

Sistem Lampu Lalu Lintas Otomatis Menggunakan Jaringan Radio pada Frekuensi 433 MHz Dengan Sensor Ultrasonik

Indah Rahmawati¹, Teddi Hariyanto²

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : indahrahmawati2210@gmail.com

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : teddi.hariyanto@polban.ac.id

ABSTRAK

Kemacetan adalah kondisi tersendatnya atau terhentinya lalu lintas. Kemacetan disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah volume kendaraan yang melebihi kapasitas jalan dan adanya hambatan pada jalan seperti persimpangan lampu lalu lintas. sistem pengaturan lampu lalu lintas kebanyakan masih dilakukan secara manual di pusat kontrol ATCS yang di-remote dari pusat. Oleh karena itu dibuatlah alat dengan sistem otomatis tanpa kendali manusia yang dapat cukup efektif membagi *delay* waktu lampu hijau pada lampu lalu lintas di setiap persimpangan sehingga dapat menekan angka kemacetan. Sistem ini akan menentukan *delay* waktu lampu lalu lintas berdasarkan skala prioritas yang ditentukan dari tingkat kemacetan setiap ruas jalan yang terdeteksi melalui menggunakan sensor ultrasonik. Untuk menghitung *delay* lampu hijau maka dibutuhkan data-data kemacetan setiap ruas jalan di persimpangan. oleh karena itu semua lampu lalu lintas ruas jalan saling terhubung dalam jaringan komunikasi radio yang bekerja di frekuensi 433 MHz. Salah satu ruas jalan berperan sebagai *master* dan ruas jalan lainnya berperan sebagai *slave* dimana *master* berperan untuk mengontrol *slave*. Dari percobaan yang sudah dilakukan, alat sudah berhasil mendeteksi kemacetan dengan akurat dan mampu untuk saling berkomunikasi antar lampu lalu lintas. Alat juga sudah dapat mengolah data kemacetan dan menghasilkan *delay* lampu hijau untuk masing-masing lampu lalu lintas.

Kata Kunci

Lampu lalu lintas, komunikasi jaringan radio, HC-12, HC-SR04, komunikasi serial, UART.

1. PENDAHULUAN

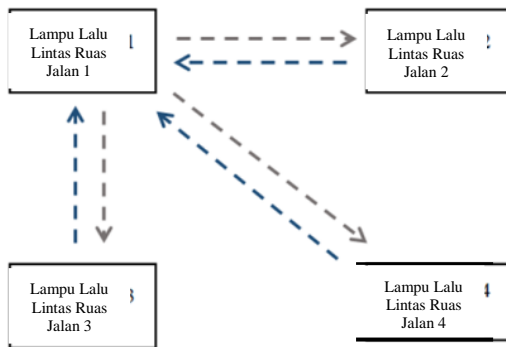
Kemacetan adalah situasi atau keadaan tersendatnya atau bahkan terhentinya lalu lintas yang disebabkan oleh banyaknya jumlah kendaraan melebihi kapasitas jalan. Kemacetan banyak terjadi di kota-kota besar, terutamanya yang tidak mempunyai transportasi publik atau system lalu lintas yang tidak baik atau memadai ataupun juga tidak seimbang kebutuhan jalan dengan kepadatan penduduk[1]. Kemacetan seringkali terjadi di kota-kota besar. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya penambahan volume kendaraan yang tidak sebanding dengan bertambahnya volume jalan, kemudian banyaknya aktifitas orang luar Kota Bandung yang beraktifitas di Kota Bandung, dan kurang efektifnya sistem lalu lintas di Kota Bandung. Kota Bandung memiliki 3.7 juta penduduk di siang hari dan 2.5 juta penduduk di malam hari. Itu artinya 1.2 juta penduduk luar kota beraktifitas di Kota Bandung. Sedangkan Kota Bandung hanya di desain untuk menampung 500 ribu penduduk [2]. Hal ini sudah pasti menambah volume kendaraan pada ruas jalan di Kota Bandung. Berbagai upaya telah dilakukan pemerintah untuk mengatasi kemacetan,

seperti pembangunan *fly over* untuk menghindari persimpangan jalan, didukungnya perkembangan transportasi umum dan adanya rekayasa jalan. Namun dengan berbagai upaya tersebut, tingkat kemacetan di Kota Bandung masih tinggi. Pusat kemacetan berada di persimpangan jalan. Untuk mencari tahu bagaimana sistem yang digunakan instansi negara untuk mengatur lampu lalu lintas, maka dilakukan survey ke ATCS (Area Traffic Control System) Kota Bandung. Setelah survey yang telah dilakukan di ATCS Kota Bandung, dapat diketahui bahwa sistem pengaturan lampu lalu lintas kebanyakan masih dilakukan secara manual di pusat kontrol ATCS yang di-remote dengan menggunakan kabel fiber optik. Hal ini pun memiliki beberapa kekurangan, diantaranya harus memiliki petugas yang selalu memantau lalu lintas selama 24 jam penuh, memakan biaya yang cukup mahal dan yang terakhir ialah pembagian waktu lampu lalu lintas yang kurang efektif dikarenakan setiap *delay* lampu lalu lintas yang ditentukan secara manual. Untuk mengatasinya maka diperlukan sistem otomatis tanpa kendali manusia dan dapat cukup efektif membagi waktu lampu hijau pada lampu lalu lintas di setiap persimpangan sehingga dapat menekan angka

kemacetan. Sistem ini akan menentukan *delay* setiap lampu lalu lintas berdasarkan skala prioritas setiap ruas jalan yang ditentukan dari tingkat kemacetan setiap ruas jalan yang dimana tingkat kemacetan tersebut sudah otomatis terdeteksi melalui menggunakan sensor ultrasonik. Setiap ruas jalan memiliki mikrokontrolernya masing-masing untuk mengambil dan mengolah data kemacetan yang didapat dari sensor ultrasonik. Selanjutnya, mikrokontroler di setiap ruas jalan akan mengirimkan data kemacetannya ke mikrokontroler utama yang berperan sebagai *master* dengan komunikasi menggunakan jaringan radio yang bekerja pada frekuensi 433 MHz. Untuk proses pengiriman dilakukan dengan menggunakan protokol komunikasi yang telah ditentukan dengan komunikasi UART (*Universal Asynchronous Reciever Transmitter*). Alat ini kemudian akan diuji keberhasilannya dalam mendeteksi kemacetan, komunikasi data antar lampu lalu lintas, dan *delay* lampu hijau yang akan dihasilkan.

2. METODOLOGI

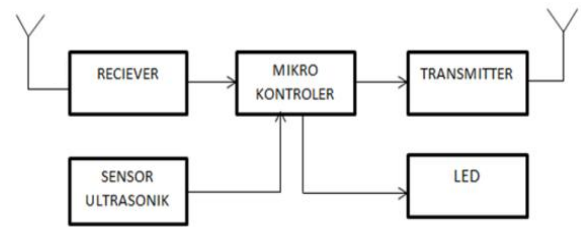
2.1 Blok Diagram



Gambar 1. Blok Diagram Jaringan Sistem

Gambar 1 merupakan blok diagram jaringan sistem dimana pada blok diagram tersebut menjelaskan arah komunikasi jaringan pada sistem. Alat tersebut memiliki sistem *master* dan *slave* dimana ruas jalan 1 berperan sebagai *master* dan ruas jalan lainnya berperan sebagai *slave*. Ruas jalan 1 akan mengirimkan kode *request* kepada masing-masing ruas jalan yang berperan sebagai *slave* untuk mengirimkan data kemacetan masing-masing ruas jalan. Protokol *request* yang dilakukan *master* ini menggunakan format pesan ID *master* – ID *slave* yang dituju – kode *request*. Pesan yang dikirim oleh *master* ini akan di-*broadcast* ke seluruh *slave* dan nantinya setiap *slave* akan mengidentifikasi alamat paket dan mencocokkan dengan ID alamatnya. Selanjutnya apabila ID alamat yang dituju dan ID alamat *slave* sudah, maka *slave*

akan mengirimkan data kemacetan terkini kepada *master* dengan format paket ID *slave* pengirim – ID *master* – data kemacetan. Paket tersebut juga akan di-*broadcast* ke seluruh lampu lalu lintas ruas jalan, namun paket hanya akan teridentifikasi dan diproses oleh *master*. Selanjutnya data kemacetan dari tiap-tiap ruas jalan diolah oleh *master* dan menghasilkan *output delay* lampu hijau dan *delay* lampu merah untuk masing-masing ruas jalan. Selanjutnya, *master* akan mengirimkan data *delay* lampu hijau ke ruas jalan yang dituju dengan format paket ID *master* – ID tujuan – *delay* lampu hijau tujuan.



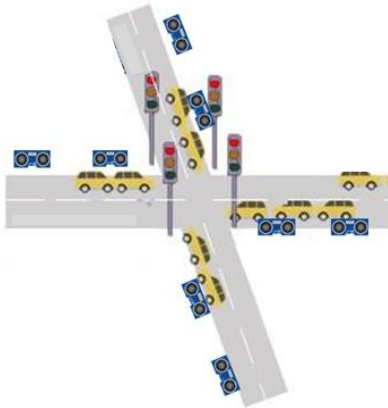
Gambar 2. Blok Diagram Alat

Gambar 2 merupakan blok diagram sistem di masing-masing lampu lalu lintas. Sistem pada masing-masing lampu lalu lintas memiliki mikrokontroler sebagai pengatur utama sistem. Mikrokontroler yang dipakai adalah ATmega328P. Input dari mikrokontroler ada 2 yaitu sensor ultrasonik dan *reciever* dari modul RF komunikasi serial HC-12. Sensor ultrasonik bertugas sebagai pendeteksi kemacetan. Sensor ini kemudian akan mengirim data kemacetan ke mikrokontroler melalui kabel jaringan RJ45. Lalu data dari sensor ultrasonik tersebut diolah oleh program yang sudah ada di mikrokontroler. Sedangkan *reciever* modul HC-12 akan mengirimkan data kepada mikrokontroler ketika menerima data dari modul HC-12 di lampu lalu lintas ruas jalan lainnya. Kedua data dari input tersebut akan diolah oleh program yang sudah ada di mikrokontroler. Mikrokontroler *master* akan menghasilkan *output delay* lampu lalu lintas yang tepat untuk lampu lalu lintas ruas jalannya dan lampu lalu lintas ruas jalan lainnya yang akan dikirimkan melalui *transmitter* modul HC-12, sedangkan lampu lalu lintas *slave* akan mengeluarkan *output delay* lampu lalu lintas ruas jalan dirinya dan akan mengirimkan data kemacetan ruas jalannya kepada *master*.

2.2 Spesifikasi Alat

Alat ini merupakan lampu lalu lintas yang bekerja dengan otomatis tanpa bantuan kendali manusia yang dapat bekerja 24 jam penuh. Alat ini menentukan *delay* lampu hijau untuk masing-masing lampu lalu lintas di setiap ruas jalan pada persimpangan dengan memperhitungkan tingkat kemacetan dari masing-masing ruas jalan. alat ini mampu menghasilkan *delay* lampu hijau minimal 44 detik dan maksimal 109.5

detik tergantung kondisi kemacetan persimpangan tersebut. *delay* lampu hijau diperitungkan berdasarkan tingkat kemacetan dari masing-masing ruas jalan pada persimpangan menggunakan rumus dan algoritma tertentu. Untuk dapat mengolah data-data kemacetan dari setiap persimpangan maka dibutuhkan jaringan komunikasi antar lampu lalu lintas di setiap ruas jalan untuk memberikan informasinya. Jaringan komunikasi yang dipakai ialah jaringan komunikasi radio yang bekerja di frekuensi 433 MHz. Untuk pendeteksian kemacetan, alat ini mengandalkan sensor ultrasonik sebagai deteksi kemacetan. Sensor ultrasonik tersebut akan dipasang disetiap ruas jalan pada persimpangan. Sensor yang dipasang tidak hanya satu, melainkan tiga sensor pada setiap ruas jalan. Setiap sensor dipasang sejauh 50 meter satu sama lainnya sehingga kemacetan yang terdeteksi nantinya ialah kemacetan sepanjang 50 meter atau 100 meter dan atau 150 meter.



Gambar 3. Ilustrasi Alat

Gambar 3 merupakan gambar yang menunjukkan ilustrasi alat dan memperlihatkan ilustrasi bagaimana alat bekerja.

2.3 Alat yang Digunakan

1. ATmega328P

ATmega 328P merupakan mikrokontroler keluaran Atmel yang memiliki arsitektur *reduce instructure set computer* (RISC). ATmega328P ini memiliki beberapa keunggulan diantaranya ATmega328P ini memiliki 32 x 8-bit register serbaguna yang dapat mendukung operasi pada *arithmetic logic unit* (ALU) untuk dapat mengeksekusi instruksi-instruksi dalam setiap satu siklus clock. ATmega328P juga memiliki *Electrically Erasable Programmable Read Only Memory* (EEPROM) sebesar 1 KB yang berfungsi sebagai memori data semi permanen yang tetap menyimpan data walaupun catu daya dimatikan.



Gambar 4. ATmega328P

2. Modul Komunikasi RF UART HC-12

RF Modul HC-12 adalah modul komunikasi serial UART yang bekerja pada frekuensi 433.4 – 470.3 MHz. HC-12 memiliki 100 *channel* yang berbeda. Setiap *channel* memiliki frekuensi yang berbeda 400 KHz dari frekuensi sebelumnya. HC-12 memiliki daya transmisi maksimal sebesar 100mW (20dBm), dan -116dBm sensitivitas udara pada *reciever* di 5000bps *baud rate* pada jarak komunikasi sekitar 500 meter. Modul ini memiliki 4 mode transmisi yaitu FU1, FU2, FU3, dan FU4, semakin tinggi mode yang digunakan, maka semakin tinggi juga daya yang dikonsumsi. Dan semakin tinggi juga jarak transmisi data. Modul HC-12 ini menggunakan modulasi GFSK. Modul HC-12 melakukan proses penumpangan data serial digital ke frekuensi pembawa dengan frekuensi yang lebih tinggi untuk kemudian dipancarkan ke udara oleh pemancar. Pada penerima frekuensi pembawa yang mengandung data ditangkap dan dipisahkan dari data yang dibawa.



Gambar 5. RF Modul HC-12

3. High Power Light Emittin Diode

LED atau *Light Emitting Diode* merupakan salah satu jenis dari dioda penyearah yang dapat merubah energi listrik menjadi energi cahaya ketika mendapat catu daya yang tepat. LED sering kali digunakan sebagai lampu indikator, pencahayaan, dan lain-lain. Dikarenakan kegunaan LED yang cukup beragam, maka LED pun memiliki berbagai macam jenis berdasarkan tingkat intensitas kecerahan cahayanya. Semakin cerah cahaya yang dihasilkan LED maka semakin tinggi daya yang dikonsumsi. LED yang digunakan pada lampu lalu lintas harus memiliki intensitas kecerahan cahaya yang cukup tinggi dikarenakan LED ini berfungsi sebagai indikator para pengguna jalan baik itu di malam hari ataupun di siang hari yang terik. Oleh karena itu LED yang dipakai adalah LED dengan jenis *High Power Light Emitting Diode* (HPL). HPL memiliki jenis yang beragam tergantung dari dayanya yang dikonsumsi. Untuk

indikator lampu lalu lintas dipilihlah HPL dengan daya 3 watt. HPL ini tidak memakan arus yang terlalu besar, hanya sekitar 600 mA. HPL 3 watt ini memiliki intensitas cahaya yang cukup terang dan tidak terlalu membuat silau mata pengguna jalan.



Gambar 6. High Power LED

4. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik merupakan sensor yang berfungsi untuk mengukur jarak suatu benda dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik. Cara kerja dari sensor ini ialah dengan memancarkan gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik ini kemudian akan terpantul oleh objek benda yang ada dihadapannya. Gelombang pantulan ini akan ditangkap kembali oleh sensor. Kemudian lama waktu semenjak sensor memancarkan gelombang hingga sensor menangkap pantulan gelombang akan dikonversikan menjadi jarak dengan rumus kecepatan yaitu jarak dibagi waktu. Maka dari itu setiap 29.4 ms waktu yang dibutuhkan sensor untuk memancarkan dan menangkap gelombang ultrasonik sama dengan 1 mm jarak benda.

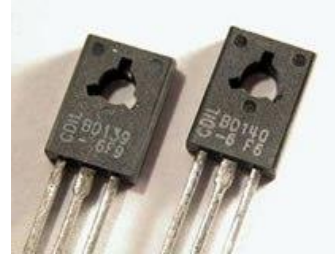


Gambar 7. Sensor Ultrasonik

5. Bipolar Junction Transistor (BJT) BD149

Transistor merupakan suatu komponen elektronika yang terdiri dari tiga lapis bahan semikonduktor. Transistor memiliki beberapa fungsi diantaranya sebagai penguat dan *switching*. Transistor dibutuhkan dalam rangkaian lampu lalu lintas kali ini ialah sebagai *switching* pengganti saklar. Transistor memiliki beberapa jenis yang berbeda, salah satunya ialah *bipolar junction transistor* (BJT). Transistor bipolar sangat cocok untuk rangkaian *switching* dikarenakan transistor bipolar memiliki kecepatan *switching* yang lebih cepat dibanding jenis transistor yang lain. Transistor bipolar yang dipakai pada rangkaian ini ialah transistor bipolar BD139. Transistor BD139 dipilih dikarenakan transistor ini mampu menampung arus yang tinggi di kaki *collector*-nya yaitu maksimal sebesar 1.5 A sedangkan jenis transistor bipolar lainnya kebanyakan hanya dapat menampung arus

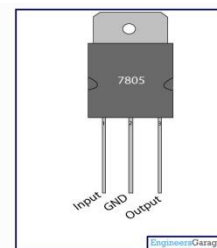
maksimal di kaki *collector* sebesar 100-500 mA. Hal ini masuk dalam pertimbangan dikarenakan pada rangkaian *switching* kaki *collector* pada transistor akan terhubung dengan HPL yang memiliki arus sebesar 600 mA.



Gambar 8. Transistor BJT BD139

6. Voltage Regulator 7805

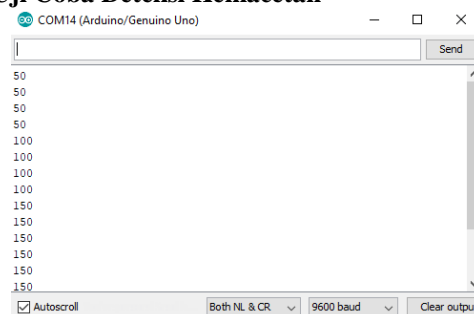
Voltage regulator ialah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mempertahankan *output* tegangan dengan *range* tegangan *input* tertentu. Pada lampu lalu lintas ini dibutuhkan catu daya sebesar 5V untuk menjalankan sistem keseluruhan, sedangkan *input* tegangan yang digunakan ialah dengan menggunakan *power supply* 12V, oleh karena itu digunakanlah *voltage regulator* 7805 yang dapat menurunkan tegang menjadi 5V saja. Tegangan *input* harus berada pada *range* 12V - 13V, apabila kurang dari itu, maka *output* dari *voltage regulator* 7805 tidak akan akan stabil atau kurang dari 5V.



Gambar 9. IC Regulator 7805

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Coba Deteksi Kemacetan

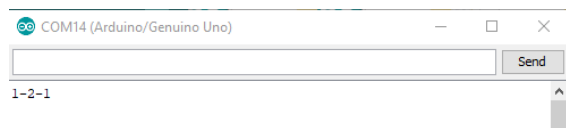


Gambar 10. Deteksi kemacetan

Gambar 10 adalah hasil deteksi kemacetan yang dilakukan oleh sensor ultrasonik yang hanya dapat dilihat melalui serial monitor. Empat data teratas merupakan data ketika sensor ditempatkan pada jarak sejauh 50 meter dari lampu lalu lintas, empat data selanjutnya merupakan data ketika sensor ditempatkan pada jarak sejauh 100 meter dari lampu lalu lintas dan data-data selanjutnya merupakan data ketika sensor ditempatkan pada jarak sejauh 150 meter dari lampu lalu lintas. Sensor tersebut mendeteksi ketika ada objek yang terdeteksi didepan sensor tersebut.

3.2 Uji Coba Pengiriman Data

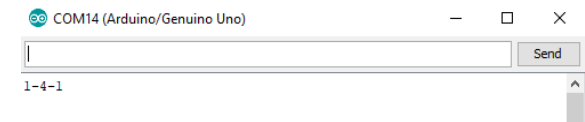
Untuk menghitung delay lampu hijau setiap ruas jalan dihitung oleh program yang sudah diupload ke mikrokontroler salah satu lampu lalu lintas ruas jalan. Lampu lalu lintas ruas jalan tersebut berperan sebagai *master* yang akan mengendalikan lampu lalu lintas ruas jalan lainnya yang berperan sebagai *slave*. ID untuk *master* ialah "1", sedangkan ID untuk *slave* adalah "2", "3" dan "4". Untuk mendapatkan data kemacetan *slave*, maka *master* akan terlebih dahulu mengirimkan kode *request* dengan format pesan yang dikirim ID pengirim – ID penerima – kode *request*. Kode untuk *request* adalah "1". Pesan *request* yang dikirim master ke *slave* yang dituju dapat dilihat pada gambar 11 hingga gambar 13.



Gambar 11. Pengiriman *Request* Oleh *Master* ke *Slave* 2

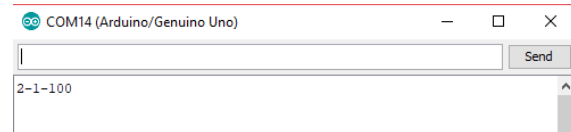


Gambar 12. Pengiriman *Request* Oleh *Master* ke *Slave* 3

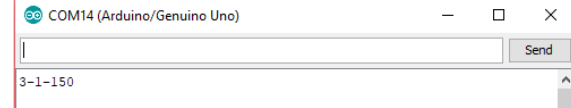


Gambar 13. Pengiriman *Request* Oleh *Master* ke *Slave* 4

Selanjutnya setelah *master* sudah mengirimkan *request* ke *slave* yang dituju, *slave* tersebut akan memberikan *response* dengan mengirimkan data kemacetannya dengan format pesan ID pengirim – ID penerima – tingkat kemacetan. Hasil pesan *response* yang dikirim oleh masing-masing *slave* kepada *master* dapat dilihat pada gambar 14 hingga gambar 16.



Gambar 14. Pengiriman Pesan *Response Slave* 2 kepada *Master*



Gambar 15. Pengiriman Pesan *Response Slave* 3 kepada *Master*



Gambar 16. Pengiriman Pesan *Response Slave* 4 kepada *Master*

3.3 Delay Lampu Hijau yang Dihasilkan

Tabel 1. Delay lampu Hijau yang Dihasilkan

Kemacetan ruas jalan 1 (meter)	Kemacetan ruas jalan 2 (meter)	Kemacetan ruas jalan 3 (meter)	Kemacetan ruas jalan 4 (meter)	Delay Lampu Hijau ruas jalan 1 (detik)
50	50	50	50	77
50	50	50	100	66
50	50	100	100	55
50	100	100	100	44
100	100	100	100	69
100	100	100	150	55.5
100	100	150	150	42
100	150	150	150	28.5
150	150	150	150	51
150	150	150	50	73.5
150	150	50	50	82.5
150	50	50	50	109.5

tabel hasil dari perhitungan dapat kita lihat pada tabel 1. Pada tabel 1, program untuk menentukan *delay* lampu hijau yang tepat untuk lampu lalu lintas ruas jalan yang diinginkan. Lampu lalu lintas ruas jalan 1 disini meruakan lampu lalu lintas ruas jalan yang ingin dihitung *delay* lampu hijaunya. Oleh karena itu unuk menghitung *delay* lampu hijau ruas jalan 1 dibutuhkan data kemacetan dari setiap ruas jalan. dari data kemacetan tersebut dihitung dan didapatkan *delay* lampu hijau ruas jalan 1. Jika dilihat dari *delay* lampu hijau yang dihasilkan *delay* lampu hijau tersebut masih

tidak terlalu memakan waktu yang terlalu lama jika dibandingkan dengan *delay* lampu hijau di persimpangan yang ada di kota-kota besar. Dikarenakan seringkali *delay* lampu hijau yang ada di persimpangan kota-kota besar terlampaui lama untuk setiap ruas jalannya. Padahal, tidak semua ruas jalan memiliki tingkat kemacetan yang sama, akibatnya tingkat kemacetan di ruas jalan tertentu akan semakin tinggi dikarenakan terlalu lama menunggu *delay* lampu hijau di ruas jalan lainnya. Seperti perembatan kiaracandong – Soekarno-Hatta Kota Bandung yang memakan waktu untuk *delay* lampu hijau setiap ruas jalan selama 2-5 menit.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dibahas sebelumnya pada sub-bab 3, dapat disimpulkan bahwa:

1. Deteksi kemacetan kurang presisi dikarenakan kemacetan hanya dapat dideteksi dalam 3 tipe kemacetan yaitu kemacetan tingkat rendah sepanjang 50 meter, kemacetan tingkat menengah sepanjang 100 meter, dan kemacetan tingkat tinggi sepanjang 150 meter. Untuk mendapatkan hasil *delay* lampu hijau yang lebih efektif sebaiknya tipe kemacetan lebih banyak dari sebelumnya. Namun, pendeteksian kemacetan dengan sensor ultrasonik memakan biaya yang lebih murah.
2. Tidak adanya *error correction* pada pengiriman data. Namun selama pengujian tidak pernah ada

error pada proses pengiriman data dikarenakan antar lampu lalu lintas dalam kondisi *line of sight*.

3. Alat sudah dapat berfungsi dengan baik sebagaimana mestinya dikarenakan alat sudah dapat mendeteksi kemacetan dengan akurat dan dapat menghasilkan *delay* lampu hijau untuk setiap ruas jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T.J.On, P.B.Mardjoko, N.Martono, "Sistem pengaturan lampu lalu lintas secara sentral dari jarak jauh", vol. 2, no. 2, pp. 71-78, Oktober 2007
- [2] S.Jatmika, I.Atmoko, "Simulasi lampu lalu lintas berdasarkan data image processing kepadatan kendaraan berbasis mikrokontroler Atmega16", vol. 8, no. 2, pp. 81-96, Agustus 2014
- [3] A.Y.Yudanto, M.Apriyadi, K.Sanjaya, "Optimalisasi lampu lalu lintas menggunakan fuzzy logic", vol. 5, no. 2, pp. 58-62, Desember 2013
- [4] R.Megasari, Lukman, K.Novianingsih, "Optimasi delay lampu hijau lalu lintas pada persimpangan dengan logika fuzzy metode mamdani", vol. 5, no. 2, 2017
- [5] G.L.Djavendra, S.Aisyah, E.R.Jamzuri, "Desain sistem pengatur lampu lalu lintas dengan identifikasi kepadatan kendaraan menggunakan metode subtraction", vol. 7, no.2, pp. 130-137, Juli 2018
- [6] I.P.Tama, R.A.Sar, F.Umar, "Analisa durasi lampu lalu lintas menggunakan metode simulasi", vol. 4, no. 2, pp. 130-140, 2016