

## **SIMULASI PUFFIN CROSSING DI JALAN SATU ARAH**

**Rahmat Ahmad, Dinda One Mulyaningtya, I Made Purnama, Riz Rifai Oktavianus Sasue**

Teknologi Otomotif, Politeknik Transportasi Darat Bali, Jl. Cempaka Putih, Desa Samsam, Kec. Kerambitan,  
Kab. Tabanan – Bali 80582, Indonesia

\*rahmat@poltradabali.ac.id

### **ABSTRAK**

Terdapat tiga komponen pokok terciptanya lalu lintas yaitu manusia sebagai pengguna, kendaraan dan jalan yang saling berinteraksi dalam pergerakan kendaraan. Manusia dalam hal ini pejalan kaki mempunyai kebiasaan menyeberang jalan tanpa memperdulikan waktu dan tempat yang tepat. Alternatif penyeberangan pejalan kaki telah banyak diciptakan, salah satunya adalah zebra cross yang dilengkapi crossing (Pelican Crossing). Pejalan kaki bisa menekan tombol tersebut ketika ingin menyeberang sebagai peringatan kepada kendaraan bahwa akan ada pejalan kaki yang akan menyeberang yang ditandai dengan tanda lampu merah pada sisi pengendara dengan suara alarm sebagai isyarat suara, hal tersebut bertujuan agar pengendara lebih berhati-hati, segera memperlambat kecepatan kendaraannya dan berhenti sesuai marka jalan yang diberikan. Akan tetapi, fasilitas penyeberangan ini tergolong tidak adaptif sehingga berpeluang mengakibatkan permasalahan baru. Pada penelitian ini, suatu sistem pedestrian user-friendly intelligent crossing (Puffin Crossing) dirancang dan disimulasikan dalam bentuk purwarupa menggunakan unit kendali otomatis berupa microcontroller serta menggunakan beberapa sensor sebagai media interaksi antara sistem dengan pejalan kaki maupun pengendara, sehingga diharapkan mampu menghadirkan suatu fasilitas penyeberangan yang lebih aman, fleksibel, efisien dan interaktif dengan memperhitungkan faktor-faktor keselamatan penyeberangan dan kondisi lalulintas.

Kata Kunci: macet; pejalan kaki; penyeberangan; puffin crossing; otomatis

### **SIMULATION OF PUFFIN CROSSING ON A ONE-WAY ROAD**

#### **ABSTRACT**

*There are three main components of traffic creation, namely humans as users, vehicles and roads that interact with each other in vehicle movement. Humans, in this case, pedestrians have the habit of crossing the road regardless of the right time and place. Many alternative pedestrian crossings have been created, one of which is a zebra cross that is equipped with a road crossing button or commonly known as a pedestrian light controlled crossing (Pelican Crossing). Pedestrians can press the button when they want to cross as a warning to vehicles that there will be pedestrians. The crossing leg is marked with a red light sign on the driver's side with an alarm sound as a sound signal, it is intended to make the driver more careful, to immediately slow down his vehicle speed and stop according to the given road markings. However, this crossing facility is classified as non-adaptive so that it is likely to cause new problems. In this study, a pedestrian user-friendly intelligent crossing system (Puffin Crossing) was designed and simulated in the form of a prototype using an automatic control unit in the form of a microcontroller and using several sensors as a medium for interaction between the system and pedestrians and riders, so that it is expected to be able to provide a crossing facility. Safer, more flexible, efficient and interactive by taking into account the factors of crossing safety and traffic conditions.*

*Keywords: automatic; crossing; pedestrian; puffin crossing; traffic jam*

### **PENDAHULUAN**

Lalu lintas yang baik di jalan adalah kondisi ideal berkendara di jalan raya. Kesadaran masyarakat dalam berlalu lintas terbentuk tidak lepas dari sosialisasi aturan dari pemerintahnya. Kondisi bertambah padatnya kendaraan akan menjadi permasalahan yang kompleks ketika aturan berlalu lintas tidak dipatuhi sebagai mana mestinya. Gerak kendaraan dan orang di ruang lalu lintas jalan, sedang yang dimaksud dengan ruang lalulintas jalan adalah prasarana yang diperuntukkan bagi gerak pindah kendaraan, orang, dan/atau barang

yang berupa jalan dan fasilitas pendukung. Manusia dalam hal ini pejalan kaki dalam berlalu lintas mempunyai kebiasaan menyeberang jalan tanpa memperdulikan waktu dan tempat yang tepat. Menyeberang pada saat kendaraan padat, menyeberang tidak pada tempat penyeberangan misalnya di *zebra cross* atau di jembatan penyeberangan yang telah disediakan, hal ini merupakan salah satu penyebab kemacetan bahkan awal mula terjadi kecelakaan di jalan. Tindakan berjalan kaki terlihat sangat sederhana, akan tetapi memainkan peranan penting dalam sistem transportasi, karena jika pejalan kaki mengalami gangguan akan mempengaruhi bagian lain dari sistem transportasi.

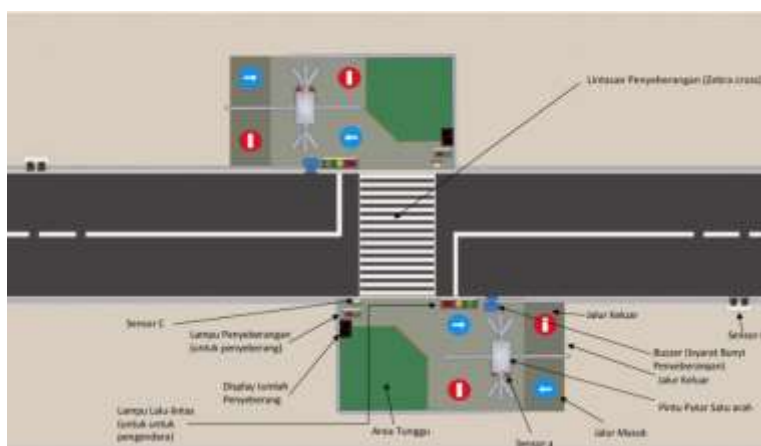
Alternatif penyeberangan pejalan kaki telah banyak diciptakan, salah satunya adalah *zebra cross* yang dilengkapi dengan tombol penyeberangan jalan atau biasa dikenal dengan sebutan *pedestrian light controlled crossing (Pelican Crossing)*. Ketika pejalan kaki ingin menyeberang di jalan dengan intensitas kendaraan yang padat, maka pejalan kaki bisa menekan tombol tersebut sebagai peringatan kepada kendaraan bahwa akan ada pejalan kaki yang akan menyeberang yang ditandai dengan tanda lampu merah pada sisi pengemudi dengan suara alarm sebagai isyarat suara, hal tersebut bertujuan agar pengemudi lebih berhati-hati, segera memperlambat kecepatan kendaraannya dan berhenti sesuai marka jalan yang diberikan. Akan tetapi, fasilitas penyeberangan ini tergolong kaku dan tidak adaptif karena sistem menggunakan siklus dengan durasi tetap, baik pada saat aktivasi tombol dan proses menyeberang sehingga berpeluang mengakibatkan permasalahan baru.

Penelitian terdahulu yang mengulas tentang fasilitas penyeberangan/*puffin crossing* di beberapa tahun terakhir baik ditinjau dari konsep ataupun kajian yaitu Hassan, S. A., dkk. Penelitian ini menjelaskan tentang konsep penyeberang pejalan kaki dengan bantuan aplikasi *VISSIM*. Penelitian selanjutnya oleh Sitti Asmah Hassan, dkk. Penelitian ini menjelaskan tentang konsep penyeberang pejalan kaki dengan bantuan aplikasi *VISSIM* dan *detector*. Pejalan kaki akan terdeteksi oleh *detector* pada lokasi tertentu (area penyeberangan). Namun pada penelitian ini tidak memperhitungkan optimalisasi dari penyeberangan pejalan kaki, yaitu tidak adanya batas atau jumlah pejalan kaki yang akan menyeberang. Penelitian berikutnya oleh Maciej Sulmicki. Penelitian ini menjelaskan tentang efek dari penggunaan tombol penyeberangan yang menimbulkan kelemahan. Pejalan kaki akan sangat diuntungkan secara instan tanpa memperhatikan kepadatan kendaraan sehingga akan menimbulkan kemacetan kendaraan. Penelitian selanjutnya oleh Belinda Septiani Pesik, dkk. Penelitian ini menganalisis tentang adanya kemacetan kendaraan pada *pelican crossing* akibat ketidakpatuhan pejalan kaki dalam menggunakan fasilitas *pelican crossing*. Penelitian berikutnya oleh Jim Uttley, Steve Fotios. Penelitian ini menjelaskan tentang efek cahaya penerangan pada penyeberangan pejalan kaki. Tidak terdapat suatu system atau alat yang meyakinkan pejalan kaki dalam penyeberangan.

Berdasarkan hal tersebut di atas, pada peneliti ini ingin mengembangkan suatu *sistem pedestrian user-friendly intelligent crossing (Puffin Crossing)* yang dirancang dan disimulasikan dalam bentuk purwarupa menggunakan unit kendali otomatis serta menggunakan sensor sebagai media interaksi antara sistem dengan pejalan kaki maupun pengemudi, sehingga tidak memerlukan tombol fisik manual dan diharapkan mampu menghadirkan suatu fasilitas penyeberangan yang lebih aman, fleksibel, efisien dan interaktif dengan memperhitungkan faktor-faktor keselamatan penyeberangan dan kondisi lalu lintas

## METODE

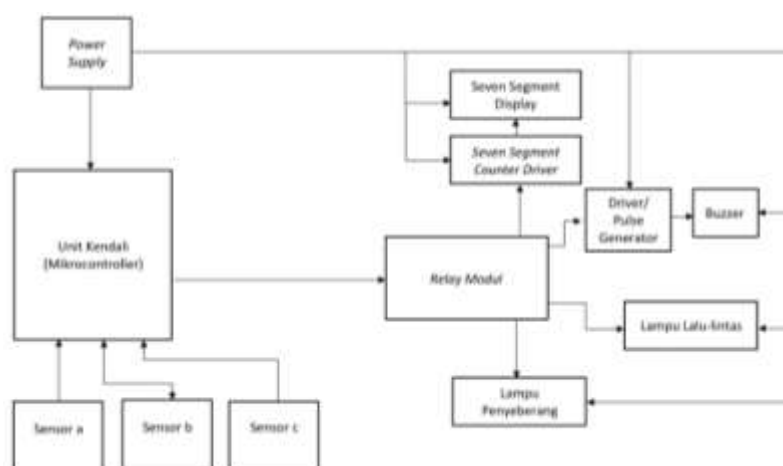
Jenis penelitian ini merupakan penelitian terapan (*applied research*) yang mengacu pada penyelesaian masalah secara eksperimental dengan tahapan runtut dan sistematis. Karakteristik utama dari sistem yang dikembangkan adalah dengan memanfaatkan piranti sensor untuk mendeteksi variabel tertentu dalam suatu proses penyeberangan yaitu jumlah penyeberang, durasi tunggu minimal antara interval penyeberangan dan durasi penyeberangan. Adapun konsep desain *puffin crossing* dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Konsep Desain *Puffin Crossing*: Sensor a (*Obstacle Sensor*), Sensor b (*infra red and Ultrasonic sensor*), Sensor c (*Passive infra red sensor*).

Pada sistem ini, proses menyeberang oleh pejalan kaki hanya akan terjadi ketika memenuhi beberapa kondisi yang ditentukan, yakni bila sudah memenuhi kuota minimal Penyeberang atau waktu tunggu yang ditentukan, begitu juga dengan durasi penyeberangan tidak ditentukan hanya mengacu pada durasi standar yang ditentukan, tapi dipengaruhi juga oleh pergerakan orang pada lintasan penyeberangan (zebra cross), hal ini dimaksudkan untuk mengakomodir penyeberang dengan keterbatasan fisik.

Perancangan perangkat keras dilakukan dengan membuat rangkaian elektronis dengan mengacu pada block diagram seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 sebagai berikut:



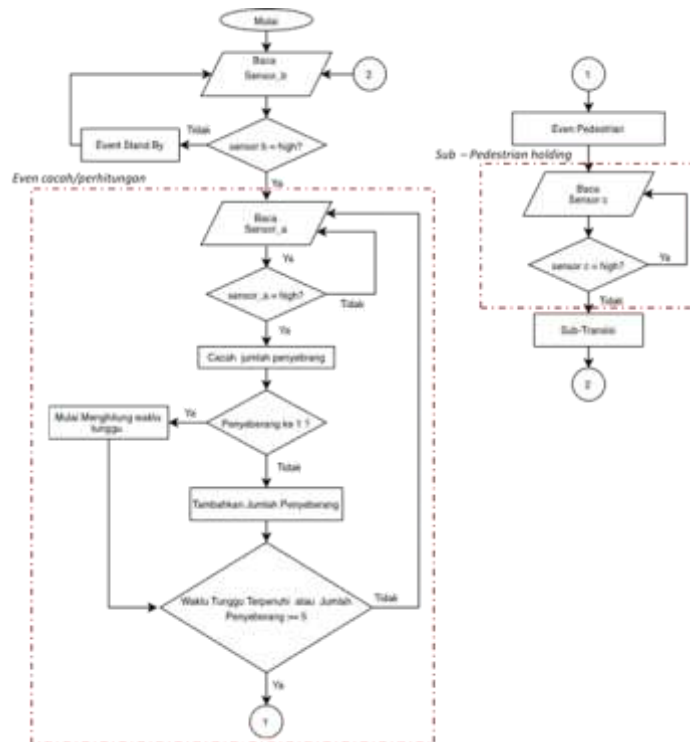
Gambar 2. *Block Diagram Sistem*

*Power Supply* digunakan untuk memberikan catu tegangan ke setiap sub-sistem untuk memenuhi kebutuhan daya dan level tegangan. *Mikrokontroler* yang digunakan adalah jenis *Arduino Uno R3 ATmega328P*. *Seven segment Counter Driver* yang digunakan adalah

*Integrated Circuit (IC) tipe CD4026. Pulse Generator* sebagai penghasil gelombang *pulsa* dengan level tegangan 0 hingga 5V pada frekuensi 1Hz. Modul yang terdiri dari beberapa relay yang berfungsi untuk menggerakkan lampu lalu lintas.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Prinsip kerja sistem *puffin crossing* yang diusulkan secara komprehensif telah disusun diagram alir sistem yang terdiri dari alur proses setiap *event/mode* seperti pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Diagram Alir Sistem

Dengan mengetahui urutan langkah logis dalam memperoleh keluaran dan semua event atau mode yaitu agar diketahui instruksi dan eksekusi apa yang dilakukan pada setiap alur program. Untuk memperoleh data riil yang sesuai dengan kondisi di lapangan maka dilakukan survey dengan mengambil lokasi pada pelican crossing di jalan Diponegoro Denpasar, Bali. Adapun data hasil survey ditunjukkan pada pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1.  
 Data jumlah penyeberang di tiap-tiap siklus

Waktu Pengamatan	Jam	Periode Penyeberangan	Jumlah Penyeberang	
			Weekday (orang)	Weekend (Orang)
Pagi	06.00 - 10.00	I	1	1
		II	3	2
		III	3	1
		IV	1	3
		V	4	2
Siang	11.00 - 15.00	I	4	5
		II	2	4
		III	1	6
		IV	1	3
		V	1	6
Sore	16.00 – 20.00	I	2	4
		II	2	5
		III	1	8
		IV	8	7
		V	3	6
Malam	21.00 – 22.00	I	3	7
		II	2	8
		III	1	5
		IV	1	4
		V	2	3

Data jumlah penyeberang pada tiap siklus pada Tabel 1 menjadi acuan dalam menentukan jumlah penyeberang minimum dengan cara mengitung nilai rata-rata penyeberang di setiap siklus dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n xi \dots \dots \dots (1)$$

Dimana ;  
 $\bar{X}$  = rata-rata hitung  
 $x_i$  = nilai sample ke-i  
 $n$  = Jumlah sample  
 Sehingga,

$$\begin{aligned} \bar{X} &= \frac{1}{40} \sum_{i=1}^n xi \\ &= \frac{1}{40} (1+3+1+1+4+ \dots +3) \\ &= 3,58974359 \approx 4 \text{ orang} \end{aligned}$$

Melalui hasil perhitungan di atas diperoleh jumlah penyeberang minimal untuk dapat melakukan proses penyeberangan adalah sejumlah 4 orang. Selanjutnya dilakukan penentuan durasi minimal waktu tunggu minimal, yang mengacu pada data hasil survey durasi interval siklus proses penyeberangan yang ditunjukkan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2.  
 Data durasi interval siklus proses penyeberangan

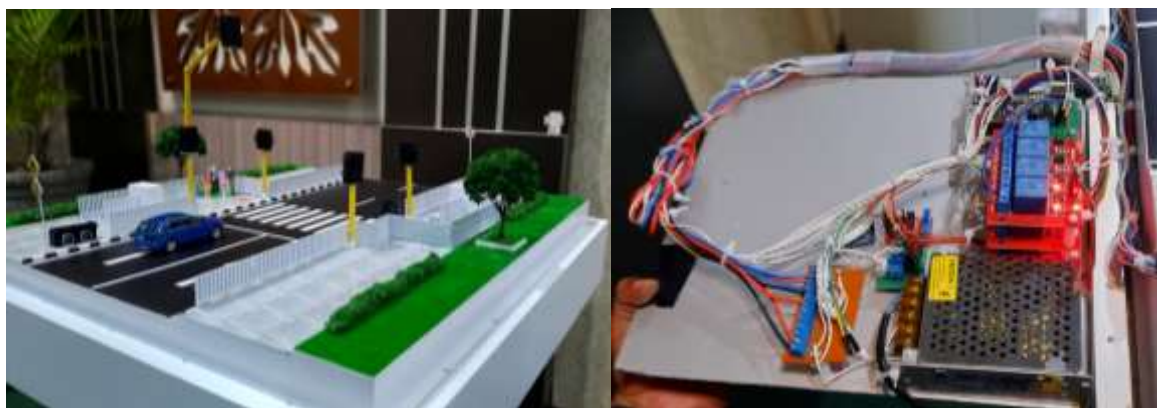
Waktu Pengamatan	Jam	Interval	Durasi		Durasi	
			Weekday (detik)	Weekend (detik)	Weekday (menit)	Weekend (menit)
Pagi	06.00 - 10.00	I	1452	980	24,20	16,33
		II	2338	789	38,97	13,15
		III	3560	1263	59,33	21,05
		IV	1378	4671	22,97	77,85
		V	466	367	7,77	6,12
Siang	11.00 - 15.00	I	1567	560	26,12	9,33
		II	1489	476	24,82	7,93
		III	689	634	11,48	10,57
		IV	780	389	13,00	6,48
		V	980	667	16,33	11,12
Sore	16.00 - 20.00	I	1123	378	18,72	6,30
		II	251	334	4,18	5,57
		III	367	324	6,12	5,40
		IV	860	456	14,33	7,60
		V	245	680	4,08	11,33
Malam	21.00 - 22.00	I	7356	780	122,60	13,00
		II	6678	789	111,30	13,15
		III	8245	382	137,42	6,37
		IV	8890	367	148,17	6,12
		V	6689	3300	111,48	55,00

Penentuan durasi waktu tunggu minimal yaitu durasi interval terkecil dari data hasil survey, sehingga dengan mengacu pada tabel 2. dengan mengambil durasi waktu terendah hasil survey yaitu 4,08 menit atau setara 680 detik. Penentuan durasi minimal penyeberangan mengacu pada keputusan direktur jenderal perhubungan darat nomor SK.43/AJ 007/DRJD/97 tentang perekayasaan fasilitas pejalan kaki di wilayah kota, sehingga bila konstanta kecepatan pejalan kaki (vt) 1,2, lebar jalan (L) 4,5m, dengan jumlah pejalan kaki (N) sesuai persamaan (1) 4 orang, dengan lebar bidang penyeberangan (W) 2m, maka dapat dihitung durasi penyeberangan standar minimum (PT) dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$PT = \frac{L}{vt} + 1,7\left(\frac{N}{W} - 1\right)$$

$$PT = \frac{4,5}{1,2} + 1,7\left(\frac{4}{2} - 1\right) = 5,45 \approx 5 \text{ detik}$$

Hasil analisa data jumlah penyeberang minimal dan durasi penyeberangan standar minimum digunakan sebagai acuan dalam tahapan instalasi komponen elektronis pembentuk sistem yang ditunjukkan pada gambar berikut berupa purwa rupa seperti ditunjukkan pada Gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 4. Maket/Purwa Rupa Sistem *Puffin Crossing* dan Instalasi Elektronik

Pengujian sub sistem pembentuk sistem keseluruhan, yang diawali dengan pengujian masing masing sub sistem kemudian dilanjutkan dengan pengujian kinerja keseluruhan sistem. Pengujian *power supply* ditunjukkan pada Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3.  
 Pengujian *power supply*

Kondisi Pembebanan	Tegangan yang dibutuhkan	Hasil Pengukuran	Penyimpangan
Tanpa beban ( <i>Open Circuit</i> )	5V	5,09 V	1,8 %
Dengan beban (On-Load)	5V	4,98 V	0,4 %

Pada tabel 3 dapat dilihat penyimpangan tegangan rangkaian *power supply* dalam kondisi tanpa beban senilai 0,09V atau 1,8% dan pada kondisi dengan beban senilai 0,02V atau 0,4%. Tegangan catu dari rangkaian *power supply* stabil dan mampu memenuhi kebutuhan tegangan sistem secara keseluruhan.

Pengujian *Seven Segment Counter Driver* ditunjukkan pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4.  
 Pengujian *Seven Segment Counter Driver*

Tahapan Picu	Nilai tegangan pin IC4026 (Pin Segmen)							Tampilan Angka
	a (pin 10)	b (pin 10)	c (pin 10)	d (pin 10)	e (pin 10)	f (pin 10)	g (pin 10)	
Pertama	5V	5V	5V	5V	5V	5V	0V	"0"
ke-dua	0V	5V	5V	0V	0V	0V	0V	"1"
ke-tiga	5V	5V	0V	5V	5V	0V	0V	"2"
ke-empat	5V	5V	5V	5V	0V	0V	5V	"3"
ke-lima	0V	5V	5V	0V	0V	5V	5V	"4"
ke-enam	5V	0V	5V	5V	0V	5V	5V	"5"
ke-tujuh	5V	0V	5V	5V	5V	5V	5V	"6"
ke-delapan	5V	5V	5V	5V	5V	5V	5V	"7"
ke-sembilan	5V	5V	5V	0V	0V	0V	5V	"8"
ke-sepuluh	5V	5V	5V	5V	0V	5V	5V	"9"

Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa fungsi *counter*/pencacahan yang diperankan oleh IC 4026 dapat berfungsi dengan baik, dimana setiap diberikan tegangan picu pada *input set trigger* terjadi perubahan tampilan angka mulai dari 1 (satu) sd. 9 (sembilan) pada *seven segment*.

Pengujian *pulse generator* dilakukan untuk mengetahui keberhasilan dalam menghasilkan gelombang persegi dengan voltage swing dari 0 sd. 5 V dengan frekuensi 1 Hz, nilai gelombang ini kemudian digunakan untuk mengaktifkan buzzer sebagai isyarat suara. pengujian dilakukan dengan menggunakan frekuensi meter, adapapun hasil pengukurannya adalah sebesar 1,23 Hz dengan amplitudo 5V, hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa pulse generator dapat menghasilkan gelombang persegi mendekati 1 Hz dengan level tegangan maksimum 5V, sehingga mampu mengaktifkan buzzer.

Pengujian *relay* ditunjukkan pada Tabel 5 sebagai berikut:

**Tabel 5.**  
 Pengujian *relay*

Relay	Trigger High	Trigger Low
	Tegangan Pin Normaly Open	
Lampu Merah sisi pengendara	4,99V	0V
Lampu Kuning sisi pengendara	4,98V	0V
Lampu Hijau sisi pengendara	4,98V	0V
Lampu Merah sisi pengendara	4,99V	0V
Lampu Hijau sisi pengendara	4,98V	0V
Set Counter	4,99V	0V
Reset Counter	4,99V	0V
Pulse Generator	4,99V	0V

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa seluruh relay dalam modul akan mengkonduksikan tegangan sumber pada pin *normally open* (NO) mendekati  $\approx 5V$  ketika diberi logika 1 (*high level trigger*) dan menghubungkan terminina *normally closed* (NC) ke *ground* saat diberikan logika 0 (*low level trigger*), hal ini menunjukkan fungsi dan peran modul relay berjalan dengan baik sesuai maksud dan tujuan perancangan.

Pengujian modul sensor ditunjukkan pada Tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6.  
 Pengujian modul sensor

Jarak Sensor ke titik perlakuan	Perlakuan	Tegangan Keluaran			Kebutuhan
		Sensor a	Sensor b	Sensor c	
1 cm	Ya	4,99V	4,96V	4,98V	Terpenuhi
	Tidak	0V	0V	0V	Terpenuhi
2,5 cm	Ya	5V	4,96V	4,97V	Terpenuhi
	Tidak	0V	0V	0V	Terpenuhi
5 cm	Ya	4,99 V	4,95V	4,96V	Terpenuhi
	Tidak	0V	0V	0V	Terpenuhi
7,5 cm	Ya	4,98 V	4,95V	4,96V	Terpenuhi
	Tidak	0V	0V	0V	Terpenuhi
10 cm	Ya	0V	4,96V	4,98V	Terpenuhi
	Tidak	0V	0V	0V	Terpenuhi
12,5 cm	Ya	0V	4,96V	4,97V	Terpenuhi
	Tidak	0V	0V	0V	Terpenuhi
15 cm	Ya	0V	4,95V	4,96V	Terpenuhi
	Tidak	0V	0V	0V	Terpenuhi
17,5 cm	Ya	0V	4,95V	4,96V	Terpenuhi
	Tidak	0V	0V	0V	Terpenuhi
20 cm	Ya	0V	4,95V	4,96V	Terpenuhi
	Tidak	0V	0V	0V	Terpenuhi

Pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa kinerja dan respon sensor jika diberikan perlakuan berupa halauan atau gerakan tangan pada area deteksi, sensor masih bisa merespon dengan memberikan tegangan 4,95 - 5V. Nominal tegangan ini sudah bisa memenuhi level logika *high* sebagai input pada mikrokontroler. Variasi jarak antara perlakuan dengan permukaan sensor juga mencapai titik minimal *range* yang dibutuhkan sistem, sehingga modul sensor dapat bekerja dengan baik dan memenuhi kebutuhan dalam mendeteksi pergerakan manusia maupun kendaraan.

## SIMPULAN

Konsep *Pedestrian User-Friendly Intelligent Crossing System (Puffin Crossing)* yang disimulasikan secara operasional dengan purwarupa telah dilakukan dengan menggunakan perangkat kendali mikrokontroler *Arduino Uno R3 328P* dan *sensor Obstacle Infra Red, Ultrasonic Sensor SRF05* dan *PIR sensor HC-SR505* sebagai media interaksi antara sistem dengan pejalan kaki maupun pengendara. Faktor yang mempengaruhi dan menentukan proses penyeberangan pada sistem dalam penelitian ini adalah jumlah penyeberang, durasi tunggu minimal dan durasi penyeberangan. Hal ini dapat diidentifikasi dari urutan langkah logis dalam memperoleh respon keluaran semua event atau mode program pada perangkat kendali mikrokontroler. Pengujian sistem menunjukkan hasil sesuai dengan perancangan dengan tidak melewati batas toleransi minimum.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ashadi. (2012). *Analisa Pengaruh Elemen-Elemen Pelengkap Jalur Pedestrian terhadap Kenyamanan Pejalan Kaki*. Jurnal Nalars, Vol.11, No.1, 79.
- Belinda Septiani Pesik Samuel Y. R. Rompis, Sisca V. Pandey. (2017). *Studi Pemanfaatan Lampu Lalu Lintas Untuk Penyeberang Jalan Dan Pengaruhnya Terhadap Panjang Antrian Kendaraan (Studi Kasus : Pelican Depan Manado Town Square)*. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.2 April (67-82) ISSN: 2337-6732.
- Department for Transport. (2006). *Puffin Crossings Good Practice Guide-Release 1*. London
- Direktur Jendral Perhubungan Darat (1997). *Perekayasaan Fasilitas Pejalan Kaki Di Wilayah Kota*. Pub. L. No. SK.43/AJ 007/DRJD/97.
- Hassan, S. A. et al. (2013). *Verification of Puffin Modelling Using VISSIM*. Jurnal Teknologi;UTM Press. All rights reserved.
- Herdiansyah. I.M., dan Atika. Linda. (2016). *Pengaturan Lampu Lalu Lintas Menggunakan Pendekatan Sistem Pakar*. Jurnal Ilmiah MATRIK, Vol.18, No.3, 241 -250.
- I Gst Bgs Km Hendrayana. (2013). *Analisa Pelayanan Fasilitas Pejalan Kaki di Kawasan Kuta Jalan Kartika Plasa Kabupaten Badung*. Jurnal Ilmiah Elektronik Infrastruktur Teknik Sipil, Vol. 02, No.1, 1.
- Jim Uttley, Steve Fotios. (2017). *The effect of ambient light condition on road traffic collisions involving pedestrians on pedestrian crossings*. Elsevier
- Juniardi. (2010). *Analisis Kebutuhan Fasilitas Penyeberangan Dan Perilaku Pejalan Kaki Menyeberang Di Ruas Jalan Kartini Bandar Lampung*. Jurnal Teknik Sipil, Vol 1, No 1.

Maciej Sulmicki. (2016). *Don't push the red button: a case against manual pedestriandetection in urban areas*. ScienceDirect; Transportation Research Procedia 14, 4314 – 4323

Sitti Asmah Hassan et al. (2014). *A Review into Traffic Signal Improvement at Pedestrian Signalised Crossings*. Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering) 70:4 (2014) 27–31).

Transport for London. (2006). *Puffin Pedestrian Crossings in London: Collisions, Road User Behaviour, and Pedestrian Perceptions*. Research Summary No 8.

UU Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan.

Walker, R., Winnett, M., Martin, A. and Kennedy, J. (2005). *Puffin Crossing Operation and Behaviour Study*. TRL Limited. Report PPR239.