. Pengujian di pagi hari dilaksanakan pada pukul 10.00 WIB dan pengujian pada malam hari dilakukan pada pukul 21.00 WIB. Pada pengujian pagi hari tidak ditambahkan cahaya tambahan seperti lampu dll. Sedangkan untuk di malam hari terdapat cahaya tambahan dari lampu sorot kendaraan itu sendiri serta lampu rumah. Cara mengujinya yaitu dengan menghalangi sensor ultrasonic dengan tangan. Pada waktu siang hari kamera ESP-32 CAM menghasilkan tangkapan layar yang jelas dan terang baik untuk kendaraan motor maupun mobil. Sedangkan pada waktu malam hari, baik kendaraan motor dan mobil pada saat tidak menyalakan lampu kendaraan, keadaan gelap dan tidak ada cahaya pendukung sehingga plat nomor kendaraan tidak terdeteksi. Jika lampu motor dinyalakan, dengan kondisi hanya ada 1 motor, karena ada tambahan cahaya dari lampu motor, gambar dari kamera masih kurang jelas untuk nomor platnya. Untuk kendaraan mobil dengan keadaan terdapat satu buah mobil yang dibantu cahaya dari lampu mobil yang menyala, maka plat nomor mobil terlihat jelas.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan hasil analisa sistem yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa: 1). Sistem bekerja sesuai dengan deskripsi kerja. Apabila lampu berwarna merah dan kendaraan melewati batas garis zebra cross yang telah ditentukan maka buzzer akan menyala dan kamera akan menangkap layar plat nomor kendaraan dan dikirim ke telegram sebagai bukti; 2). Apabila lampu berwarna kuning dan hijau, maka buzzer tidak akan menyala dan kamera tidak akan menangkap layar 3). Purwarupa ini hanya mampu mendeteksi pelanggaran bagi kendaraan yang melewati garis batas zebra cross, karena sensor ultrasonic yang digunakan tidak dapat membedakan kendaraan dan orang yang menyebrang di area zebra cross. Hal tersebut dikarenakan terbatasnya frekuensi kerja dari sensor yang digunakan dalam mendeteksi bunyi, yaitu dalam rentang frekuensi 20Hz – 20KHz; 4). Jarak kendaraan motor yang tidak terdeteksi pelanggaran maksimal 36,9 cm untuk motor dihitung dari garis batas bagian dalam ke ban depan motor

dan 18,7 cm untuk mobil dihitung dari garis batas bagian dalam ke plat mobil bagian depan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim penelitian ini yang telah bekerja sama hingga penelitian berjalan dengan baik dan lancar. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada segenap akademisi yang telah mendukung kelancaran penelitian ini sebagai perwujudan tanggung jawab sosial Lembaga Pendidikan Tinggi - Tri Dharma Perguruan Tinggi.

REFERENSI

- [1] Polresta Bogor Kota, “Ketentuan dan Informasi Resmi Pelanggaran Lalu Lintas (‘Tilang’),” 2021. <https://bogorkota.jabar.polri.go.id/ketentuan-dan-informasi-resmi-pelanggaran-lalu-lintas-tilang/>.
- [2] “Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan,” 2009. [Online]. Available: https://www.dpr.go.id/dokjdi/document/uu/UU_2009_22.pdf.
- [3] Ihsan Emerald Alamsyah, “Ingat, Berhenti di Zebra Cross adalah Pelanggaran!” <https://www.republika.co.id/berita/pvk341349/ingat-berhenti-di-emzebra-crossem-adalah-pelanggaran>.
- [4] R. H. H. Fitria Ratnasari, Prahenua Wahyu Ciptadi, “Sistem Keamanan Rumah Berbasis IoT Menggunakan Mikrokontroler dan Telegram Sebagai Notifikasi,” in *Seminar Nasional Dinamika Informatika*, 2021, vol. 5, no. 1, [Online]. Available: <https://prosiding.senadi.upy.ac.id/index.php/senadi/article/view/222>.
- [5] Imam Suharjo, “Prototype Alat Kendali Otomatis Penjemur Pakaian Menggunakan NodeMCU ESP32 Dan Telegram Bot Berbasis Internet of Things (IOT),” *J. Inf. Syst. Artif. Intell.*, vol. 1, no. 1, 2020, [Online]. Available: <http://jisai.mercubuana-yogya.ac.id/index.php/jisai>.
- [6] Pami Ruli Setiawan, “Deteksi Pelanggaran Zebra Cross Pada Traffic Light Menggunakan Metode Adaptif Background Subtraction,” *J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 12, no. 3, 2018, [Online]. Available: <https://electrician.unila.ac.id/index.php/ojs/article/view/2083>.
- [7] A. H. M. Angga Masri S.M Koroy, Gamaria Mandar, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Pintu Rumah Menggunakan ESP-32 CAM,” *J-TIFA (urnal Teknol. Inform.*, vol. 3, no. 1, 2020, [Online]. Available: <http://jurnal.umm.ac.id/index.php/J-TIFA/article/view/1038>.
- [8] M. D. R. M F Wicaksono, “Implementasi Arduino dan ESP32 CAM untuk Smart Home,” *J. Teknol. dan Inf.*, vol. 10, no. 1, 2020, [Online]. Available: <https://ojs.unikom.ac.id/index.php/jati/article/view/2836>.
- [9] I. Z. N. Novaldiyanto K. Nento, Bambang Panji Asmara, “Rancang Bangun Alat Peringatan Dini Dan Informasi Lokasi Kebakaran Berbasis Arduino Uno,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, no. 1, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.ung.ac.id/index.php/jjee/article/view/83>

39/2533.

- [10] T. I. S. Febrian Yusuf Hidayat, Wasito Utomo, "Integrasi Sensor Gerak dan ESP32 CAM Sebagai Sistem Kontrol Keamanan Rumah," in *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITP)*, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.poltekbangsby.ac.id/index.php/SNITP/article/view/865>.
- [11] A. I. Khozainuz Zuhri, "Perancangan Sistem Keamanan Ganda Brankas Berbasis Telegram Menggunakan Mikrokontroler ESP32-CAM," *J. Teknol. dan Inform.*, vol. 1, no. 2, 2020, [Online]. Available: <http://jurnal.umitra.ac.id/index.php/JEDA/article/view/470>.
- [12] I. I. K. Gigih Priyandoko, Diky Siswanto, "Rancang Bangun Sistem Portable Monitoring Infus Berbasis Internet of Things," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, no. 2, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.ung.ac.id/index.php/jjee/article/view/10508>.
- [13] A. Muliadi¹, Imran² and M. Rasul³, "Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan ESP32," *Media Elektr.*, vol. 177, no. 2, 2020, [Online]. Available: <https://ojs.unm.ac.id/mediaelektrik/article/viewFile/14193/8347>.
- [14] I Gede Saputra Widharma, "Buku Teks Mikrokontroler," 2021.
- [15] Raja Salam Harahap, "Perancangan Alat Pengusir Hama Pada Tanaman Padi Menggunakan Arduino Nano," *J. Pancabudi*, vol. 2, no. 2, 2020, [Online]. Available: <https://journal.pancabudi.ac.id/index.php/fastek/article/view/3437>.
- [16] Tedy Tri Saputro, "Mengenal Relay Dan Cara Kerjanya (Bagian – 1)," 2019. <https://embeddednesia.com/v1/mengenal-relay-dan-cara-kerjanya-bagian-1/>.
- [17] G. F. S. Rina Mardiaty, Ferlin Ashadi, "Rancang Bangun Prototipe Sistem Peringatan Jarak Aman pada Kendaraan Roda Empat Berbasis Mikrokontroler ATMEGA32," *TELKA*, vol. 2, no. 1, 2016, [Online]. Available: <http://telka.ee.uinsgd.ac.id/index.php/TELKA/issue/view/1>.