

PERANCANGAN DAN SIMULASI SISTEM *MONITORING* KECELAKAAN MOBIL BERBASIS *VEHICULAR AD HOC NETWORK (VANET)* MENGGUNAKAN PROTOKOL *IEEE 802.11*

Agus Virgono¹, Unang Sunarya², Niken Ayu³

^{1,3}Fakultas Elektro dan Komunikasi, Universitas Telkom

²Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

agv@telkomuniversity.ac.id¹, usa@telkomuniversity.ac.id², nikenayu@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Kecelakaan lalu lintas menempati posisi keempat penyebab kematian di seluruh dunia. Salah satu jenis kecelakaan yang sering terjadi adalah tabrakan beruntun. Teknologi *Vehicular Ad Hoc Network (VANET)* merupakan salah satu solusi yang dirancang untuk menghadapi masalah tersebut.

Tugas akhir ini membuat suatu simulasi sistem monitoring kecelakaan untuk mencegah kecelakaan beruntun. Robot mobil menggunakan Arduino UNO sebagai kontroler dan NRF24L01 sebagai radio untuk saling berkomunikasi. Ketika sebuah robot mobil mengalami kecelakaan, maka robot mobil tersebut akan mengirimkan data ke robot mobil lainnya. Pada robot mobil yang menerima data, akan memberikan peringatan kepada pengemudi dan menghentikan laju kendaraannya.

Dari hasil pengujian dan analisis yang dilakukan, robot mobil mampu menerima data kecelakaan dengan benar, sudah dapat memberikan peringatan dengan menghidupkan LED dan menampilkan informasi kecelakaan melalui LCD, serta dapat menghentikan laju robot mobil sehingga tabrakan beruntun tidak terjadi. Adapun jarak minimum antar mobil adalah 50 cm, jarak ini berfungsi sebagai jarak aman pengereman.

Kata Kunci : *VANET*, arduino UNO, nRF24L01, rotary encoder

Abstract

Traffic accidents are fourth leading cause of death worldwide. One common type of accident is a rear-end accident. Technology Vehicular Ad Hoc Network (VANET) is one solution that is designed to address these issues.

This final project to create a simulation of the accident monitoring system to prevent accidents. Robot car using Arduino UNO as a controller and nRF24L01 as a radio to communicate with each other. When a robot car accident, then the car robot will send the data to the robot other cars. In the robot car that receives the data, it will alert the driver and halting the vehicle.

From result of testing and analysis, mobile robot can receive data from the other mobile robot. Mobile robot can display the warning with LED and LCD then halting the vehicle. Minimum space between one to other mobile robot is 50 cm.

Keywords: *VANET*, arduino UNO, nRF24L01, rotary encoder

1. Pendahuluan

Kecelakaan lalu lintas menyebabkan ribuan hingga jutaan nyawa melayang setiap tahunnya. Pada tahun 2009 tercatat jumlah kecelakaan lalu lintas mencapai 62.960 kecelakaan. Kecelakaan tersebut menyebabkan 106.384 korban, dimana lebih dari 19 ribu nyawa melayang [1]. Dalam beberapa kasus pada jalan tol, yang terjadi adalah kecelakaan beruntun, yaitu ketika suatu kendaraan mengalami kecelakaan dan kendaraan di belakangnya tidak memiliki cukup waktu untuk mengurangi laju kendaraannya sehingga menabrak kendaraan lain di depan.

Hal ini, sebenarnya dapat diantisipasi dengan menerapkan sistem komunikasi antar

kendaraan. Sistem ini disebut dengan *VANET (Vehicular Ad-hoc Network)* [2][3], yaitu tipe khusus dari *Mobile Ad-hoc Network (MANET)*, dimana kendaraan sebagai node dalam jaringan.

Oleh karena itu dirancang sebuah *prototype* kendaraan yang dapat menerima informasi dari kendaraan lain yang mengalami kecelakaan dan dapat menghentikan laju kendaraannya untuk mencegah terjadi kecelakaan beruntun.

Dimana *prototype* mobil dapat menerima data yang dikirimkan oleh mobil lain yang mengalami kecelakaan. Serta mampu untuk menampilkan peringatan dan informasi yang

telah diterima, sehingga pengemudi mobil bisa lebih hati-hati dalam mengendarai mobil.

Robot mobil menggunakan *microcontroller* Arduino UNO sebagai pengambil keputusan dan pemroses data serta menggunakan nRF24L01 sebagai radio frekuensi untuk berkomunikasi antar kendaraan.

2. Dasar Teori

2.1 Robot Mobil

Robot mobil adalah salah satu jenis robot yang banyak digunakan para pemula dalam dunia robotika. Hal ini dikarenakan robot mobil relatif mudah untuk dibuat dan tidak memerlukan kerja fisik yang berat.

Robot mobil merupakan suatu robot yang dapat melakukan perpindahan posisi dari satu titik ke titik lain. Robot mobil dapat dibagi menjadi 2 berdasarkan jenis sistem penggerakannya.

2.1.1 Robot Beroda

Robot yang bergerak menggunakan roda (*wheelLED car*) merupakan teknik tertua, paling mudah dan efisien untuk menggerakkan robot melintasi permukaan datar. Robot beroda seringkali digunakan karena memiliki *traction* atau cengkraman pada permukaan yang bagus, mudah diperoleh, mudah dipakai, serta mudah untuk pemasangan pada robot. *Traction* atau cengkraman merupakan koefisien dari material roda yang digunakan, gesekan (*friction*) dihasilkan oleh permukaan tanah dan permukaan roda, semakin tinggi koefisien *traction* maka semakin besar *friction* yang dihasilkan. Robot dapat menggunakan beberapa macam roda, yaitu beroda dua, beroda empat, beroda enam, atau beroda *caterpillar* (*tank-treaded*) [5].

2.1.2 Robot berkaki

Robot berkaki sangat mudah beradaptasi dengan medan yang tidak menentu, serta memiliki adaptasi dan manuver yang baik untuk melalui berbagai rintangan, tetapi memiliki kekurangan pada sistem penggerak termasuk catuan daya dan kompleksitas dari sisi mekanis. Tanpa sisi mekanis yang sempurna robot berkaki sulit untuk mendapatkan keseimbangan untuk menopang seluruh berat robot [5].

2.2 Sensor

Sensor adalah suatu modul komponen elektronik yang berfungsi untuk mendeteksi atau mengukur kondisinya secara *real time* pada suatu lingkungan. Jenis – jenis sensor tergantung dari penggunaannya, seperti sensor cahaya untuk mengukur intensitas cahaya, sensor asap sebagai pendeteksi ada atau

tidaknya asap pada suatu lingkungan dan sensor ultrasonik yang dapat digunakan untuk mengetahui jarak antar benda [6].

2.2.1 Optical Rotary Encoder

Rotary encoder adalah sebuah device elektromekanik yang dapat digunakan untuk mengetahui gerakan dan posisi. *Rotary encoder* umumnya menggunakan sensor optik untuk menghasilkan *serial* pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. Sehingga posisi sudut suatu poros benda berputar dapat diolah menjadi informasi berupa kode digital oleh rotary encoder untuk diteruskan ke mikrokontroler. *Rotary encoder* umumnya digunakan pada pengendalian robot, motor *driver*, dsb.

Rotary encoder terdiri dari sebuah piringan tipis yang memiliki lubang-lubang pada bagian pinggir piringan. *LED* ditempatkan pada salah satu sisi piringan sehingga cahaya akan menuju ke piringan dan di sisi yang lain sebuah *photo-transistor* diletakkan sehingga *photo-transistor* ini dapat mendeteksi cahaya dari *LED* yang berseberangan.

2.3 MCU (Micro Controller Unit) Arduino Uno

Arduino Uno merupakan *board microcontroller* yang menggunakan ATmega328 sebagai otaknya. Arduino memiliki 14 digital input / output pin (6 dapat digunakan sebagai output *PWM*), 6 *input* analog, 16 MHz resonator keramik, koneksi *USB*, *jack* listrik, *header* ICSP, dan tombol reset. Uno berbeda dari semua papan sebelumnya dalam hal itu tidak menggunakan *chip driver FTDI USB-to-serial* [5].

Arduino Uno memiliki kompatibilitas terhadap berbagai shield tambahan baik *shield* keluaran asli dari arduino, atau buatan pabrikannya. Arduino Uno dapat menggunakan catuan dari baterai atau langsung dari port *USB*.

2.4 Radio (NRF24L01+)

Modul *Wireless* NRF24L01 adalah sebuah modul komunikasi jarak jauh yang memanfaatkan pita gelombang RF 2.4GHz ISM (*Industrial, Scientific and Medical*). Modul ini menggunakan antarmuka *SPI* untuk berkomunikasi. Tegangan kerja dari modul ini adalah 1.9 – 3.6 V DC. NRF24L01 memiliki *baseband logic Enhanced ShockBurst™ hardware protocol accelerator* yang support “*high-speed SPI interface for the application controller*”. nRF24L01 memiliki *true ULP solution*, yang memungkinkan daya tahan baterai berbulan-bulan hingga bertahun-tahun[4].

2.5 Motor Driver

Driver motor digunakan untuk mengatur kecepatan robot mobil. *Driver* motor yang digunakan yaitu *2A Dual Motor controller*. *Chip*

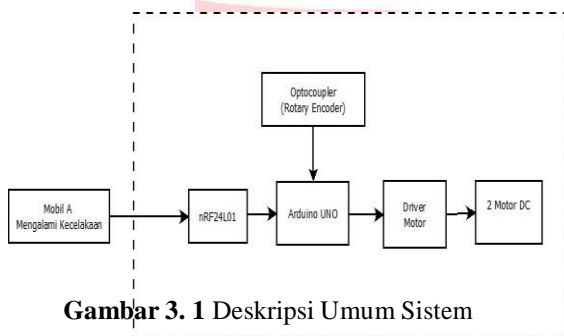
yang yang digunakan pada driver motor ini adalah L298N. Chip ini memungkinkan untuk menggerakkan 2 DC motor secara bersamaan. Arus yang dapat dikeluarkan oleh driver motor adalah sebesar 2A.

3. Perancangan dan Implementasi

3.1 Deskripsi Umum Sistem

Sistem *monitoring* kecelakaan, sub-sistem robot mobil penerima informasi kecelakaan ini meliputi desain robot mobil agar dapat menerima informasi dari mobil pengirim sinyal kecelakaan, memberikan peringatan bagi pengemudi dan mengambil tindakan setelah mendapatkan informasi kecelakaan.

Berikut ini blok diagram dari perancangan sistem robot mobil.



Gambar 3. 1 Deskripsi Umum Sistem

Robot mobil penerima informasi kecelakaan dirancang menggunakan robot mobil beroda dengan tiga buah roda. Untuk menerima informasi dari mobil yang mengalami kecelakaan digunakan radio NRF24L01+ yang dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino UNO R3. Selain itu untuk mengetahui jarak antara mobil yang mengalami kecelakaan dengan mobil penerima informasi kecelakaan digunakan pula sensor *optical rotary encoder (optocoupler)* yang dipasang pada roda mobil.

Ketika robot mobil menerima informasi telah terjadi kecelakaan, maka mobil akan memberikan peringatan berupa *LED* yang menyala. Robot mobil akan menghitung jarak ke mobil yang mengirim informasi kecelakaan, dan berhenti saat posisinya dekat dengan mobil pengirim informasi, sehingga tidak terjadi kecelakaan beruntun.

3.2 Desain dan Realisasi Sistem Mekanik Robot Mobil

Robot mobil roda tiga memiliki berat 800 gram, dan robot mobil roda ini memiliki sistem dua buah roda penggerak yang terdapat pada tengah bagian robot mobil, roda ini memiliki sifat penggerak aktif, dan satu roda dibelakang dengan sistem gerak pasif. Pada bagian badan mobil, komponen *hardware* dapat diletakkan diatas badan *acrylic* untuk menempatkan komponen dan baterai.



Gambar 3.2. Robot Mobil Roda Tiga

Robot mobil memiliki ukuran sebagai berikut :

Tabel 3.1. Ukuran Robot Mobil

Panjang Robot Mobil	22.5 cm
Lebar Robot Mobil	14.5 cm
Tinggi Robot Mobil	10.0 cm

3.3 Desain dan Implementasi Perangkat Keras

3.3.1 Arduino Uno

Perangkat Arduino yang digunakan pada robot mobil roda tiga adalah jenis Arduino Uno tipe R3. Arduino Uno menjadi perangkat utama (otak) dari semua input atau output perangkat yang digunakan dalam sistem kecelakaan robot mobil ini. Arduino Uno terhubung dengan driver motor dan catu daya. Sedangkan catu daya yang digunakan oleh Arduino Uno diambil dari baterai Li-Po yang telah diturunkan tegangannya oleh catu daya.

3.3.2 Motor DC / Driver Motor

Motor *driver* ganda H-Bridge menggunakan IC ST L298N *dual full-bridge*. Driver ini bekerja dengan membalikan polaritas pada motor, dan juga membalikan arah ketika motor berbelok. Dengan bantuan modul menggunakan IC ini memungkinkan untuk mengatur kecepatan pada motor.

Berikut spesifikasi dari motor driver *H-Bridge*, antara lain:

- IC *driver* L298N produk dari ST Electronics
- Catu daya *driver* dari +5V hingga +46V
- Keluaran arus dari setiap *port output* hingga 2 A
- *Logic* tegangan *output* +5 ~ +7V
- *Logic* arus 0 ~ 36mA
- Dimensi alat 60mm x 54 mm

3.3.3 Modul Wireless nRF24L01

Modul *wireless* nRF24L01 digunakan pada setiap robot mobil agar dapat mengirim dan menerima data. Modul *wireless* nRF24L01 berkomunikasi dengan menggunakan komunikasi serial.

3.3.4 Sensor Optocoupler

Optocoupler adalah suatu piranti yang terdiri dari 2 bagian yaitu *transmitter* dan *receiver*,

yaitu antara bagian cahaya dengan bagian deteksi sumber cahaya terpisah. Biasanya *optocoupler* digunakan sebagai saklar elektrik, yang bekerja secara otomatis. Pada dasarnya *optocoupler* adalah suatu komponen penghubung (*coupling*) yang bekerja berdasarkan picu cahaya optik.

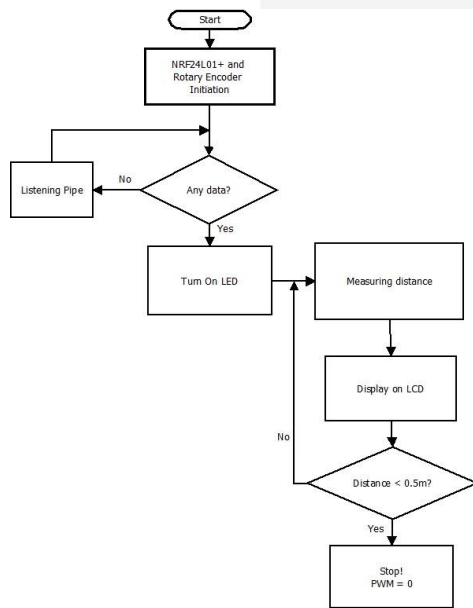
3.4 Perancangan dan Implementasi Optical Rotary Encoder/ Optocoupler

Perancangan sensor *optical rotary encoder* yang digunakan untuk membaca jarak yang telah ditempuh, menggunakan 1 buah *optocoupler* dan 1 buah gear yang memiliki 20 lubang. Gear dipasang pada sumbu roda, sehingga ikut bergerak saat roda berputar. Dan posisi gear berada di tengah *optocoupler*. Dimana ketika cahaya dari *LED* mengenai bagian yang berlubang, maka *photodiode* akan menerima sinyal.

3.5 Desain Sistem Mobil Robot Penerima Informasi Kecelakaan

Pada tugas akhir ini, sistem yang diimplementasikan adalah sistem kontrol robot mobil menggunakan Arduino Uno. Robot mobil anti kecelakaan beruntun sub-sistem robot mobil penerima informasi kecelakaan yang sedang berjalan akan menunggu adanya data yang dikirimkan oleh mobil yang mengalami kecelakaan. Ketika data diterima robot mobil akan memberikan peringatan berupa nyala *LED* dan menampilkan informasi kecelakaan pada *LED*.

Berikut *flowchart* sistem robot mobil penerima informasi kecelakaan.



Gambar 3.3 Diagram Alir Sistem

4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Waktu Berhenti Mobil

Pengujian waktu berhenti mobil dilakukan dengan tujuan untuk mencari waktu rata-rata yang diperlukan mobil untuk menerima dan

memberikan respon terhadap informasi yang didapatkan.

Pengujian dilakukan dengan menjalankan mobil secara beriringan, lalu mobil yang mengalami kecelakaan berhenti dan mengirimkan informasi ke mobil penerima.

Pengujian dibagi menjadi 5 skenario yang dibedakan berdasarkan jarak antar mobil. Skenario pertama jarak antara mobil 1 dan mobil 2 adalah 100cm, skenario kedua 200cm, skenario ketiga 300cm, skenario keempat 400cm dan skenario kelima 500cm. Dibawah ini adalah hasil pengujian.

Tabel 4.1 Pengujian Waktu Henti Mobil Skenario 1

Pengujian	Delay(milidetik)	Jarak Henti (Cm)
1	550	30
2	620	28
3	540	32
4	610	30
5	570	25
6	610	27
7	620	30
8	580	33
9	620	25
10	570	30
Rata-Rata	589	29

Dari pengujian diatas dapat terlihat bahwa dari 10 percobaan, terdapat satu nilai *delay* yang tertinggi yaitu 620 milidetik. Nilai tersebut dijadikan nilai maksimum dari kirim dan terima data pada mobil. Sedangkan nilai 540 milidetik dijadikan nilai minimum pada mobil. Jadi variasi *delay* pada mobil terdapat pada rentang 540 milidetik dan 620 milidetik dengan rata rata *delay* 589 milidetik. detik dengan rata rata *delay* 1.734 detik.

Tabel 4.2 Pengujian Waktu Henti Mobil Skenario 2

Pengujian	Delay(milidetik)	Jarak Henti (Cm)
1	560	28
2	630	30
3	640	35
4	570	29
5	610	30
6	640	35
7	620	33
8	580	29
9	620	30
10	630	35
Rata-Rata	610	31,4

Dari pengujian diatas dapat terlihat bahwa dari 10 percobaan, terdapat satu nilai *delay* yang tertinggi yaitu 640 milidetik. Nilai tersebut dijadikan nilai maksimum dari kirim dan terima data pada mobil. Sedangkan nilai 560 milidetik dijadikan nilai minimum pada mobil. Jadi variasi

delay pada mobil terdapat pada rentang 560 milidetik dan 640 milidetik dengan rata rata *delay* 610 milidetik.

Tabel 4.3 Pengujian Waktu Henti Mobil Skenario 3

Pengujian	Delay(milidetik)	Jarak Henti (Cm)
1	600	33
2	630	35
3	620	30
4	600	32
5	660	35
6	640	35
7	630	33
8	600	30
9	620	37
10	650	34
Rata-Rata	625	33,4

Dari pengujian diatas dapat terlihat bahwa dari 10 percobaan, terdapat satu nilai *delay* yang tertinggi yaitu 660 milidetik. Nilai tersebut dijadikan nilai maksimum dari kirim dan terima data pada mobil. Sedangkan nilai 600 milidetik dijadikan nilai minimum pada mobil. Jadi variasi *delay* pada mobil terdapat pada rentang 600 milidetik dan 660 milidetik dengan rata rata *delay* 625 milidetik

Tabel 4.4 Pengujian Waktu Henti Mobil Skenario 4

Pengujian	Delay(milidetik)	Jarak Henti (Cm)
1	640	38
2	660	40
3	700	34
4	690	40
5	620	35
6	670	38
7	690	40
8	680	38
9	640	37
10	610	34
Rata-Rata	660	37,4

Dari pengujian diatas dapat terlihat bahwa dari 10 percobaan, terdapat nilai *delay* yang tertinggi yaitu 700 milidetik. Nilai tersebut dijadikan nilai maksimum dari kirim dan terima data pada mobil. Sedangkan nilai 610 milidetik dijadikan nilai minimum pada mobil. Jadi variasi *delay* pada mobil terdapat pada rentang 610 milidetik dan 700 milidetik dengan rata rata *delay* 660 milidetik.

Tabel 4.5 Pengujian Waktu Henti Mobil Skenario 5

Pengujian	Delay(milidetik)	Jarak Henti (Cm)
1	730	38
2	710	37
3	750	40
4	720	37
5	760	38
6	710	35
7	730	38
8	720	38
9	760	40
10	750	40
Rata-Rata	734	38,1

Dari pengujian diatas dapat terlihat bahwa dari 10 percobaan, terdapat nilai *delay* yang tertinggi yaitu 760 milidetik. Nilai tersebut dijadikan nilai maksimum dari kirim dan terima data pada mobil. Sedangkan nilai 710 milidetik dijadikan nilai minimum pada mobil. Jadi variasi *delay* pada mobil terdapat pada rentang 710 milidetik dan 760 milidetik dengan rata rata *delay* 734 milidetik.

Dari kelima skenario didapatkan jarak minimum untuk pengereman mobil agar tidak terjadi kecelakaan beruntun adalah 50 cm, dimana *delay* pengiriman dan penerimaan paling kecil adalah saat jarak antar mobil 100cm. Dan ketika jarak antar mobil semakin jauh maka *delay* juga semakin meningkat.

4.2 Pengujian Konsistensi Kecepatan Robot Mobil

Pengujian konsistensi kecepatan dilakukan untuk memastikan kestabilan kecepatan mobil dalam menempuh jarak tertentu. Pengujian dilakukan dengan memberikan *PWM* 50 sebagai *PWM* minimum dari robot mobil dan *PWM* 100 sebagai *PWM* maksimum pada robot mobil sebanyak 10 kali dan mobil menempuh jarak 120 cm dalam pengujian ini. Perhitungan waktu dalam menempuh jarak 120 cm dilakukan dengan menggunakan stopwatch.

Berikut ini adalah pengujian konsistensi kecepatan pada robot mobil dengan PWM 50.

Tabel 4.4 Pengujian Konsistensi Kecepatan Mobil dengan PWM 50

Pengujian	Waktu (detik)	Kecepatan (cm/detik)
1	6.47	18,5
2	6.45	18,6
3	6.48	18,5
4	6.47	18,5
5	6.5	18,4
6	6.46	1,85
7	6.49	0,184
8	6.45	0,186
9	6.51	0,184
10	6.5	0,184
Rata-rata	6.478	0.185

Dari pengujian diatas dapat dilihat bahwa pada saat kecepatan minimum mobil yaitu pada PWM 50, mobil menempuh jarak 120 cm dengan kecepatan 0.18m/s dengan waktu rata-rata yaitu 6.478 detik. Waktu tempuh terbesar dari pengujian ini yaitu 6.51 detik, sedangkan waktu tempuh terkecil yaitu 6.45 detik.

Sedangkan pada PWM 100, hasil pengujian konsistensi kecepatannya adalah sebagai berikut.

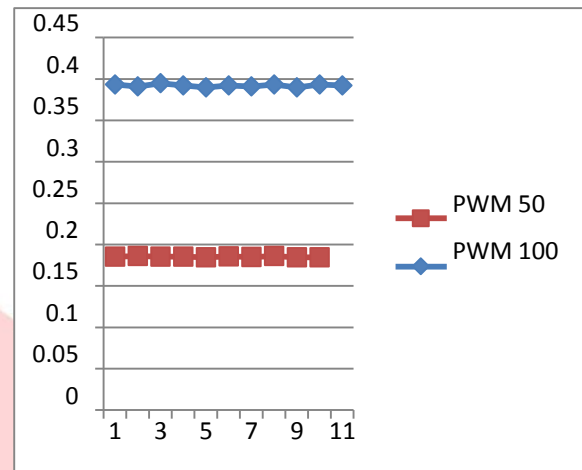
Tabel 4.5 Pengujian Konsistensi Kecepatan Mobil dengan PWM 100

Pengujian	Waktu (detik)	Kecepatan (cm/s)
1	3.05	39,3
2	3.07	39,0
3	3.04	39,4
4	3.06	39,2
5	3.08	38,9
6	3.06	39,2
7	3.07	39,0
8	3.05	39,3
9	3.08	38,9
10	3.05	39,3
Rata-rata	3.061	39,2

Dari pengujian diatas dapat dilihat bahwa pada saat kecepatan maksimum mobil yaitu pada PWM 100, mobil menempuh jarak 120 cm dengan kecepatan 0.39m/s dengan waktu rata-rata yaitu 3.06 detik. Waktu tempuh terbesar dari pengujian ini

yaitu 3.08 detik, sedangkan waktu tempuh terkecil yaitu 3.04 detik.

Dibawah ini adalah grafik yang menunjukkan perbedaan waktu tempuh robot mobil dalam menempuh jarak 120 cm pada PWM 50 dan 100.



Gambar 4.1 Grafik waktu tempuh mobil dengan PWM 50 dan PWM 100

4.2 Analisis Jarak Aman Robot Mobil dengan Parameter Kecepatan

Berdasarkan *rules of the road* UK menurut *Road Safety Authority*, jarak aman dalam berkendara tergantung dari kecepatan mobil. Dalam hal ini ada beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam proses penentuan jarak aman diantaranya, kondisi jalan, kondisi pengemudi, gerak refleks pengereman pengemudi dan kemampuan mobil untuk mengerem.

Dalam kondisi yang sebenarnya penentuan jarak aman antar kendaraan dibedakan pada kondisi jalan, yaitu pada kondisi jalan kering atau kondisi jalan basah. Berikut merupakan penentuan jarak aman berdasarkan *rules of the road* UK menurut *Road Safety Authority*.

Table 5: The RSA recommend you allow a minimum stopping distance under dry conditions of (see table below):

Speed (km/h)	Minimum Reaction Distance (m)	Minimum Braking Distance (m)	Total Minimum Stopping Distance (m)
30	6	6	12
40	8	10	18
50	10	15	25
60	12	21	33
80	16	36	52
100	20	50	70
120	24	78	102

Source Transport Research Laboratory, UK, 2012, © Road Safety Authority, 2012.

Gambar 4.2 Jarak Aman Untuk Kendaraan Kondisi Jalan Basah Menurut RSA

Table 6: The RSA recommend you allow a minimum stopping distance under wet conditions of (see table below)

Speed (km/h)	Minimum Reaction Distance (m)	Minimum Braking Distance (m)	Total Minimum Stopping Distance (m)
20	4	5	9
30	6	10	16
40	8	17	25
50	10	26	36
60	12	37	49
70	14	50	64
80	16	65	81
100	20	101	121
120	24	145	169

Source Transport Research Laboratory, UK, 2012, © Road Safety Authority, 2012

Gambar 4.3 Jarak Aman Untuk Kendaraan Kondisi Jalan Kering Menurut RSA

Dalam penelitian tugas akhir ini kecepatan kendaraan pada keadaan sebenarnya yang dibahas yaitu pada kecepatan 50 km/jam. Perbandingan kecepatan antara robot mobil dan kecepatan mobil yang sebenarnya yaitu, 1:50. Pada kondisi *real* untuk kecepatan 50 km/jam dan kondisi jalan kering maka jarak aman yang disarankan RSA adalah 25m

Menyesuaikan dengan skala kecepatan antara robot mobil dan keadaan sebenarnya, maka didapat kecepatan robot mobil untuk mewakili kecepatan 50km/jam adalah 30cm/s.

Setelah dilakukan simulasi perhitungan jarak aman menggunakan robot mobil, didapat jarak aman yang direkomendasikan untuk kecepatan 30cm/s adalah 50cm. Jarak 50cm apabila dibandingkan dengan keadaan sebenarnya didapat jarak aman 25m. Hal ini sesuai dengan standar jarak aman antar kendaraan menurut RSA.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari 20 kali percobaan, robot mobil menerima 100% informasi dari mobil lain yang mengalami kecelakaan hingga jarak 10 meter. *Delay* pengiriman data rata – rata antara mobil yang mengalami kecelakaan dan mobil penerima

informasi adalah 642,6 milidetik dengan jarak antara mobil antara 100 cm sampai 500 cm.

2. Robot mobil yang dapat menampilkan peringatan berupa nyala *LED* ketika informasi kecelakaan yang diterima.
3. Setelah menerima informasi kecelakaan robot mobil dapat menghentikan kendaraan. Jarak aman yang dibutuhkan robot mobil untuk berhenti adalah 50 cm.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan oleh penulis terkait dengan pengembangan selanjutnya adalah:

1. Dilakukan penelitian dengan menggunakan radio frekuensi yang berbeda untuk berkomunikasi antara mobil.
2. Penelitian selanjutnya sebaiknya memperhatikan pembagian IP dan keamanan jaringan.
3. Sebaiknya dilakukan penelitian dengan menggunakan jumlah node lebih banyak.
4. Sebaiknya menggunakan arduino tipe Mega, dikarenakan arduino UNO hanya memiliki sedikit pin yang dapat digunakan sehingga membatasi penambahan sensor pada robot mobil.