

Rancang bangun alat pendeteksi halangan untuk mencegah kecelakaan di tikungan menggunakan sensor passive infrared receiver (pir) dan lampu peringatan

(design of an obstacle detection device to prevent accident in turning using a passive infrared receiver (pir) sensor and led lamp)

Ahmad Arian Fahdy^[1], I Wayan Agus Arimbawa^[1], Ari Hernawan^[1]

^[1]Dept Informatics Engineering, Mataram University

Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA

Email: arianfahdy31@gmail.com, [arimbawa, arihernawan]@unram.ac.id

Potensi kecelakaan di jalan terutama di gang – gang sempit dengan sudut belokan yang tinggi akan sangat besar apabila tidak didukung dengan fasilitas jalan yang memberikan peringatan dini pada sudut belokan jalan dan gang. Saat sekarang pada jalan Cendana 1 Taman Sari sudah dibuat polisi tidur secara swadaya oleh masyarakat. berdasarkan hasil wawancara awal dengan Kepala Lingkungan Taman Seruni, Kecamatan Ampenan perkiraan pembuatan satu polisi tidur dengan panjang 2,5 meter dan lebar 50 cm memakan biaya sebesar lima ratus ribu rupiah. Namun demikian penggunaan polisi tidur saat ini tampak belum memberikan dampak yang signifikan untuk mengurangi laju kecepatan kendaraan. Polisi tidur atau yang dikenal dengan speed bump dibuat untuk mengurangi laju kecepatan kendaraan, namun berdampak pada kerusakan pada kendaraan, mencelakai orang lain dan bahkan mencelakai pengendara itu sendiri Pada tahap studi literatur akan dilakukan pengumpulan jurnal yang berkaitan dengan perancangan sistem yang serupa dan sudah pernah dilakukan sebelumnya, perancangan sistem yang dimaksud ialah rancang bangun alat pendeteksi halangan untuk mencegah kecelakaan di tikungan menggunakan Sensor passive infrared receiver (pir) dan Lampu. Selain itu beberapa jurnal mengenai penerapan Internet of Things (IoT), Sensor Passive Infrared, Nodemcu ESP8266, dan juga mempersiapkan segala kebutuhan alat lainnya. Pada tahap analisis kebutuhan sistem dilakukan analisis kebutuhan untuk memenuhi kebutuhan dalam membangun sistem yang dirancang, kemudian menjelaskan perangkat yang diperlukan dalam proses perancangan serta pembangunan sistem tersebut. Pada tahap perancangan arsitektur dilakukan perancangan arsitektur dan alur kerja dari sistem yang dirancang. Pada tahap perancangan perangkat keras dilakukan perancangan terhadap seluruh perangkat keras yang dibutuhkan untuk membangun alat pendeteksi halangan untuk mencegah kecelakaan di tikungan. dalam hal ini adalah Nodemcu ESP8266, Sensor Passive Infrared, dan Lampu LED. Pada tahap implementasi alat dilakukan pembuatan alat bantu berupa tiang dan box untuk keamanan alat sehingga alat mudah ditempatkan sesuai dengan posisi yang di inginkan. Pada tahap pengujian dan evaluasi sistem, pengujian dilakukan dengan menggunakan teknik pengujian jika sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah dianalisis, maka akan dilanjutkan ke tahap berikutnya. Jika tidak berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah dianalisis, maka akan dilakukan perbaikan pada tahap perancangan perangkat. Pada tahap dokumentasi sistem dan penyusunan laporan, hasil pengujian yang telah dilakukan akan dibuat laporan akhir yang berisi dokumentasi sistem, serta dilakukan evaluasi

terhadap sistem yang dibuat. Berangkat dari gambaran kondisi tersebut, perlu dilakukan mengembangkan satu alat fasilitas jalan untuk mengurangi potensi kecelakaan pada sudut belokan jalan dan gang yang terdapat titik buta (blind spot). Alat ini diharapkan dapat memberikan peringatan bagi pengendara yang berlawanan arah pada sudut tikungan blind spot sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan. Dalam upaya untuk meningkatkan pengendali dan pengamanan pengguna jalan, serta mengurangi kecelakaan lalu lintas khususnya pada jalan-jalan lingkungan dan gang-gang sempit, maka penggunaan polisi tidur perlu dilengkapi dengan alat pengendali lain yang mampu memberikan peringatan atau tanda pada pengguna jalan untuk lebih berhati-hati dan mengurangi kecepatannya. Saat ini sudah ada seperti penggunaan cermin cembung namun masih terbatas pada jalan-jalan besar dan jalan trans pulau dan tikungan tajam pada jalan-jalan besar. Namun demikian penggunaan cermin cembung cenderung tidak bertahan lama karena cepat buram karena pengaruh iklim tropis. Sementara penggunaan alat berbasis teknologi informasi juga masih sangat terbatas seperti pendeteksi atau sensor khusus penyeberang jalan, sedangkan sensor deteksi halangan pada tikungan dan blind spot area belum ada. Berangkat dari gambaran kondisi tersebut, perlu dilakukan mengembangkan satu alat fasilitas jalan untuk mengurangi potensi kecelakaan pada sudut belokan jalan dan gang yang terdapat titik buta (blind spot). Alat ini diharapkan dapat memberikan peringatan bagi pengendara yang berlawanan arah pada sudut tikungan blind spot sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan

Keywords: Kecelakaan, Sensor, Infrared, Arduino Uno, Tikungan.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data BPS (Badan Pusat Statistik) Tahun 2022, Indonesia mengalami pertumbuhan kendaraan bermotor sebesar 5,7%. Pada Tahun 2021 dengan jumlah mencapai 143,8 juta unit dibanding Tahun 2020 sejumlah 136,1 juta unit. Sedangkan di Kota Mataram berdasarkan data yang dirilis oleh POLDA NTB, jumlah kendaraan bermotor sejumlah 482,292 unit atau 24,31% dari seluruh jumlah kendaraan bermotor di Provinsi Nusa Tenggara Barat.

Dari jumlah tersebut 408.253 unit di antaranya adalah sepeda motor. Kondisi tersebut menyebabkan padatnya arus lalu lintas jalan di Kota Mataram bahkan sampai gang – gang kecil pada lingkungan permukiman [1]. Sesuai dengan data kecelakaan lalu lintas yang dirilis oleh Polresta Mataram bahwa pada Tahun 2021 terjadi 321 kasus kecelakaan lalu lintas dengan jumlah korban meninggal dunia sebanyak 64 orang. Angka Tahun 2021 ini naik sebanyak 22,5 % atau 58 kasus jika dibandingkan dengan kasus kecelakaan Tahun 2020 sebesar 263 kasus. Angka kecelakaan lalu lintas tersebut tentu disebabkan oleh banyak faktor antara lain kelalaian pengendara, kondisi kendaraan maupun fasilitas jalan yang kurang memadai [2]. Oleh karena itu, potensi kecelakaan di jalan terutama di gang – gang sempit dengan sudut belokan yang tinggi akan sangat besar apabila tidak didukung dengan fasilitas jalan yang memberikan peringatan dini pada sudut belokan jalan dan gang. Sebagai contoh dapat dikemukakan pada sudut belokan Jalan Cendana 1 Taman Sari Kecamatan Ampenan hampir setiap hari terjadi kecelakaan ringan terutama pada pagi hari (jam sibuk) antara sepeda motor dengan sepeda motor maupun sepeda motor dengan pejalan kaki . Saat sekarang pada jalan Cendana 1 Taman Sari sudah dibuat polisi tidur secara swadaya oleh masyarakat. berdasarkan hasil wawancara awal dengan Kepala Lingkungan Taman Seruni, Kecamatan Ampenan perkiraan pembuatan satu polisi tidur dengan panjang 2,5 meter dan lebar 50 cm memakan biaya sebesar lima ratus ribu rupiah. Namun demikian penggunaan polisi tidur saat ini tampak belum memberikan dampak yang signifikan untuk mengurangi laju kecepatan kendaraan.

Polisi tidur atau yang dikenal dengan *speed bump* dibuat untuk mengurangi laju kecepatan kendaraan, namun berdampak pada kerusakan pada kendaraan, mencelakai orang lain dan bahkan mencelakai pengendara itu sendiri [3]. Di samping itu, hasil penelitian lain menemukan bahwa penggunaan polisi tidur tidak efektif karena dengan adanya polisi tidur laju kendaraan dari rata-rata 28,326 km/jam hanya berkurang menjadi 15,713 km/jam, sedangkan standar kecepatan maksimum kendaraan dengan adanya polisi tidur adalah 8 km/jam[4].

Dengan demikian, dalam upaya untuk meningkatkan pengendali dan pengamanan pengguna jalan, serta mengurangi kecelakaan lalu lintas khususnya pada jalan-jalan lingkungan dan gang-gang sempit, maka penggunaan polisi tidur perlu dilengkapi dengan alat pengendali lain yang mampu memberikan peringatan atau tanda pada pengguna jalan untuk lebih berhati-hati dan mengurangi kecepatannya. Saat ini sudah ada seperti penggunaan cermin cembung namun masih terbatas pada jalan-jalan besar dan jalan trans pulau dan tikungan tajam pada jalan-jalan besar. Namun demikian penggunaan

cermin cembung cenderung tidak bertahan lama karena cepat buram karena pengaruh iklim tropis. Sementara penggunaan alat berbasis teknologi informasi juga masih sangat terbatas seperti pendeteksi atau sensor khusus penyeberang jalan, sedangkan sensor deteksi halangan pada tikungan dan *blind spot area* belum ada. Berangkat dari gambaran kondisi tersebut, perlu dilakukan mengembangkan satu alat fasilitas jalan untuk mengurangi potensi kecelakaan pada sudut belokan jalan dan gang yang terdapat titik buta (*blind spot*). Alat ini diharapkan dapat memberikan peringatan bagi pengendara yang berlawanan arah pada sudut tikungan *blind spot* sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan. Penelitian ini akan mengambil lokasi pada area tikungan pada Jalan Cendana 1, Lingkungan Taman Seruni, Kelurahan Taman Sari, Kecamatan Ampenan, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat.

Dalam mendeteksi gerakan dibutuhkan sebuah sensor. Sensor adalah komponen yang mengubah besaran fisis menjadi besaran listrik. Beberapa komponen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR). Sensor PIR merupakan sensor berbasis *infrared*, Ketika seseorang menghampiri sensor, sensor kemudian menangkap pancaran sinar inframerah pasif yang dipancarkan dari tubuh manusia dengan suhu badan berbeda dari suhu lingkungan sehingga menyebabkan material *pyroelectric* bereaksi menghasilkan arus listrik karena adanya energi panas yang dibawa oleh sinar inframerah pasif tersebut. Setelah itu sebuah sirkuit *amplifier* yang ada akan menguatkan arus tersebut yang kemudian dicek oleh *comparator* sehingga mengeluarkan *output*[5]. Alat ini nantinya akan ditempatkan pada sisi ke 1 arah selatan Dengan menggunakan sensor PIR ini maka apabila ada pergerakan manusia yang melewati sensor PIR, maka sensor akan mendeteksi keberadaan manusia tersebut, sensor dapat mendeteksi adanya gerakan manusia dengan jarak maksimal antara sensor PIR dan objek yaitu ± 5 meter, alasan peneliti menggunakan sensor ini karena sensor tersebut sangat cocok dengan masalah penelitian yang akan dieksekusi, referensi ini diambil dari penelitian Jurnal *Mikrotik* Vol. 8/No. 1/Jul 2018 yang berjudul Implementasi Sensor Pir Sebagai Alat Peringatan Pengendara Terhadap Penyebrangan Jalan Raya.

Konstruksi alat nantinya Sensor PIR akan dihubungkan pada *mikrokontroler* dan sebuah komponen Lampu LED. *Mikrokontroler* merupakan otak dalam pengendalian dengan memasukkan bahasa pemrograman ke dalamnya sesuai yang dikehendaki perancang. *Arduino Uno* memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang *mikrokontroler*. Lampu LED berfungsi sebagai tanda peringatan bahwa ada kendaraan lain yang sedang mengarah ke kita, Akan ditempatkan pada sisi ke 2 arah utara sebagai *output*

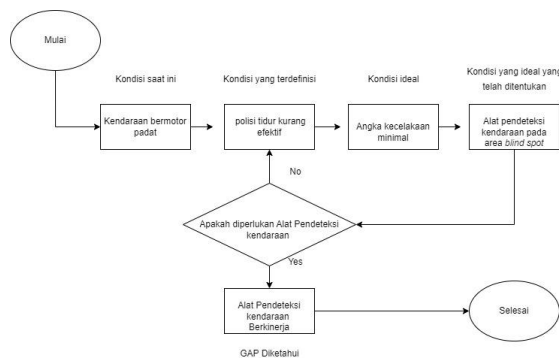
berupa cahaya yang berkedip setiap interval waktu 0,30 detik. Cahaya yang akan berkedip pada saat adanya aktivitas yang di respons oleh sensor PIR di sisi ke 1 arah selatan sehingga dapat digunakan sebagai alat peringatan pengendara terhadap lawan arah dari pengendara yang berada pada sisi maupun penyeberang jalan alasan peneliti menggunakan Lampu LED karena sensor ini nantinya akan berkolaborasi dengan sensor PIR yang akan menangkap pancaran sinar inframerah pasif yang dipancarkan oleh tubuh manusia sehingga menghasilkan getaran yang membuat Lampu LED merespons mengeluarkan cahaya.

Dari uraian di atas, dalam penelitian ini nanti akan mencakup penjelasan mengenai sistem dan cara kerja alat pendeteksi halangan bermotor serta kinerja dari sistem yang dibangun tersebut pada *blind spot* Jalan Cendana 1.

1.2 Rumusan Masalah

Pada uraian latar belakang telah dijelaskan bahwa saat ini jumlah kendaraan bermotor terus bertambah dan kepadatan lalu lintas khususnya pada Jalan Cendana 1 Taman Seruni semakin meningkat sementara kondisi jalan yang sempit dengan tikungan yang tajam. Kondisi ini menyebabkan rawan terjadinya kecelakaan meskipun sudah dibuat beberapa polisi tidur, tapi laju kecepatan kendaraan masih relatif tinggi. Pada sisi lain dibutuhkan alat pengendali dan pengamanan berkendara selain polisi tidur untuk mendeteksi halangan pada area *blind spot*. Oleh karena itu, perlu dibangun suatu sistem pendeteksi yang berkinerja memberikan peringatan dini untuk mengurangi kecepatan pengendara.

Adapun gambaran rumusan masalah disusun dengan mengacu pada uraian latar belakang yang secara sistematis dapat digambarkan melalui *flow chart* sebagai berikut.



Gambar 1. 1 Metode GAP analisis

Dari identifikasi berdasarkan gap analisis tersebut, Apabila dikaitkan dengan isu aktual yang terjadi saat ini, maka pembuatan alat pendeteksi halangan bermotor pada jalan *blind spot* sangat relevan untuk segera di ciptakan karena akan sangat berpengaruh terhadap penurunan angka kecelakaan lalu lintas di Kota Mataram khususnya pada jalan cendana 1. Bagaimana sistem alat pendeteksi tersebut dibangun dan sejauh mana kinerjanya harus

diteliti lebih lanjut. Dengan demikian, rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana membangun alat pendeteksi halangan bermotor pada *blind spot* Jalan Cendana 1?
2. Bagaimana kinerja alat pendeteksi halangan bermotor pada *blind spot* Jalan Cendana 1?
3. Bagaimana pengalaman pengguna jalan dalam memanfaatkan alat pendeteksi halangan bermotor pada *blind spot* Jalan Cendana 1?

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian dirumuskan untuk menjawab rumusan masalah untuk mendapatkan kondisi ideal yang diinginkan pada masa yang akan datang. Adapun kondisi ideal yang diinginkan sebagaimana disajikan dalam tabel berikut ini.

Tabel 1. 1 Gambaran Kondisi Ideal Yang Diinginkan

Kondisi Saat Ini	Kondisi Yang Diinginkan
Belum terdapat alat pendeteksi halangan pada area <i>blind spot</i> Jalan Cendana 1	Terdapat alat pendeteksi halangan pada area <i>blind spot</i> Jalan Cendana 1
	kinerja sistem yang akan dibangun dapat berfungsi berdasarkan evaluasi yang dilakukan di jalan nyata
	Pengguna jalan merasakan manfaat alat pendeteksi halangan pada <i>blind spot</i> Jalan Cendana 1

Berdasarkan tabel di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membangun alat pendeteksi halangan bermotor pada *blind spot* Jalan Cendana 1
2. Mengukur kinerja Alat pendeteksi halangan bermotor pada *blind spot* Jalan Cendana 1.
3. Mengukur penerimaan pengguna jalan terhadap Alat pendeteksi halangan bermotor pada *blind spot* Jalan Cendana 1.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Tikungan Lorong Jalan

Pembuatan Tikungan pada Lorong jalan sudah menjadi hal yang biasa karena untuk menjadi alternatif agar nantinya jalur akan mengarah pada jalur terdekat. Atau ada masalah pada saat jalan dibuat terdapat bangunan yang menghalangi dan adanya alasan lainnya sehingga tidak menutup kemungkinan terjadinya kecelakaan lalu lintas pada tikungan tajam yang masih saja tinggi. Hal ini diperburuk dengan perilaku berkendara dengan kecepatan yang tinggi. Faktor kecelakaan yang dominan adalah manusia dan jalan, Faktor manusia berupa kecepatan tinggi, Faktor jalan terutama dikarenakan radius tikungan yang kecil dan ditambah penglihatan pengendara terhalang oleh objek bangunan yang berpotensi terjadinya kecelakaan[14].

2.1.2 Akibat Pembangunan Polisi Tidur

Adanya polisi tidur, untuk memperlambat laju kendaraan yang dibuat di dalam lorong jalan atau gang dengan bentuk seperti gunung yang sesuai dengan aturannya, Fakta yang ada, sering terjadi pembuatan polisi tidur yang tidak sesuai aturan akibat ulah dari masyarakat yang sewenang-wenang secara sepihak, sehingga banyak kasus kecelakaan yang terjadi di lingkungan masyarakat selalu membuat terkejut dan marah[15].

2.1.3 Arduino Uno

Arduino Uno adalah sebuah *minimumu system* dengan kemasan yang miniatur ber kemampuan *interfacing* dan pemrograman yang mudah[16]. Arduino Uno merupakan rangkaian yang dikembangkan dari *mikrokontroller* berbasis ATmega328[17]. *Arduino Uno* berguna untuk berkomunikasi dengan sebuah komputer atau *mikrokontroller* lainnya[18].



Gambar 2. 1 Mikrokontroler Arduino Uno

2.1.4 Sensor PIR

PIR (*Passive Infrared Receiver*) adalah sebuah sensor dengan *infrared*. Akan tetapi PIR tidak memancarkan apa pun seperti IR LED. Sesuai dengan namanya '*passive*', sensor PIR hanya akan merespons energi dari pancaran sinar inframerah pasif yang dimiliki setiap benda yang terdeteksi olehnya[19]. Pada penggunaan sensor PIR ini maka apabila ada aktivitas manusia yang melewati sensor tersebut, maka sensor akan mendeteksi Keberadaan manusia [20].

Gambar 2. 2Sensor PIR

2.1.5 Lampu

LED lebih efisien dan memberikan kualitas yang lebih tinggi daripada lampu penerangan lainnya. Studi ini bertujuan untuk mendapatkan tingkat efikasi lampu LED untuk pencahayaan umum yang beredar di Indonesia[21].



Gambar 2. 3 Lampu

III. METODOLOGI

3.1 Rencana Pelaksanaan

Rencana pelaksanaan pada penelitian perancangan alat pendeteksi halangan dapat dilihat pada diagram alir Gambar 3.1

Gambar 3. 1 Rencana Pelaksanaan



Proses pada rencana pelaksanaan Gambar 3.1 dijelaskan sebagai berikut :

1. Pada tahap studi literatur akan dilakukan pengumpulan jurnal yang berkaitan dengan perancangan sistem yang serupa dan sudah pernah dilakukan sebelumnya, perancangan sistem yang dimaksud ialah rancang bangun alat pendeteksi halangan untuk mencegah kecelakaan di tikungan menggunakan Sensor *passive infrared receiver* (pir) dan Lampu. Selain itu beberapa jurnal mengenai penerapan *Internet of Things* (IoT), *Sensor Passive Infrared*, *Nodemcu ESP8266*, dan juga mempersiapkan segala kebutuhan alat lainnya.
2. Pada tahap analisis kebutuhan sistem dilakukan analisis kebutuhan untuk memenuhi kebutuhan dalam membangun sistem yang dirancang, kemudian menjelaskan perangkat yang diperlukan dalam proses perancangan serta pembangunan sistem tersebut.
3. Pada tahap perancangan arsitektur dilakukan perancangan arsitektur dan alur kerja dari sistem yang dirancang.
4. Pada tahap perancangan perangkat keras dilakukan perancangan terhadap seluruh perangkat keras yang dibutuhkan untuk membangun alat pendeteksi halangan untuk mencegah kecelakaan di tikungan. dalam hal ini adalah *Nodemcu ESP8266*, *Sensor Passive Infrared*, dan Lampu LED.
5. Pada tahap implementasi alat dilakukan pembuatan alat bantu berupa tiang dan box untuk keamanan alat sehingga alat mudah ditempatkan sesuai dengan posisi yang di inginkan.
6. Pada tahap pengujian dan evaluasi sistem, pengujian dilakukan dengan menggunakan teknik pengujian jika sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah dianalisis, maka akan dilanjutkan ke tahap berikutnya. Jika tidak berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah dianalisis, maka akan dilakukan perbaikan pada tahap perancangan perangkat.
7. Pada tahap dokumentasi sistem dan penyusunan

laporan, hasil pengujian yang telah dilakukan akan dibuat laporan akhir yang berisi dokumentasi sistem, serta dilakukan evaluasi terhadap sistem yang dibuat.

3.1 ANALISIS KEBUTUHAN

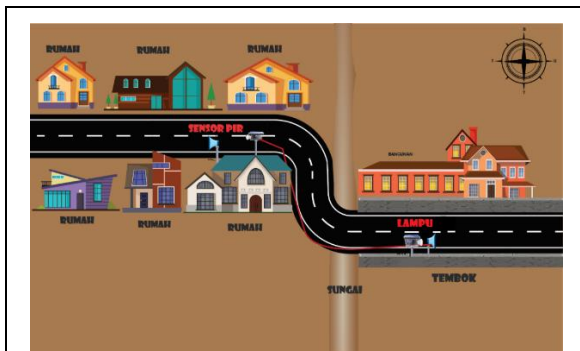
Tahap analisis kebutuhan sistem yang akan dilakukan meliputi analisis kebutuhan alat dan bahan. Adapun perangkat keras (*hardware*) yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Laptop digunakan sebagai media pengembangan dan alat pengujian sistem.
2. Sistem operasi yang digunakan adalah *windows 10*.
3. 1 buah *Nodemcu ESP8266* digunakan sebagai *mikrokontroler*.
4. 1 buah *Sensor Passive Infrared* digunakan untuk mendeteksi pergerakan.
5. 1 buah Lampu LED digunakan sebagai *output* ketika *Sensor passive infrared* menangkap pergerakan berupa Cahaya.

Pada Gambar 3.2 merupakan gambaran desain alat yang akan dibuat.



Gambar 3. 2 Desain Alat

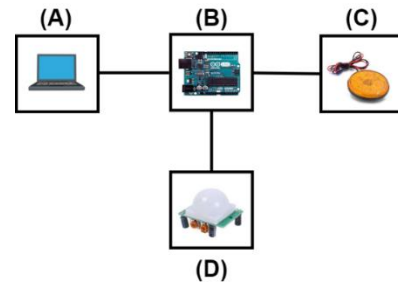


Gambar 3. 3 Letak Alat

Gambar 3.2 merupakan gambaran desain alat untuk sistem yang dibuat, gambaran tersebut dibuat melalui aplikasi desktop yaitu *Adobe Illustrator*. Pada bagian atas tiang diletakkan *box* yang berisi *Microkontroler*, *Sensor Passive Infrared*, dan *Panel surya* hal ini dilakukan agar alat utama dapat ditemptakan sepaket serta dapat bekerja optimal untuk mengidentifikasi pergerakan. *Sensor passive infrared* diletakkan dengan posisi menghadap langsung pada pengendara atau pejalan kaki serta pada bagian tiang kedua hanya berisi lampu LED yang dilapisi corong agar cahaya yang ditampilkan lebih jelas dan

terlihat. seperti yang terlihat pada Gambar 3.2, posisi kedua tiang tersebut dipasang berlawanan arah, seperti yang terlihat pada Gambar 3.3.

3.2 RANCANGAN ARSITEKTUR SISTEM



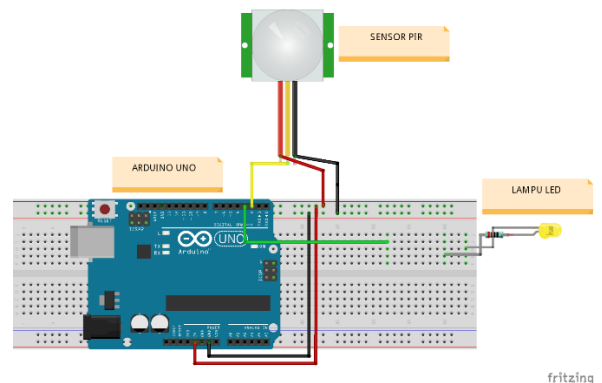
Gambar 3. 4 Arsitektur Sistem

Berikut penjelasan dari masing- masing proses arsitektur sistem yang terdapat pada Gambar 3.3:

1. Laptop (A) sebagai perangkat elektronik yang digunakan untuk mengatur fungsi alat sebelum digunakan .
2. *Nodemcu ESP8266* (B) digunakan sebagai otak dalam pengendalian dengan memasukkan bahasa pemrograman ke dalamnya sesuai yang dikehendaki perancang. Dan menghubungkan perangkat lainnya.
3. Lampu LED (C). Lampu akan menghasilkan cahaya ketika mendapat perintah yang telah di atur pada *mikrokontroler* apabila *Sensor PIR* mendeteksi adanya aktivitas serta objek berupa manusia atau benda yang sedang bergerak mendekati *Sensor PIR* tersebut, sehingga Lampu akan menyala.
4. *Sensor PIR* (D) digunakan untuk mendeteksi setiap benda yang ditangkap olehnya. Pada penggunaan *Sensor PIR* ini maka apabila ada aktivitas manusia yang melewati *Sensor* tersebut, maka *Sensor* akan mendeteksi Keberadaan manusia.

3.3 KONFIGURASI PERANGKAT KERAS

Tahap perancangan perangkat keras, dilakukan perancangan perangkat elektronika dari setiap komponen melalui *fritzing* yang terlihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 5 Rancangan Perangkat Keras

Gambar 3.4 merupakan gambaran rancangan perangkat keras untuk sistem yang dibuat. Gambaran rancangan perangkat keras tersebut dibuat melalui *fritzing*. Rangkaian pertama adalah Sensor PIR dan Lampu diletakkan pada tempat berbeda dengan arah berlawanan sehingga Sensor PIR bekerja untuk menangkap objek yang bergerak dan Lampu memberi *output* berupa cahaya yang di peruntukan kepada pengguna jalan sebagai tanda hati-hati ada pengguna jalan dari arah berlawanan sehingga kemungkinan kecil akan terjadinya kecelakaan .

3.4 PENGUJIAN DAN EVALUASI SISTEM

Agar bebas dari kesalahan, maka alat harus diuji. Pengujian alat dilakukan untuk sistem yang telah dibangun, Tujuan pengujian adalah menemukan kesalahan- kesalahan terhadap sistem tersebut untuk kemudian bisa diperbaiki. Pengujian Sensor pir dilakukan dengan melihat sensitivitas Sensor terhadap jarak tempuh. Hasilnya adalah pada jarak 5 meter Sensor ini dapat bekerja dan apabila lebih dari 5 meter maka tidak terdeteksi karena PIR bukan hanya mengamati pergerakan manusia saja, akan tetapi juga pancaran sinar *infrared passive* dari tubuh manusia. mengetahui kinerja dari sistem yang telah dibangun. Pengujian Sensor PIR dengan menguji sensitivitas atau respons ketika mendeteksi adanya gerakan manusia. Cara menguji respons Sensor PIR yaitu dengan mengukur pada *output* tegangan pada kaki *out* PIR ketika adanya gerakan yang dideteksi. Jadi akan terlihat perubahan nilai tegangan ketika adanya gerakan yang dideteksi. Hasil Pengujian dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut ini.

Adapun skenario pengujian sistem yaitu:

Tabel 3. 1 Skenario Pengujian

3.5 DOKUMENTASI LAPORAN

Tahap dokumentasi laporan meliputi dokumentasi hasil dari pengujian sistem dan diambil kesimpulan berdasarkan dokumentasi dari pengujian sistem tersebut serta sistem sudah berjalan dengan semestinya. Kesimpulan yang telah didapatkan akan dapat digunakan sebagai acuan untuk pengembangan sistem selanjutnya.

3.6 JADWAL KEGIATAN

Estimasi waktu yang digunakan dalam proses pengembangan sistem pada penelitian ini selama kurang lebih 10 minggu.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Realisasi Sistem Pada bab ini akan membahas hasil dari penelitian yang dilakukan sesuai dengan judul penelitian yaitu “Rancang Bangun Alat Pendeteksi halangan Untuk Mencegah Kecelakaan Di Tikungan

Menggunakan Sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR) Dan Lampu Peringatan”. Realisasi yang dilakukan telah dibuat sesuai dengan perancangan yang dijabarkan pada bab sebelumnya. Pembahasan yang akan dijelaskan meliputi realisasi penyusunan perangkat keras yang telah dibuat dan realisasi pembangunan program pada mikrokontroler. Selain itu, pada bab ini juga akan dibahas mengenai hasil sistem yang telah dibuat berdasarkan perancangan yang ada, melakukan pengujian sistem serta mengevaluasi sistem yang telah berjalan.

IV. 4.1.1 REALISASI PENYUSUNAN PERANGKAT KERAS

Realisasi penyusunan perangkat keras dari rancang bangun alat pendeteksi halangan untuk mencegah kecelakaan di tikungan menggunakan sensor *passive infrared receiver* (PIR) dan lampu peringatan dapat dijelaskan sebagaimana ditunjukkan dalam gambar berikut ini.



Gambar 4. 1. Realisasi Penyusunan Perangkat Keras

Pada Gambar 4.1 terdapat 2 rangkaian berbeda dan masing-masing rangkaian terdiri dari 2 perangkat keras dan 3 perangkat keras dengan fungsi masing-masing yang dihubungkan menjadi sebuah rangkaian untuk mendeteksi ada nya halangan.:

1. Rangkaian Gambar 4.1 (A) merupakan rangkaian untuk mendeteksi pergerakan kendaraan terdiri dari :
 - a. NodeMCU ESP8266, merupakan mikrokontroler yang berfungsi untuk memprogramkan perintah dan mengatur kinerja sensor PIR dan digunakan sebagai pengirim data menuju rangkaian Lampu pada Gambar 4.1 (B) dengan menggunakan protokol komunikasi data MQTT berdasarkan topik tertentu untuk memberikan peringatan kepada pengguna kendaraan.
 - b. Sensor PIR , merupakan sensor berbasis *infrared*, Ketika terdapat objek bergerak disekitar sensor, sensor kemudian menangkap pancaran sinar inframerah pasif yang dipancarkan dari tubuh manusia. Sensor ini bekerja untuk mendeteksi halangan di tikungan sehingga pengguna kendaraan yang berada pada tikungan di sisi lain dapat mengetahui adanya kendaraan yang melintas disekitar area tikungan tersebut.
2. Rangkaian Gambar 4.1 (B) merupakan rangkaian notifikasi yang terdiri dari :
 - a. NodeMCU ESP8266, merupakan mikrokontroler

yang berfungsi untuk menerima data dari broker dengan menggunakan protokol komunikasi data MQTT berdasarkan topik tertentu dan digunakan untuk memberikan perintah ke Lampu

- b. Lampu LED berfungsi sebagai tanda peringatan bahwa ada kendaraan lain yang sedang mengarah ke sesama pengguna jalan, sebagai *output* berupa cahaya yang menyala selama interval waktu yang ditentukan. Cahaya akan menyala pada saat adanya aktivitas yang di respons oleh sensor PIR.
- c. Modul Relay berfungsi sebagai saklar untuk mengatur arus listrik pada lampu LED, sehingga lampu akan menyala apabila mikrokontroler mendapatkan pesan bahwa adanya kendaraan dari sensor PIR dengan interval waktu yang ditentukan dan lampu akan mati apabila mikrokontroler tidak menerima pesan dari sensor PIR.



Gambar 4. 2 Realisasi Sistem Pendeteksi kendaraan

Pada Gambar 4.2 merupakan Realisasi Sistem Pendeteksi kendaraan dari Rancang Bangun Sistem Pendeteksi kendaraan Berbasis Sistem Tana, Menggunakan Sensor PIR dan Lampu peringatan Untuk Notifikasi. Sensor PIR diletakkan di atas tiang yang dibuat menggunakan pipa agar sistem dapat mendeteksi kendaraan dengan akurat dan stabil, hal ini karena posisi sensor PIR harus sejajar agar sensor dapat bekerja dengan maksimal.



Gambar 4. 3 Realilasi Sistem Lampu Peringatan.

Pada Gambar 4.3 merupakan Realisasi Sistem Notifikasi dari Rancang Bangun Sistem Pendeteksi halangan Berbasis Sistem Tanam Menggunakan Sensor PIR dan Lampu peringatan Untuk Notifikasi.

4.2 PENGUJIAN SISTEM

Pada sub bab ini merupakan pengujian sistem yang dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang dibangun meliputi perangkat keras dapat berjalan sesuai dengan yang direncanakan. Penelitian ini dilakukan dengan 3 tahapan pengujian. Pertama, yaitu menggunakan pengujian *black box* dengan menguji perangkat dari segi fungsionalitas. Kemudian yaitu pengujian sistem secara keseluruhan untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja sesuai yang direncanakan atau tidak. Terakhir, yaitu pengujian bersama *user* untuk memvalidasi manfaat dan kegunaan sistem.

4.2.1 PENGUJIAN BLACK BOX

Pengujian *black box* yang dilakukan untuk mengamati dan menganalisis fungsionalitas dari fitur pada sistem pendeteksi halangan. Hal ini dilakukan untuk memastikan apakah alat dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan atau tidak. Adapun hasil pengujian *black box* dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4. 1 Pengujian Black Box

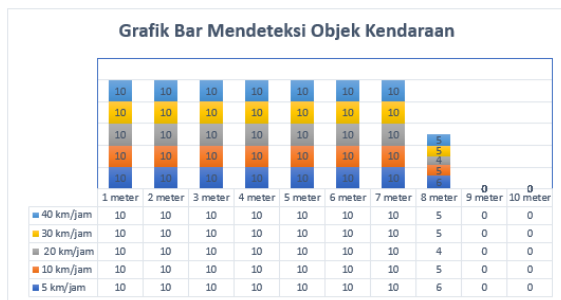
No	Skenario Pengujian	Hasil Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Nodemcu esp8266 dapat membaca input sensor PIR	Terbaca	Terbaca	Valid
2	Nodemcu esp8266 dapat terhubung ke MQTT Broker	Terhubung	Terhubung	Valid
3	Nodemcu esp8266 dapat mengupload data ke MQTT Broker	Ter-upload	Ter-upload	Valid
4	Sensor PIR dapat Mendeteksi kendaraan	Terdeteksi	Terdeteksi	Valid
5	Nodemcu esp8266 dapat menerima data dari MQTT Broker	Diterima	Diterima	Valid
6	Lampu Peringatan dapat menerima data dari Nodemcu esp8266	Diterima	Diterima	Valid
7	Sensor PIR dapat bekerja saat kondisi gelap (malam hari)	Bekerja	Bekerja	Valid

4.2.1 PENGUJIAN KESELURUHAN SISTEM

Hasil pengujian fungsi sistem secara keseluruhan dilakukan pada tanggal **1 Maret – 7 Maret 2022** dengan melakukan beberapa Skenario pengujian meliputi pengujian kondisi untuk alat pendeteksi pergerakan kendaraan, pengujian notifikasi berupa lampu peringatan, dan pengujian tahap akhir perangkat keras dilakukan di Tikungan dalam Lorong/Gang pada Jalan Cendana 1, Lingkungan Taman Seruni, Kelurahan Taman Sari, Kecamatan Ampenan, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat. . Sensor PIR diletakkan di atas tiang yang terbuat dari pipa setinggi 120 cm kemudian diletakkan searah lurus dengan jalan raya, dan untuk lampu peringatan diletakkan di atas tiang yang terbuat dari pipa setinggi 120 cm pada ada berlawanan dari penempatan Sensor PIR dengan posisi searah lurus dengan jalan raya. Kemudian berdasarkan data pembacaan sensor PIR dengan adanya pergerakan, apabila

sensor PIR sudah mendeteksi adanya pergerakan maka akan terkirim notifikasi ke rangkaian notifikasi. Seluruh data pembacaan sensor PIR akan di-update ke mikrokontroler pada Lampu peringatan dan Lampu akan menyala apabila ada pergerakan yang dideteksi oleh sensor PIR. pengujian ini bertujuan untuk mengukur kinerja sensor dalam mendeteksi halangan secara berkala dengan kondisi yang berbeda serta untuk mengukur penerimaan pengguna jalan terhadap kinerja sensor pendeteksi halangan bermotor pada *blind spot* Jalan Cendana 1. Adapun hasil pengujian sistem secara keseluruhan adalah sebagaimana ditunjukkan dalam grafik sebagai berikut :

Gambar 4. 4 grafik hasil Pengujian Pendeteksi pada objek kendaraan

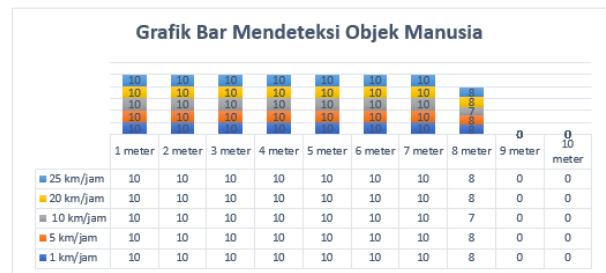


Sumber : Hasil uji coba Lapangan

Berdasarkan data pada grafik 4.1 tersebut dapat dijelaskan bahwa pada jarak 1 meter sampai dengan jarak 7 meter dengan kecepatan 5 km/jam sampai dengan 40 km/jam alat tersebut berhasil mendeteksi obyek sebanyak 10 kali dalam 10 kali pengujian, sehingga dapat disimpulkan bahwa alat bekerja dengan optimal. Kemudian pada pengujian pada jarak 8 meter dengan kecepatan 5km/jam sampai dengan kecepatan 40km/jam, nilai yang didapatkan adalah nilai acak dan tidak konsisten mendeteksi pergerakan. Dengan demikian jarak 8 meter dapat disebut bahwa alat tersebut mendekati batas maksimal jangkauan mendeteksi pergerakan. Sedangkan pada pengujian pada jarak 9 meter ke atas alat sudah tidak dapat mendeteksi pergerakan karena telah mencapai batas maksimal jangkauan mendeteksi pergerakan sehingga bisa disimpulkan pada jarak 9 meter ke atas. Sensor PIR tidak dapat mendeteksi obyek dan Lampu Peringatan tidak menyala, karena Sensor PIR dirancang akan bekerja jika mendeteksi pergerakan dan objek yang membawa inframerah. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian lain dalam jurnal yang menunjukkan bahwa sensor PIR hanya dapat mendeteksi obyek yang bergerak pada jarak 5 meter. Sedangkan berdasarkan kecepatan kendaraan menunjukkan bahwa dengan kecepatan 5-40 km/jam sensor tetap dapat mendeteksi obyek. Dengan demikian pergerakan obyek pada jarak 1-7 meter dapat ditangkap secara akurat oleh Sistem Pendeteksi halangan menggunakan Sensor PIR dan Lampu peringatan sebagai notifikasi yang dapat ditangkap dengan baik oleh pengguna jalan baik pengendara bermotor maupun pejalan kaki.. Sedangkan titik ideal penempatan

alat pendeteksi pada jarak 2,5 meter sebelum tikungan atau *blind spot*.

Gambar 4. 5 grafik hasil Pengujian Pendeteksi pada objek manusia.



Sumber : Hasil uji coba Lapangan

Berdasarkan data pada grafik 4.2 tersebut dapat dijelaskan bahwa pada jarak 1 meter sampai dengan jarak 7 meter dengan kecepatan 1 – 25 km/jam alat tersebut berhasil mendeteksi obyek sebanyak 10 kali dalam 10 kali pengujian, sehingga dapat disimpulkan bahwa alat bekerja dengan optimal. Sedangkan pada pengujian dengan jarak 8 meter ditemukan bahwa alat tersebut tidak konsisten dalam mendeteksi obyek. Sedangkan pada pengujian pada jarak 9 meter ke atas alat sudah tidak dapat mendeteksi pergerakan karena telah mencapai batas maksimal jangkauan mendeteksi pergerakan sehingga bisa disimpulkan pada jarak 9 meter ke atas. D Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pergerakan obyek baik pada obyek kendaraan maupun obyek manusia pada jarak 1-7 meter dengan kecepatan maksimum sampai dengan 40 km/jam.

4.2.1 HASIL PENGUJIAN BERSAMA USER

Pada sub bab ini merupakan hasil pengujian sistem bersama *user*, dimana pengujian ini dilakukan dengan Masyarakat sekitar dan pengguna Jalan. Pengujian dilakukan menggunakan *google form* dengan melampirkan video pengujian sistem selama proses penelitian berlangsung. Berdasarkan *survey* yang dilakukan dengan Masyarakat sekitar dan Pengguna Jalan, dapat ditarik kesimpulan bahwa lebih dari 50% responden mengaku bahwa sistem yang dibangun dapat membantu Pengguna Jalan dalam mengetahui bahwa adanya kendaraan lain dari lawan arah yang tidak terlihat dengan Lampu peringatan dan dapat memudahkanserta mengurangi akan terjadinya kecelakaan. Responden juga menilai *design* alat elegan dan kokoh. Tanggapanresponden terkait sistem yang dibangun rata-rata menjawab membantu dan inovatif,hal ini karena responden mengaku sering kali terkejut jika tiba-tiba adanya muncul kendaraan dari lawan arah yang tidak terlihat tanpa adanya notifikasi untuk peringatan.

5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilaksanakan, dapat ditarikkesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian perangkat keras pada pengujian keseluruhan, pembacaan sensor PIR dengan adanya pergerakan, apabila sensor PIR sudah mendeteksi adanya pergerakan maka akan terkirim notifikasi ke rangkaian notifikasi. Seluruh data pembacaan sensor PIR akan di-*update* ke mikrokontroler pada Lampu peringatan dan Lampu akan menyala apabila ada pergerakan yang dideteksi oleh sensor PIR seperti yang terlihat pada grafik 4.1 dan grafik 4.2.
 2. Berdasarkan hasil pengujian Sensor PIR dalam mendeteksi kendaraan. Sensor berhasil mendeteksi kendaraan seperti pada grafik 4.1 dan grafik 4.2, sensor mendeteksi kendaraan maupun pergerakan manusia yang memiliki pantulan inframerah pada jarak 1 sampai 5 meter. Sistem Pendeteksi kendaraan menggunakan Sensor PIR dan Lampu peringatan sebagai notifikasi peringatan ketika mendeteksi objek yang diam atau tidak bergerak hasilnya untuk Sensor PIR tidak mendeteksi dan Lampu Peringatan tidak menyala karena Sensor PIR dirancang akan bekerja jika mendeteksi pergerakan dan objek yang membawa inframerah.
 3. Berdasarkan hasil pengujian notifikasi, sistem yang dibangun dapat mengirim notifikasi saat Sensor PIR menangkap adanya pergerakan. Seperti pada grafik 4.1 dan grafik 4.2 saat jarak 1 meter sampai 7 meter rangkaian notifikasi akan bekerja dengan Lampu yang menyala selama 5 detik dan rangkaian lampu peringatan sebagai notifikasi maupun Sensor PIR tidak akan bekerja jika Objek tersebut diam.
 4. Berdasarkan hasil pengujian tahap akhir, sistem yang dibangun dapat mendeteksi dan memberi notifikasi berupa lampu peringatan dari kondisi objek yang bergerak. Rangkaian Sensor PIR tidak akan bekerja apabila tidak adanya pergerakan obyek seperti pada saat kondisi kendaraan diam sehingga rangkaian Lampu peringatan sebagai notifikasi tidak akan berjalan
 5. Berdasarkan hasil pengujian bersama *user* dengan metode survei dan interview yang ditujukan kepada Masyarakat sekitar Seruni maupun Pengguna jalan umum dari 80% Responden menilai sistem yang dibangun membantu dan inovatif, hal ini karena responden mengaku sering kali terkejut jika tiba-tiba adanya muncul kendaraan dari lawan arah yang tidak terlihat tanpa adanya notifikasi untuk peringatan.
- 5.2 Saran**
- Apabila dilakukan penelitian lebih lanjut terkait dengan penelitian ini ke depan nya, berikut beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk menjadi acuan pengembangan sistem berikutnya:
1. Pengemasan alat serta tiang sebagai fondasi untuk Sistem yang tahan dengan Air dan Panas Matahari dengan bahan yang kuat tidak mudah hancur dan sebaiknya dibuat oleh pakar yang mengerti di bidang industri agar sistem menjadi layak.
 2. Melakukan survei lokasi terlebih dahulu terkait lokasi yang akan dieksekusi
 3. Keterbatasan sumber listrik.
 4. Sistem yang dibuat diharapkan mendapat dukungan dari perangkat desa ataupun pejabat sehingga dapat menyediakan aliran listrik dan jaringan *wifi* agar alat dapat bekerja optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Semarang and J. Tengah, "STUDI TINGKAT KECELAKAAN LALU LINTAS JALAN DI INDONESIA PADA MASA SEBELUM DAN PADA SAAT PANDEMI COVID TAHUN 2020 BERDASARKAN DATA KNKT (KOMITE NASIONAL KESELAMATAN TRANSPORTASI) TAHUN 2015 – 2020 Roselina Rahmawati *, Marsudi , Dianita Ratna K , Martono," 2020.
- [2] D. Widianty, D. Made, and A. Karyawan, "Analisis Tingkat Penanganan Kecelakaan Pada Tikungan Berdasarkan Peluang Dan Resiko Akibat Defisiensi Jarak Pandangan Henti (Studi Kasus Ruas Jalan Mataram-Senggigi-Pemenang)," *Diterima*, pp. 1–11, 2017.
- [3] S. Nugroho, "Efektivitas Penggunaan speed bump Sebagai Alat Pengendali Dan Pengaman Pengguna Jalan Berdasarkan Pasal 11 Peraturan Daerah Nomor 1 Tahun 2013 (Studi Di Dinas Perhubungan Surakarta)," *J. Const. Law*, vol. 3, 2021.
- [4] J. T. Amir and H. Dan, "TUGAS AKHIR KAJIAN EFEKTIFITAS POLISI TIDUR (ROAD HUMPS) DALAM MEREDUKSI KECEPATAN LALU LINTAS (Studi Kasus)," 2018.
- [5] S. Desmira, Didik Aribowo, Widhi Dwi Nugroho, "Penerapan Sensor Passive Infra Red (PIR) Pada Pintu Otomatis Di PT LG Electronic Indonesia," *Prosisko*, vol. 7, no. 1, 2020.
- [6] T. Penyeberang and J. Raya, "1 2 , 3 , 4," vol. 8, no. 1, pp. 55–64, 2018.
- [7] A. Mulyani, "Perancangan Sensor Jarak Aman Kendaraan Bermotor Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno R3," *J. Algoritm.*, vol. 15, no. 1, pp. 22–28, 2018, doi: 10.33364/algoritma/v.15-1.22.
- [8] W. Berutu, "Perancangan Aplikasi Palang Pintu Otomatis Menggunakan Motion Sensor Berbasis Mikrokontroler At89S51," *JURIKOM (Jurnal Ris. Komputer)*, vol. 3, no. 1, pp. 96–101, 2016.
- [9] R. Ruuhwan, R. Rizal, and R. Kurniawan, "Pendeteksi Gerakan Menggunakan Sensor PIR untuk Sistem Keamanan di Ruang Kamar Berbasis

- SMS,” *J. Inform. Univ. Pamulang*, vol. 5, no. 3, p. 281, 2020, doi: 10.32493/informatika.v5i3.5706.
- [10] B. Prima, “Perancangan Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Sensor Pir (Passive Infra Red) Berbasis Mikrokontroler,” *J. Teknol. Elektron.*, vol. 1, pp. 1–11, 2020.
- [11] J. W. Simatupang, I. Sucipta, A. Wibowo, K. Kuncoro, and Y. Siringoringo, “Aplikasi Sensor Passive Infra-Red (PIR) untuk Meningkatkan Keselamatan Pekerja pada Mesin-Mesin Produksi Industri,” *JIE Sci. J. Res. Appl. Ind. Syst.*, vol. 5, no. 2, p. 128, 2020, doi: 10.33021/jie.v5i2.1322.
- [12] Prio Agung Nugroho, T. Yulianti, and S. Samsugi, “Rancang Bangun Alat Pengusir Hama Babi Menggunakan Mikrokontroler Arduino Dengan Sensor Gerak Oleh,” *J. TST*, vol. 3, no. 4, pp. 21–27, 2015.
- [13] R. P. Chukwugozi, “Is Speed Bumps Installation Panacea For Road Traffic Crash Prevention? An Evaluation of Selected Major Routes in Ondo, Southwestern Nigeria,” *IOSR J. Humanit. Soc. Sci.*, vol. 19, no. 5, pp. 79–98, 2014, doi: 10.9790/0837-19567998.
- [14] D. Purwanto, A. Kusuma Indriastuti, and K. Hari Basuki, “Hubungan antara Kecepatan dan Kondisi Geometrik Jalan yang Berpotensi Menyebabkan Kecelakaan Lalu Lintas pada Tikungan,” *Media Komun. Tek. Sipil*, vol. 21, no. 2, p. 83, 2016, doi: 10.14710/mkts.v21i2.11234.
- [15] T. Michael and U. Faruq, “Tanggung Gugat Apabila Terjadi Kecelakaan Sebab Polisi Tidur,” *Volkgeist J. Ilmu Huk. dan Konstitusi*, vol. 2, no. 2, pp. 179–187, 2019, doi: 10.24090/volkgeist.v2i2.2894.
- [16] Z. Budiarso, E. Winarno, and H. Listiyono, “Implementasi Teknik I/O Interfacing berbasis Arduino,” *J. Teknol. Inf. Din.*, vol. 20, no. 1, pp. 86–92, 2015, [Online]. Available: <https://www.unisbank.ac.id/ojs/index.php/fti1/article/view/4632>
- [17] A. F. Silvia, E. Haritman, and Y. Muladi, “Rancang Bangun Akses Kontrol Pintu Gerbang Berbasis Arduino Dan Android,” *Electrans 2014*, vol. 13, no. 1, pp. 1–10, 2014.
- [18] S. J. Sokop, D. J. Mamahit, and S. Sompie, “Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 5, no. 3, pp. 13–23, 2016.
- [19] K. R. Sekar A and S. Subali, “Sistem Keamanan Rumah Otomatis Menggunakan Sensor Pir, Sensor Suhu, Sensor Gas Yang Terhubung Dengan Telepon Seluler Berbasis Mikrokontroler Atmega8 Dan Mikrokontroler Atmega162 Dengan Backup Daya,” *Gema Teknol.*, vol. 17, no. 2, pp. 86–94, 2015, doi: 10.14710/gt.v17i2.8923.
- [20] C. Laksana *et al.*, “Sistem Keamanan Ksatrian Dengan Sensor Pir,” *Snatif*, pp. 259–266, 2017.
- [21] S. Palaloi, S. Nafis, and S. Emo, “Kajian Tingkat Efikasi Lampu Led Swabalast Untuk Pencahayaan Umum the Study of the Efficacy Level of Swabalast Led Light for General Lighting,” *Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan*, vol. 14, no. 1, pp. 1–14, 2015.
- [22] Efrianto, Ridwan, and I. Fahrudi, “Sistem Pengaman Motor Menggunakan Smartcard Politeknik Negeri Batam Electrical Engineering study Program,” *Integrasi*, vol. 8, no. 1, pp. 1–5, 2016.
- [23] B. H. Purwoto, J. Jatmiko, M. A. Fadilah, and I. F. Huda, “Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif,” *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2018, doi: 10.23917/emitor.v18i01.6251.