

AUTOMATIZATION OF TRAFFIC LIGHT FOR EMERGENCY VEHICLES

Iswanjono* and Ganep Ismaya Wijaya

Electrical Engineering, Science and Technology Faculty, Sanata Dharma University Yogyakarta, Indonesia

* iswan_id@usd.ac.id

ABSTRACT

The high volume of traffic that crosses the road tends to cause congestion at some crossroads. It makes negative impact on the performance of the emergency vehicle. Giving priority to emergency vehicles is one way to resolve the issue. This study aims to create a prototype automated traffic lights via radio waves. This system serves to give priority roads in the form of green light to emergency vehicles. If it has passed through the intersection, the traffic lights work to its original state. RF module is used for remote communication. GPS module, ublox CN-06 is used for sensor position and direction of the emergency vehicle. Arduino Mega 2560 is used as the main data processor. The system can work well in an open area and obtained an emergency vehicle recognition accuracy up to 100% at a distance of less than 96 meters.

Keywords: RF module 433MHz, Arduino Mega 2560, GPS CN-06 v3.0, Emergency vehicles, Traffic light.

I. Pendahuluan

Tingginya volume lalu lintas yang melintasi jalan cenderung menimbulkan kemacetan pada beberapa persimpangan jalan [1]. Hal ini menjadikan dampak negatif bagi kinerja kendaraan darurat yang berada dalam perjalanan menuju ke Tempat Kejadian Perkara (TKP) atau kembali ke markas. Kendaraan darurat ini sebagai contohnya adalah ambulance, pemadam kebakaran, mobil polisi dan mobil Tentara Nasional Indonesia (TNI). Kendaraan darurat sangat membutuhkan waktu yang seminimal mungkin dalam perjalanan agar pertolongan atau keperluan darurat segera dapat dipenuhi. Kendaraan darurat mempunyai kepentingan yang harus lebih diutamakan daripada pengguna jalan yang lain yaitu kendaraan pribadi, kendaraan umum dan pejalan kaki [2]. Menurut Pasal 65 ayat (4) PP 43/993, kendaraan darurat berhak mendapatkan prioritas yang lebih diutamakan dari kendaraan yang lainnya, di samping itu kendaraan darurat memiliki hak untuk melanggar peraturan lalu lintas seperti menerobos lampu merah [3]. Tindakan menerobos lampu merah merupakan tindakan yang sangat berbahaya bagi pelanggar maupun bagi pengguna jalan lain.

Ada peneliti yang sudah membuat lampu lalu lintas berprioritas untuk kendaraan umum. Dalam jurnal berjudul "The Way ahead for London's Bus Priority at Traffic Signals" yang menyatakan bahwa bus akan dideteksi melalui 3 titik sebelum mendapatkan prioritas. Tiga titik tersebut adalah titik pertama untuk deteksi bus, titik kedua merupakan estimasi bus untuk memperoleh prioritas dan titik ke-3 untuk menunda prioritas atau mengembalikan interupsi. Hasil deteksi dari ke-3 titik tersebut dikirimkan ke sistem lampu lalu lintas melalui gelombang radio [4].

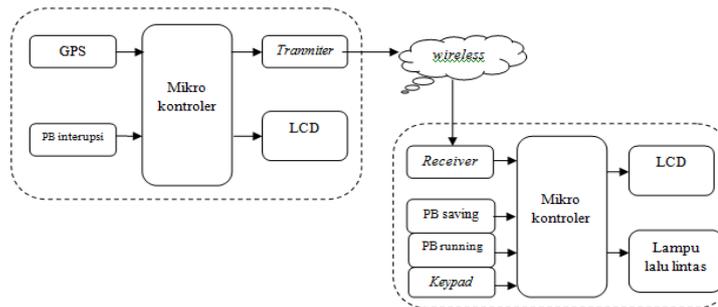
Berdasarkan hal tersebut, maka penulis ingin mengembangkan suatu sistem lampu lalu lintas yang mampu memberi prioritas (lampu hijau) kepada kendaraan darurat secara otomatis pada jalur yang digunakan. Dengan kata lain, lampu lalu lintas akan menyala hijau secara otomatis pada saat keadaan darurat. Pemberian prioritas ini, tentunya, secara serempak pada semua perangkat lampu lalu lintas di persimpangan tersebut. Sehingga pengguna jalan di sisi yang lain juga mendapatkan keamanan berlalu lintas. Kemudian, setelah kendaraan darurat mendapatkan layanan prioritas dan telah meninggalkan persimpangan tersebut, sistem lampu lalu lintas akan bekerja seperti sebelum di interupsi oleh sinyal darurat. Penulis menggunakan gelombang radio yang dipancarkan melalui kendaraan darurat dan diterima oleh lampu lalu lintas. Kode prioritas dan data koordinat posisi kendaraan darurat akan menjadi tolok ukur prioritas yang akan diberikan. Pemancar dan penerima menggunakan mikrokontroler sebagai pengolah data.

II. Metode Penelitian

Gambar 1 merupakan perancangan keseluruhan blok diagram sistem otomatisasi lampu lalu lintas melalui gelombang radio.

Penjelasan blok diagram pada Gambar 1 adalah:

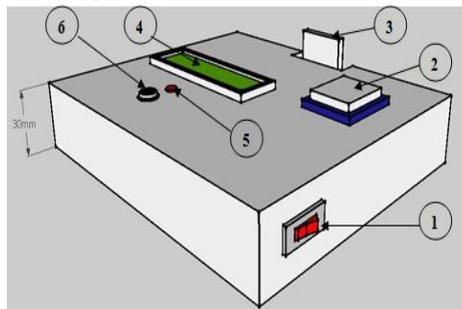
- Pada bagian pengirim, data dari GPS dan tombol permintaan prioritas diolah oleh Arduino dan ditampilkan pada LCD kemudian dikirimkan melalui modul RF 433 MHz.
- Pada bagian penerima terdapat 2 mode yaitu mode saving adalah mode penyimpanan koordinat persimpangan dan 4 arah mata angin jalan melalui keypad dan mode running adalah mode penerima bekerja akan memberi prioritas berdasar permintaan prioritas dari kedudukan pengirim. Data diterima dan diproses kemudian ditampilkan pada LCD secara terus-menerus bersama siklus lampu lalu lintas normal.



Gambar 1. Blok diagram 1 perancangan sistem keseluruhan

II.1. Perancangan Perangkat keras Pengirim

Gambar 2 merupakan Perangkat keras Pengirim yang dirancang dengan dimensi 15x10x3 cm. Pengirim dirancang dengan ukuran yang minimalis agar mudah dibawa.



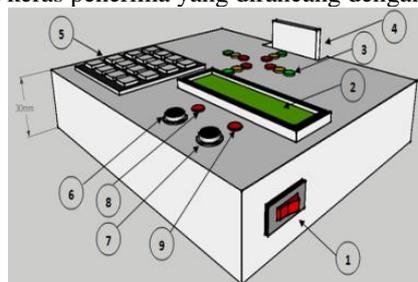
Gambar 2. Perancangan bagian pengirim

Penjelasan bagian-bagian gambar 2 adalah sebagai berikut :

- | | |
|---------------------|-----------------------------------|
| 1). Saklar on-off | 4). LCD 16x2 |
| 2). Modul GPS | 5).Indikator permintaan prioritas |
| 3). Modul RF 433MHz | 6).Tombol permintaan prioritas |

II.2. Perancangan Perangkat keras Penerima

Gambar 3 merupakan perangkat keras penerima yang dirancang dengan dimensi 15x15x3 cm.



Gambar 3. Perancangan penerima

Penjelasan bagian-bagiab gambar 3 adalah sebagai berikut :

- | | | |
|----------------------|--------------------------|---------------------------|
| 1).Saklar on off | 5).keypad 4x4 | 9).indikator mode running |
| 2).LCD 16x2 | 6).tombol mode saving | |
| 3).lampu lalu lintas | 7).indikator mode saving | |
| 4).modul RF 433MHz | 8).tombol mode running | |

II.3. Perancangan Perangkat Lunak Pengirim

Gambar 4 merupakan diagram alir pada pengirim. Pengirim akan megolah dari data GPS dan mengirimkannya melalui modul RF 433 MHz, kemudian menampilkandata pada LCD, kemudian. Jika tombol interupsi ditekan maka sistem transmiiter akan megirimkan kode permintaan prioritas.

II.4. Perancangan Perangkat Lunak Penerima

Gambar 5 merupakan diagram alir pada penerima. Selama penerima dinyalakan, siklus lampu lalu lintas akan bekerja normal dan mengolah data terkirim secara terus-menerus. Penerima memiliki 2 mode yaitu mode saving untuk menyimpan koordinat pusat persimpangan serta 4 data arah mata angin jalur, sedangkan mode running untuk

koordinat tersebut adalah 1,1 meter. Sehingga untuk jarak 5 meter, ke-2 titik koordinat tersebut harus memiliki selisih 0,000045. Berikut ini merupakan persamaan untuk mencari koordinat pemacu :

$$A = (\text{bujur, lintang}) \tag{6}$$

$$B = A + (0, 0.000045) \tag{7}$$

$$C = A + (0.000045, 0) \tag{8}$$

$$D = A - (0, 0.000045) \tag{9}$$

$$E = A - (0.000045, 0) \tag{10}$$

Ilustrasi dalam layanan prioritas :

Jika sistem transmitter (kendaraan darurat) dari arah utara ke arah selatan dan koordinat lintang transmitter lebih besar dari koordinat lintang pemacu titik B maka prioritas akan diberikan pada lampu utara sedangkan untuk keluar dari prioritas harus melewati titik B dan titik C/D/E dan sebaliknya jika datang dari selatan maka menggunakan koordinat lintang pemacu titik D sedangkan untuk keluar dari prioritas harus melewati titik D dan titik B/C/E. Jika sistem transmitter datang dari arah timur ke arah barat dan koordinat bujur sistem transmitter lebih besar dari koordinat bujur pemacu titik C maka prioritas akan diberikan pada lampu timur sedangkan untuk keluar dari prioritas harus melewati titik C dan titik B/D/E dan sebaliknya jika datang dari arah barat maka menggunakan koordinat bujur pemacu titik E sedangkan untuk keluar dari prioritas harus melewati titik E dan titik B/C/D.

III. Hasil Penelitian dan Pembahasan

III.1. Pengujian di Lokasi Terbuka

Pengujian alat dilakukan dengan cara membuat simulasi persimpangan jalan pada suatu lokasi. Kemudian dilakukan pengaturan untuk koordinat titik pusat persimpangan tersebut serta besar sudut arah mata angin dari tiap jalur. Pengujian permintaan prioritas dilakukan dengan membawa sistem transmitter (kendaraan darurat) berjalan di dalam 4 jalur tersebut. Dalam pengujian tiap jalur, dilakukan 3 jenis arah kemudi untuk melewati persimpangan yaitu arah lurus, belok kiri dan belok kanan. Keberhasilan sistem dilihat pada pengendalian lampu lalu untuk memberikan prioritas jika mendeteksi sinyal permintaan prioritas pada jalur tersebut dan saat lampu lalu lintas mampu kembali ke kondisi semula setelah kendaraan darurat melewati persimpangan.

Tahap pertama pengujian adalah penyimpanan koordinat pusat persimpangan dan pengaturan 4 nilai arah mata angin jalur kemudian kedua data tersebut disimpan pada EEPROM. Tabel 1 merupakan hasil pengaturan dan penyimpanan data pada EEPROM. Setelah diperoleh koordinat tersimpan dengan menggunakan persamaan (7) s.d. (10) untuk memperoleh 4 titik pemacu pada jarak 5 meter dari koordinat tersimpan secara vertikal dan horizontal. Tabel 2 merupakan koordinat pemacu yang dihasilkan dari koordinat tersimpan. Pada tahap kedua yaitu pengujian pemberian prioritas, dalam pengujian akan dilakukan 3 variasi kemudi untuk melewati persimpangan sehingga tiap jalur terdapat 3 pengujian permintaan prioritas. Tabel 3 menunjukkan data kedudukan koordinat kendaraan darurat saat pemberian prioritas dan keluar dari layanan prioritas.

Tabel 1. Nilai-nilai yang disimpan pada EEPROM

Koordinat Tersimpan		Besarnya Sudut Arah Jalan (°)			
Lintang	-7,756502	Utara	5	Selatan	181
Bujur	110,422042	Timur	1	Barat	270

Tabel 2. Nilai Koordinat Pemacu yang diperoleh dari Koordinat Tersimpan

Titik	Lintang	Bujur
B.	-7,756457	110,422042
C.	-7,756502	110,422087
D.	-7,756547	110,422042
E.	-7,756502	110,421997

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 3 dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Pada data dari arah utara (lurus), saat kedudukan koordinat lintang kendaraan darurat lebih besar dari koordinat lintang pemacu B (lihat Tabel 4.2.) $(-7,756329 > -7,756457)$ maka prioritas diberikan pada jalur utara. Ketika kendaraan darurat telah melewati koordinat lintang pemacu B kemudian tetap lurus (ke arah selatan) di persimpangan dan jika besar koordinat lintang kendaraan darurat lebih kecil dari koordinat lintang pemacu D $(-7,756612 < -7,756547)$ maka lampu lalu lintas kembali ke kondisi semula. Pada pengujian dari arah utara ini dengan variasi kemudi yang lain, pemberian prioritas telah berjalan sesuai dengan permintaan prioritas pada jalur tersebut, serta dapat keluar dari prioritas ketika kendaraan darurat telah melewati persimpangan. Penyalaan lampu lalu lintas untuk pemberian prioritas dan kembali ke kondisi semula telah berjalan dengan sesuai. Data kondisi nyala lampu lalu lintas sebelum dan setelah pemberian prioritas dapat dilihat pada Tabel 4 pada bagian data permintaan prioritas dari utara.

- b) Pada data dari arah timur (belok kanan), saat kedudukan koordinat bujur kendaraan darurat lebih besar dari koordinat bujur pemicu C (lihat Tabel 4.2.) ($110,42221 > 110,422087$) maka prioritas diberikan pada jalur timur. Ketika kendaraan darurat telah melewati koordinat bujur pemicu C kemudian belok kanan (ke arah utara) di persimpangan dan jika besar koordinat lintang kendaraan darurat lebih besar dari koordinat bujur pemicu B ($-7,756444 > -7,756457$) maka lampu lalu lintas kembali ke kondisi semula. Pada pengujian dari arah timur ini dengan variasi kemudi yang lain, pemberian prioritas telah berjalan sesuai dengan permintaan prioritas pada jalur tersebut, serta dapat keluar dari prioirtas ketika telah melewati persimpangan. Penyalaan lampu lalu lintas untuk pemberian prioritas dan kembali ke kondisi semula telah berjalan dengan sesuai. Data kondisi nyala lampu lalu lintas sebelum dan setelah pemberian prioritas dapat dilihat pada Tabel 4 pada bagian data permintaan prioritas dari timur.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian

Percobaan Dari Utara			Percobaan Dari Timur		
Lurus (ke arah selatan)			Lurus (ke arah barat)		
Data Diterima	Mulai Prioritas	Prioritas Selesai	Data Diterima	Mulai Prioritas	Prioritas Selesai
Lintang	-7,756329	-7,756612	Lintang	-7,756465	-7,756478
Bujur	110,422035	110,422027	Bujur	110,422203	110,421836
Arah	185,6	184,7	Arah	272,9	273,4
Belok Kiri (ke arah timur)			Belok Kiri (ke arah selatan)		
Data Diterima	Mulai Prioritas	Prioritas Selesai	Data Diterima	Mulai Prioritas	Prioritas Selesai
Lintang	-7,756313	-7,756564	Lintang	-7,756459	-7,756602
Bujur	110,422096	110,422098	Bujur	110,422187	110,422065
Arah	190,4	89,1	Arah	275,4	183,3
Belok Kanan (ke arah barat)			Belok Kanan (ke arah utara)		
Data Diterima	Mulai Prioritas	Prioritas Selesai	Data Diterima	Mulai Prioritas	Prioritas Selesai
Lintang	-7,75633	-7,756566	Lintang	-7,756477	-7,756444
Bujur	110,422042	110,421981	Bujur	110,42221	110,42205
Arah	184	282,2	Arah	274,6	359,1
Percobaan Dari Selatan			Percobaan Dari Barat		
Lurus (ke arah utara)			Lurus (ke arah timur)		
Data Diterima	Mulai Prioritas	Prioritas Selesai	Data Diterima	Mulai Prioritas	Prioritas Selesai
Lintang	-7,756881	-7,765424	Lintang	-7,756458	-7,756481
Bujur	110,42205	110,422042	Bujur	110,422068	110,422119
Arah	355,1	356,7	Arah	97,6	98,9
Belok Kiri (ke arah barat)			Belok Kiri (ke arah utara)		
Data Diterima	Mulai Prioritas	Prioritas Selesai	Data Diterima	Mulai Prioritas	Prioritas Selesai
Lintang	-7,756817	-7,756498	Lintang	-7,756474	-7,756427
Bujur	110,424004	110,421966	Bujur	110,42283	110,42205
Arah	3,1	279,1	Arah	103,2	3,8
Belok Kanan (ke arah timur)			Belok Kanan (ke arah selatan)		
Data Diterima	Mulai Prioritas	Prioritas Selesai	Data Diterima	Mulai Prioritas	Prioritas Selesai
Lintang	-7,756645	-7,75647	Lintang	-7,756479	-7,756592
Bujur	110,42205	110,422126	Bujur	110,421897	110,422061
Arah	355	91,7	Arah	97,1	182,6

- c) Pada data dari arah selatan (belok kiri), saat kedudukan koordinat lintang kendaraan darurat lebih kecil dari koordinat lintang pemicu D (lihat Tabel 4.2.) ($-7,756817 > -7,756547$) maka prioritas diberikan pada jalur selatan. Ketika kendaraan darurat telah melewati koordinat lintang pemicu D kemudian belok kiri (ke arah barat) di persimpangan dan jika besar koordinat bujur kendaraan darurat lebih kecil dari koordinat lintang pemicu E ($110,421966 < 110,421997$) maka lampu lalu lintas kembali ke kondisi semula. Pada pengujian dari arah selatan ini dengan variasi kemudi yang lain, pemberian prioritas telah berjalan sesuai dengan permintaan prioritas pada jalur tersebut, serta dapat keluar dari prioirtas ketika telah melewati persimpangan. Penyalaan lampu lalu lintas untuk pemberian prioritas dan kembali ke kondisi semula telah

berjalan dengan sesuai. Data kondisi nyala lampu lalu lintas sebelum dan setelah pemberian prioritas dapat dilihat pada Tabel 4 pada bagian data permintaan prioritas dari selatan.

- d) Pada data dari arah barat (belok kanan), saat kedudukan koordinat bujur kendaraan darurat lebih kecil dari koordinat bujur pemicu E (lihat Tabel 4.2.) ($110,421897 < 110,421997$) maka prioritas diberikan pada jalur barat. Ketika kendaraan darurat telah melewati koordinat bujur pemicu E kemudian belok kanan (ke arah selatan) di persimpangan dan jika besar koordinat lintang kendaraan darurat lebih kecil dari koordinat lintang pemicu B ($-7,756592 < -7,756547$) maka lampu lalu lintas kembali ke kondisi semula. Pada pengujian dari arah barat ini dengan variasi kemudi yang lain, pemberian prioritas telah berjalan sesuai dengan permintaan prioritas pada jalur tersebut, serta dapat keluar dari prioritas ketika telah melewati persimpangan. Penyalaan lampu lalu lintas untuk pemberian prioritas dan kembali ke kondisi semula telah berjalan dengan sesuai. Data kondisi nyala lampu lalu lintas sebelum dan setelah pemberian prioritas dapat dilihat pada Tabel 4 pada bagian data permintaan prioritas dari barat.

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 3 dapat dilihat bahwa saat pemberian prioritas, nilai koordinat kendaraan darurat dan nilai sudut arah mata angin telah memenuhi nilai-nilai yang disimpan pada EEPROM seperti pada tabel 1. Ketika nilai koordinat kendaraan darurat telah melewati persimpangan atau melewati nilai-nilai koordinat pemicu seperti tabel 2 dan variasi arah kemudi yang berbeda untuk melewati persimpangan jalan maka lampu lalu lintas kembali ke kondisi semula telah bekerja dengan sesuai. Dari hasil pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa sistem otomatisasi lampu lalu lintas dapat bekerja dengan tingkat keberhasilan 100% pada penyalaan lampu dalam layanan prioritas. Tabel 4 merupakan data kondisi lampu lalu lintas sebelum dan setelah pemberian prioritas.

Tabel 4. Data Kondisi Lampu Lalu Lintas Sebelum dan Setelah Permintaan Prioritas

No	Kondisi Lampu Sebelum Prioritas	Permintaan Prioritas	Peringatan pada Lampu	Peringatan pada LCD	Lampu Prioritas	Kondisi Lampu Setelah Prioritas
1	Hijau selatan	Dari utara	Ada	Ada	Hijau utara	Hijau selatan
2	Hijau utara	Dari utara	Tidak ada	Ada	Hijau utara	Hijau utara
3	Merah timur (merah semua)	Dari utara	Tidak ada	Ada	Hijau utara	Merah timur
4	Hijau utara	Dari timur	Ada	Ada	Hijau timur	Hijau utara
5	Hijau barat	Dari timur	Ada	Ada	Hijau timur	Hijau barat
6	Hijau selatan	Dari timur	Ada	Ada	Hijau timur	Hijau selatan
7	Hijau selatan	Dari selatan	Tidak ada	Ada	hijau selatan	Hijau selatan
8	Kuning timur	Dari selatan	Tidak ada	Ada	hijau selatan	Kuning timur
9	Hijau utara	Dari selatan	Ada	Ada	hijau selatan	Hijau utara
10	Hijau timur	Dari barat	Ada	Ada	Hijau barat	Hijau timur
11	Hijau utara	Dari barat	Ada	Ada	Hijau barat	Hijau utara
12	Hijau barat	Dari barat	Tidak ada	Ada	Hijau barat	Hijau barat

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa kondisi lampu lalu lintas setelah memberikan prioritas dapat bekerja pada kondisi normal yaitu kondisi sebelum memberikan prioritas. Sebelum lampu lalu lintas memberikan prioritas terdapat 2 jenis peringatan yaitu peringatan pada LCD 16x2 yang berupa peringatan arah datang dari kendaraan darurat tersebut jika terdeteksi permintaan prioritas dan peringatan kuning kedip pada perangkat lampu lalu lintas. Peringatan kuning kedip terjadi ketika terdapat kondisi nyala hijau pada suatu jalur tertentu sedangkan permintaan prioritas terdeteksi pada jalur yang bukan pada jalur nyala hijau tersebut. Kondisi lampu lalu lintas tidak memberikan peringatan yaitu ketika lampu lalu lintas nyala kuning ataupun merah dan ketika terdapat kondisi nyala hijau pada suatu jalur tertentu dan permintaan prioritas terdeteksi pada jalur yang sedang nyala hijau tersebut sehingga terjadi perpanjangan nyala hijau pada jalur tersebut.

III.2. Pengujian di Lokasi Tertutup

Pengujian di Lokasi yang tertutup dilakukan dengan cara menguji sistem otomatisasi lampu lalu lintas pada lokasi simulasi persimpangan jalan di dalam ruangan. Tabel 5 s.d. Tabel 8 merupakan hasil pengujian di lokasi yang berbeda-beda.

Tabel 5. Nilai-nilai yang disimpan pada EEPROM

Koordinat Tersimpan		Besarnya Sudut Arah Jalan (°)			
Lintang	-7,587804	Utara	10	Selatan	190
Bujur	110,809111	Timur	100	Barat	280

Tabel 6. Nilai Koordinat Pemicu yang diperoleh dari Koordinat Tersimpan

Titik	Lintang	Bujur
B.	-7,587759	110,809111

C.	-7,587804	110,809156
D.	-7,587849	110,809111
E.	-7,587804	110,809066

Tabel 7. Data Hasil Pengujian dari Arah Utara dan dari Arah Timur

Dari Utara ke Selatan				Dari Timur ke Barat			
Data Diterima			Pemberian Prioritas	Data Diterima			Pemberian Prioritas
Lintang	Bujur	Arah		Lintang	Bujur	Arah	
-7,587852	110,809096	0	Tidak ada	-7,587814	110,809212	0	Tidak ada
-7,587746	110,809127	0	Tidak ada	-7,587816	110,809206	0	Tidak ada
-7,587732	110,809133	0	Tidak ada	-7,587816	110,809197	0	Tidak ada
-7,587724	110,809138	0	Tidak ada	-7,587815	110,809191	0	Tidak ada
-7,587714	110,809141	0	Tidak ada	-7,587812	110,809185	0	Tidak ada
-7,587708	110,809146	0	Tidak ada	-7,587807	110,809179	0	Tidak ada
-7,587698	110,809154	0	Tidak ada	-7,587806	110,809170	244,1	Tidak ada
-7,587687	110,809154	0	Tidak ada	-7,587807	110,809163	252,8	Tidak ada

Tabel 8. Data Hasil Pengujian dari Arah Selatan dan dari Arah Barat

Dari Selatan ke Utara				Dari Barat ke Timur			
Data Diterima			Pemberian Prioritas	Data Diterima			Pemberian Prioritas
Lintang	Bujur	Arah		Lintang	Bujur	Arah	
-7,587916	110,809073	0	Tidak ada	-7,587795	110,809007	0	Tidak ada
-7,587905	110,809077	0	Tidak ada	-7,587793	110,809014	74,6	Tidak ada
-7,587895	110,809084	27,3	Tidak ada	-7,587790	110,809025	0	Tidak ada
-7,587889	110,809092	0	Tidak ada	-7,587788	110,809034	60,3	Tidak ada
-7,587881	110,809092	0	Tidak ada	-7,587789	110,809042	0	Tidak ada
-7,587871	110,809092	0	Tidak ada	-7,587791	110,809049	0	Tidak ada
-7,587863	110,809094	0	Tidak ada	-7,587792	110,809055	0	Tidak ada
-7,587852	110,809096	0	Tidak ada	-7,587794	110,809063	0	Tidak ada

Berdasarkan hasil pengujian dari Tabel 7 dan Tabel 8 pengujian permintaan prioritas di ruang tertutup tidak bekerja sama sekali. Hal ini, dikarenakan data arah mata angin dari kendaraan darurat yang dikirimkan ke sistem receiver tidak sesuai dengan data yang telah disimpan pada EEPROM. Data arah mata angin kendaraan darurat yang diperoleh dari modul GPS tidak sesuai dengan arah mata angin dari perpindahan posisi kendaraan darurat tersebut. Hal ini, dikarenakan antenna dari modul GPS terhalang oleh atap ruangan sehingga keakuratan penentuan posisi berkurang dan mengakibatkan data arah mata angin menjadi tidak sesuai dengan arah mata angin dari perpindahan posisi kendaraan darurat. Masalah pada data arah dari modul GPS ini dapat diatasi dengan melakukan penentuan arah mata angin melalui perhitungan sudut kemiringan antara 2 titik koordinat dari perpindahan kendaraan darurat tersebut. Namun dalam hal ini tetap memerlukan keakuratan penentuan posisi dari modul GPS agar penentuan arah sesuai dengan arah perpindahan kendaraan darurat.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan sistem otomatisasi lampu lalu lintas untuk kendaraan darurat melalui gelombang radio, maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem otomatisasi lampu lalu lintas untuk kendaraan darurat melalui gelombang radio berhasil diimplementasikan mampu dengan tingkat keberhasilan 100% dalam pemberian layanan prioritas dan dapat diuji pada lokasi terbuka yang berbeda-beda dengan tingkat keberhasilan yang sama.
2. Sistem otomatisasi lampu lalu lintas ini tidak mampu diuji pada lokasi tertutup dikarenakan data arah mata angin dari modul GPS tidak sesuai dengan arah perpindahan posisi kendaraan darurat.
3. Data yang diterima dengan modul RF 433MHz receiver sama dengan data yang dikirim oleh modul RF 433MHz transmitter dan dapat terdeteksi pada jarak 96 meter.

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan sistem otomatisasi lampu lalu lintas untuk kendaraan darurat melalui gelombang radio, maka penulis dapat memberikan saran guna dalam penyempurnaan tugas akhir yakni, sebagai berikut:

1. Penentuan arah mata angin kendaraan darurat dapat diperoleh melalui perhitungan antara 2 titik koordinat dari modul GPS. Dapat juga dengan, menambahkan sensor kompas pada kendaraan darurat, sehingga dapat menambah ketelitian pada data arah dan data arah tidak bergantung pada perpindahan kendaraan darurat.
2. Menguji sistem otomatisasi lampu lalu lintas ini pada persimpangan lampu lalu lintas yang nyata serta dengan kondisi lalu lintas yang nyata.

Daftar Pustaka

- [1] Purnomo, B.N., dkk, 2013, “Kendali Lampu Lalu Lintas Menggunakan Prioritas Berbasis Mikrokontroler AVR ATMEGA 8535”, *Transient*, Vol.2, No. 1, Maret 2013, ISSN 2302-9927, hal 153.
- [2] -----, 2009, “Undang-undang Republik Indonesia No. 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan”, <http://hubdat.dephub.go.id/uu/288-uu-nomor-22-tahun-2009-tentang-lalu-lintas-dan-angkutan-jalan/download>, diakses tanggal 22 Februari 2015.
- [3] -----, -----, “Pengaturan Lalu Lintas Bagi Pengguna Jalan yang Diprioritaskan”, <http://www.hukumonline.com/klinik/detail/lt4fcb73df57af9/bolehkah-menerobos-lampu-merah-dalam-keadaan-darurat>, diakses tanggal 22 Februari 2015.
- [4] Hounsell, N.B., dkk, “The Way Ahead for London’s Bus Priority at Traffic Signals”, <http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/TfL-bus-signals-priority.pdf>, diakses tanggal 15 Januari 2015.
- [5] Hedges, Andrew, “Finding distances based on Latitude and Longitude”, <http://andrew.hedges.name/experiments/haversine/>, diakses tanggal 15 Januari 2015.