

Implementasi Kendali Palang Pintu Kereta Api Menggunakan IR Sensor dan NRF24L01

Bagus Priyo Pangestu¹, Barlian Henryranu Prasetyo², Gembong Edhi Setyawan³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹baguspriyop@gmail.com, ²barlian@ub.ac.id, ³gembong@ub.ac.id

Abstrak

Perlintasan kereta api merupakan sebuah persilangan dimana bertemunya jalur kereta api dengan jalan, baik jalan raya atau jalan setapak lainnya. Di Indonesia, banyak kasus kecelakaan pada area tersebut yang disebabkan kurangnya penjagaan dan tidak dilengkapinya fasilitas palang pintu kereta, sehingga sering menimbulkan korban jiwa. Selain itu, terdapat juga beberapa kasus kecelakaan pada area perlintasan kereta api dikarenakan adanya faktor *human error* seperti pengguna jalan yang kurang disiplin atau kelalaian pada petugas palang pintu yang menyebabkan tidak berjalannya palang pintu sebagaimana fungsinya. Untuk mengurangi faktor kecelakaan diatas, maka dirancanglah sebuah sistem kendali palang pintu kereta api secara otomatis dengan mengkombinasikan beberapa *ir sensor* atau sensor infrared sebagai hitung kendaraan dan baca kecepatan kereta. Berdasar dua *input* tersebut, maka dihasilkan sebuah *output* berupa keputusan pergerakan palang. Keputusan pergerakan palang diatur menggunakan logika *fuzzy sugeno* yang nantinya menghasilkan pergerakan palang bergerak cepat, sedang atau lama. Untuk komunikasi pengiriman data dilakukan secara *wireless* menggunakan modul nrf24l01. Dalam eksekusi keseluruhan program ketika dijalankan, didapatkan 9971 sampai dengan 10071 *milisecond* palang akan menutup cepat, 13031 sampai dengan 13080 *milisecond* palang akan menutup sedang dan 22461 sampai dengan 22571 *milisecond* palang akan menutup lama dengan performa pengiriman data secara *wireless* 460 sampai dengan 580 *milisecond* dengan kesimpulan sistem bekerja sesuai yang diinginkan dengan eksekusi program dalam melakukan sebuah keputusan kurang dari batas waktu yang ditetapkan yaitu 61,2 detik yang merupakan waktu tempuh kereta sebelum sampai pada pintu perlintasan kereta api dengan kecepatan maksimal 60 km/jam dengan perbandingan *error* waktu sistem dan waktu *realtime* 4,6 %.

Kata Kunci: palang pintu kereta api, sistem pendukung keputusan, fuzzy, NRF24L01

Abstract

Crossings train is a cross where meetings of railway line with the way , the highway or a trail other. In indonesia , many cases accident in the area were caused lack of keys no have facilities cross bar train , hence often to cause casualties .In addition , there are also some cases accident on an area of crossings train because the factors human error like road users lacking in discipline or guard at the cross bar that causes inactive of cross bar as its function .To reduce factors accident above , so designed a system control cross bar train automatically with combined some ir sensors or sensor infrareds as count vehicles and read the speed of a train. Based two of the input , so produced a decision of output the movement of cross. The movement of the decision cross arranged using fuzzy logic sugeno which will produce cross movement move quickly , medium or slowly. For communication the submission of the data in wireless using module nrf24l01. Into execution of the entire program when run , 9971 been gained up to cross 10071 milisecond will close fast , 13031 up to cross 13080 milisecond will close medium and 22461 up to cross 22571 milisecond will close slowly with delivery performance data is wireless 460 up to 580 milisecond by inference a system of working to fit as desired with the execution of the program in do a decision less than a time limit set 61.2 seconds that is the train travel time prior to the the crossing gate railway with the top speed of 60 km per hour with error ratio 4.6 % between system time and realtime.

Keywords: railway gate, decision support system, fuzzy, NRF24L01

1. PENDAHULUAN

Sistem transportasi memiliki peranan penting dalam mendukung pembangunan nasional. Sebagai bagian dari sistem perekonomian, transportasi dibutuhkan dalam menjamin terselenggaranya mobilitas penduduk maupun barang. Angkutan darat, sebagai bagian dari sistem transportasi, turut memberikan kontribusi dalam peningkatan suatu wilayah. Hal ini dapat dilihat pada daerah-daerah yang umumnya memiliki jaringan angkutan darat akan memiliki pertumbuhan ekonomi yang lebih cepat (Statistik, 2014).

Salah satu contoh alat transportasi darat yang paling dominan dan diandalkan di Indonesia adalah kereta api. Hal ini dikarenakan kereta api memiliki kelebihan lain terutama sebagai solusi dari masalah kemacetan. Terlepas dari hal itu, sering kita mendengar atau melihat berita tentang kecelakaan yang diakibatkan oleh kereta api. Berdasarkan kasusnya, kecelakaan kereta api bertabrakan dengan kendaraan bermotor pada tahun 2004 – 2010 mencapai 139 kasus (Nugroho, 2011). Salah satu penyebab kecelakaan yang sering terjadi adalah kecelakaan pada area perlintasan kereta dan jalan raya, dimana tidak adanya palang pintu kereta api pada area tersebut. Penyebab lain dari kecelakaan disekitar perlintasan kereta api adalah tidak berfungsinya palang pintu kereta dikarenakan kendali yang masih manual (Pwint, 2014) yang tidak menutup kemungkinan terjadinya *human error* dimana kelalaian yang disebabkan oleh penjaga palang kereta api itu sendiri dapat berakibat buruk dan berbahaya bagi pengguna jalan raya. Berdasarkan data statistik Indonesia, angka kecelakaan kereta api mencapai 98% yang semuanya diakibatkan oleh faktor manusia (Findiastuti, 2005). Dalam hal ini juga, pengguna jalan yang tidak patuh dan disiplin juga berpotensi menyebabkan kecelakaan pada area perlintasan kereta api (Firmansyah, 2008).

Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2007 tentang perkeretaapian pasal 124 diatur, “Pada perpotongan sebidang antara jalur kereta api dan jalan, pemakai jalan wajib mendahulukan perjalanan kereta api”. Seperti yang diketahui, kereta api merupakan salah satu transportasi perhubungan darat yang memiliki karakteristik berbeda dengan kendaraan bermotor di jalan raya karena dalam perjalanannya tidak mudah dihentikan secara mendadak. Akan tetapi, apa

yang terlihat dilapangan justru banyak pelanggaran yang dilakukan oleh pengguna jalan raya dengan menerobos pintu perlintasan kereta api (Dwiantoro, 2008).

Tercatat dari 8.385 perlintasan kereta api di seluruh Indonesia, hanya 1.145 pintu perlintasan yang dijaga dan sisanya 7.240 pintu perlintasan tidak dijaga dan tidak berpalang. Hal ini disebabkan kurangnya Sumber Daya Manusia yang ada di Indonesia (Prayoga, 2013). Idealnya, sesuai Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 27 tentang perkeretaapian dalam pasal 91 ayat 1, “Perpotongan antara jalur kereta api dan jalan dibuat tidak sebidang”. Jalan raya dibuat naik seperti *flyover* atau turun dengan dibuat terowongan atau *underpass*. Ketentuan ini belum sepenuhnya dapat dilaksanakan, karena alasan pembangunan *flyover* atau *underpass* memerlukan tanah yang luas dan biaya besar (kompasiana, 2014). Untuk itu, dibutuhkannya peningkatan jumlah pintu perlintasan kereta api yang aman dan efisien untuk mengurangi terjadinya kecelakaan pada perlintasan kereta api.

Dalam usaha mendukung pemerintah dalam mengurangi korban akibat kecelakaan pada area perlintasan kereta api yang disebabkan *human error* atau pengguna jalan raya yang kurang disiplin, maka dibutuhkan palang pintu otomatis sebagai solusinya. Rancangan sistem yang ada saat ini terbatas secara kabel yang dinilai kurang efisien karena mempunyai jangkauan yang terbatas, proses instalasi yang mahal serta membutuhkan perawatan yang banyak (Bustoni, 2014).

Wireless merupakan jaringan komputer yang menggunakan gelombang elektromagnetik sebagai pengiriman data. *Wireless* mempunyai kelebihan dalam mobilitas dan produktivitas yang tinggi, kemudahan instalasi, fleksibilitas, serta jangkauan yang lebih luas (Bustoni, 2014). NRF24L01 merupakan sebuah *module low power* menggunakan gelombang radio 2,4 Ghz. Setiap modul dari NRF24L01 dapat mengirim dan menerima data secara *serial* (nordicsemi.com).

Oleh sebab itu penulis membuat sistem implementasi kendali palang pintu kereta api menggunakan ir sensor dan NRF24L01. Sistem ini akan mengendalikan palang kereta api secara otomatis berdasarkan *input* yang berupa kecepatan kereta dan jumlah kendaraan yang melintasi perlintasan kereta api saat itu. Dengan menggunakan logika *fuzzy Sugeno* maka akan diperoleh *output* yang berupa pergerakan palang

kereta yang akan menutup secara lama, sedang, dan cepat berdasar dua *input* di atas. Kelebihan lain dari sistem yang dibangun adalah komunikasi antar sensor dalam mengendalikan palang pintu kereta api otomatis dilakukan secara *wireless*. Penelitian ini menggunakan studi kasus perlintasan kereta api yang berada di jalan raya Karanglo, Karangploso, Malang.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka didapatkan rumusan masalah yaitu cara merancang sistem kendali pintu kereta api menggunakan ir sensor dan nrf24101 berdasarkan kecepatan kereta api dan jumlah kendaraan dengan memanfaatkan logika *fuzzy sugeno*. Lalu, bagaimana perbandingan dalam mengambil keputusan menggunakan logika *fuzzy sugeno*. Bagaimana performa terhadap waktu tempuh kereta dengan kecepatan maksimal.

2. METODE

Berdasarkan SK Dirjen No. 770 Tahun 2005 dijelaskan bahwa perlintasan sebidang antara jalan dengan jalur kereta api terdiri dari perlintasan sebidang yang dilengkapi dengan pintu baik otomatis maupun tidak (Dephub, 2005). Dalam penerapannya, suatu benda yang bergerak mempunyai kecepatan (*velocity*) dan laju (*speed*). Dua kata tersebut mempunyai arti yang berbeda seperti halnya perpindahan dan jarak. Kecepatan merupakan besaran *vector*, sebab selain memiliki besaran juga memiliki arah. Besarnya bergantung pada arah gerak benda. Sedangkan laju merupakan besaran *scalar*, yang hanya memiliki besar saja dan tidak tergantung pada arah gerak benda (Tim Penyusun, 2008). Oleh karena itu, dalam pembahasan gerak lurus, selalu dianggap bahwa kelajuan merupakan nilai atau besar dari kecepatan dan jarak dianggap sama dengan perpindahan. Sehingga, apabila menghitung besar kecepatan, sudah sekaligus menghitung besar kelajuan. Anggapan itu hanya berlaku untuk bergerak lurus dengan arah selalu positif terhadap titik acuan.

Apabila kita ingin mencari kecepatan, dapat menggunakan rumus berikut:

$$V = \frac{s}{t} \tag{1}$$

Dengan:

- V = Kecepatan tetap (m/s)
- s = Jarak atau perpindahan (m)
- t = Waktu (sekon)

Apabila ingin mencari jarak yang ditempuh,

dapat menggunakan rumus berikut:

$$s = V \cdot t \tag{2}$$

Dengan:

- V = Kecepatan tetap (m/s)
- s = Jarak atau perpindahan (m)
- t = Waktu (sekon)

Sedangkan untuk mencari waktu tempuh, dapat menggunakan rumus berikut:

$$t = \frac{s}{v} \tag{3}$$

Dengan:

- V = Kecepatan tetap (m/s)
- s = Jarak atau perpindahan (m)
- t = Waktu (sekon)

Penggunaan rumus di atas nantinya akan diterapkan dalam mencari nilai tempuh kereta api serta penerapan pada sensor baca kecepatan kereta api.

Selanjutnya, sebagai metode penentu keputusan, sistem menerapkan metode logika *fuzzy sugeno*. Logika *fuzzy* sendiri merupakan sebuah metode untuk memetakan ruang lingkup *input* dan *output* (Susilo, 2006).

Pada penalaran *fuzzy sugeno*, *output* sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, namun berupa konstanta atau persamaan linear dengan komputasi yang efisien. Untuk mendapatkan *output*, maka terdapat 4 langkah sebagai berikut:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*.
2. Aplikasi fungsi implikasi (*rule*).
3. Komposisi aturan.
4. Defuzzifikasi.

Pada metode *fuzzy sugeno*, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min, yaitu mencari nilai terkecil antar nilai anggota sesuai *rule*. Selanjutnya, pada defuzzifikasi (Z) dilakukan dengan mencari nilai rata-rata dengan menggunakan persamaan

$$Z = \frac{(\alpha - \text{pred1} * Z1) + (\alpha - \text{pred2} * Z2) + (\alpha - \text{pred3} * Zn)}{(\alpha - \text{pred1}) + (\alpha - \text{pred2}) + (\alpha - \text{predn})} \tag{4}$$

Nilai $\alpha - \text{pred}$ merupakan hasil perpotongan yang diperoleh dari persamaan pada kurva. sedangkan nilai Zn merupakan kemungkinan yang dimiliki masing-masing *output*. Pada akhirnya, nilai Z akan dilakukan pembulatan apabila angka pertama dibelakang koma lebih besar atau sama dengan 5 maka

dibulatkan menjadi angka di atasnya (Susilo, 2006).

Pada sistem ini, pengiriman data akan dilakukan secara *wireless* dengan menggunakan *Wireless Sensor Network* atau sensor jaringan nirkabel yang merupakan suatu jaringan nirkabel yang terdiri dari beberapa sensor yang diletakkan di tempat yang berbeda dan dilengkapi dengan peralatan sistem komunikasi (Tjahjono, 2015), untuk itu maka penulis menggunakan modul nrf24l01 sebagai media pengiriman data.

Nrf24l01 sendiri adalah sebuah modul komunikasi jarak jauh dengan *single chip RF transceiver* yang ditunjukkan untuk aplikasi gelombang 2,400 – 2,4835 GHz ISMband. Nrf24l01 menggunakan antarmuka SPI untuk komunikasi dengan tegangan input 5V DC, dengan jarak jangkauan hingga 100 meter (*nordicsemi.com*).

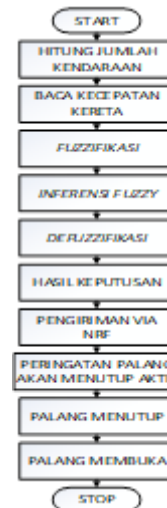
Sebagai pengolah data, sistem ini menggunakan Arduino UNO yang merupakan *board* berbasis mikrokontroler pada ATmega328. *Board* ini memiliki 14 pin digital input dan output, 6 input analog, 16 MHz quartz crystal, sebuah USB, power jack, dan switch reset. Dalam pemakaiannya, cukup menghubungkan *board* Arduino UNO ke computer dengan menggunakan USB dan AC adaptor sebagai power utamanya (*arduino.cc*).

Selanjutnya, sensor yang digunakan adalah *E18-D80NK Infrared Proximity Sensor* yang merupakan salah satu jenis sensor yang berfungsi untuk mendeteksi ada tidaknya suatu objek. Cara kerja sensor ini dengan cara memancarkan medan elektromagnetik dan mencari perubahan bentuk medan elektromagnetik pada saat objek terdeteksi. Dalam pendeteksian objek, sensor ini mempunyai batas minimum 3 cm dan maksimal 80cm. Sensor ini akan nantinya akan digunakan sebagai sensor hitung jumlah kendaraan, baca kecepatan kereta dan buka palang.

Sebagai *output* gerak palang, menggunakan modul motor servo terdiri dari sebuah motor, gear, potensiometer dan rangkaian kontrol lainnya. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Servo dapat diprogram dan dikontrol dengan sudut antara 0° sampai 180° (*arduino.cc*) dan menggunakan *buzzer* dan LED sebagai tanda peringatan sebelum palang kereta api menutup. *Buzzer* adalah suatu komponen elektronika yang biasanya digunakan untuk indicator atau penanda peringatan. Cara Kerja *buzzer* sendiri

adalah dengan memanfaatkan sumber getaran listrik menjadi getaran suara. Sedangkan LED adalah salah satu jenis diode yang dapat memancarkan cahaya apabila dialiri sumber listrik dengan tegangan tertentu. LED terbuat dari bahan semi konduktor tipe p dan tipe n, yang digunakan sebagai *display*.

3. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

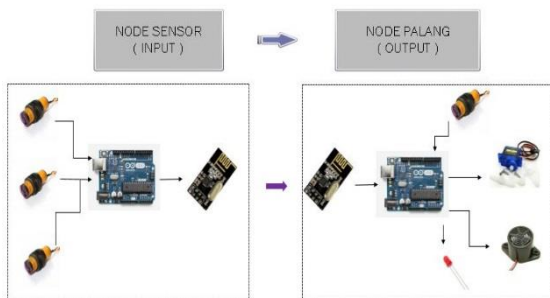


Gambar 1 Diagram, alir sistem keseluruhan

Untuk mengetahui sistem kerja dari alat yang dibuat maka dibuatlah diagram alir sistem. Diagram alir sistem ini dimulai dari *input* berupa jumlah kendaraan yang lewat dan kecepatan kereta api yang nantinya diolah di mikrokontroler menggunakan fungsi *fuzzy*. Selanjutnya, data akan dilakukan defuzzifikasi untuk menentukan *output* yang akan diberikan. Hasil tersebut dikirim oleh nrf *sender* dari node sensor dan diterima oleh nrf *receiver* dari node palang sehingga memicu sistem aktif yang berupa bunyi *buzzer* dan nyala LED. Dilanjutkan oleh hasil menutup palang pintu kereta api dengan keputusan lama, sedang dan cepat. Setelah itu, apabila ada perubahan nilai dari sensor buka palang maka akan terjadi *delay* 15 detik dengan asumsi kereta api sudah melewati perlintasan, sehingga setelah 15 detik, palang akan membuka. Dalam perancangan sistem yang dibuat, maka dibagi dalam dua tahap, yaitu perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.

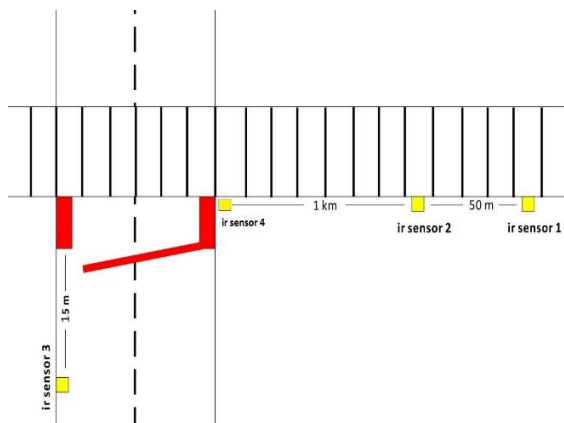
Pada kebutuhan perangkat keras terdiri dari *node sensor* yang berupa *input* dimana berfungsi untuk mendeteksi kecepatan dan menghitung kendaraan yang melintas. Adapula *node palang* yang berupa *output* hasil keputusan palang pintu kereta api akan bergerak cepat, sedang dan lama

serta buka palang kereta.



Gambar 2 Diagram blok kebutuhan perangkat keras

Pada perancangan perangkat keras terdapat juga perancangan media yang berguna untuk meletakkan komponen pada media tertentu sehingga komponen dapat berjalan sebagaimana mestinya.



Gambar 3 Konsep perancangan media

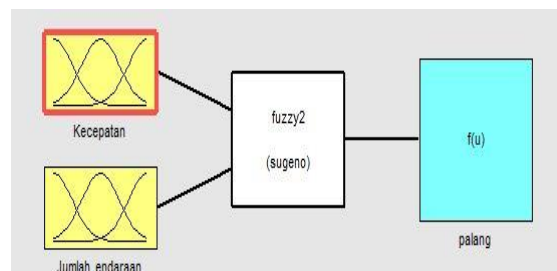
Pada perancangan perangkat lunak menjelaskan program yang akan digunakan pada sistem. Sesuai pada gambar 3, sistem akan dimulai pada fungsi hitung kendaraan pada sensor 3 lalu diteruskan dengan baca kecepatan kereta dengan memanfaatkan fungsi millis. Perubahan nilai sensor 1 akan mengaktifkan fungsi cek millis 1, lalu apabila terjadi perubahan nilai pada sensor 2 maka akan mengaktifkan fungsi cek millis 2. Setelah itu program akan menghitung selisih waktu antara millis 2 dan 1. Hasilnya akan dihitung kembali dengan jarak yang telah dikonfigurasi pada program, sehingga menghasilkan kecepatan kereta. Hasil kedua input tersebut akan diolah kembali berdasarkan logika fuzzy.

Hasil keputusan dikonversi ke ASCII dengan berdasarkan huruf awal pada keputusan yang diperoleh yakni, 76 ASCII dari huruf L, 83 adalah ASCII dari huruf S dan 67 adalah ASCII dari huruf C lalu diteruskan secara wireless oleh

Nrf24101 sender untuk mendapatkan hasil keputusan oleh palang. Fungsi sleep aktif. Fungsi sleep ini berfungsi agar nrf24101 tidak mengirim terus data yang didapat.

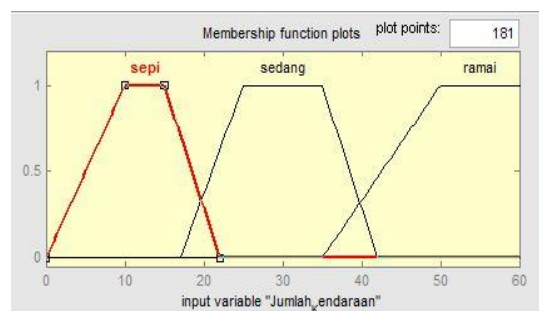
Data diterima oleh nrf24101 receiver dan dilanjutkan bunyi buzzer dan nyala led sebagai peringatan palang akan menutup. Selanjutnya servo akan bergerak sesuai hasil keputusan yang didapat. Untuk buka palang kereta akan aktif apabila terjadi perubahan nilai pada sensor 4.

Selanjutnya adalah pemodelan fuzzy sebagai pemberi keputusan dalam sistem. Pemodelan fuzzy ini meliputi perancangan variabel input, fuzzy rule dan defuzzifikasi. Perancangan variabel input dilakukan dengan melakukan pemodelan fuzzifikasi dari dua variabel masukan yang diperlukan dalam sistem yaitu himpunan jumlah kendaraan dan kecepatan kereta. Semua data sebagai acuan didapat dari hasil observasi langsung pada area perlintasan kereta api Karanglo, Malang.



Gambar 4 Pemodelan fuzzy inference system

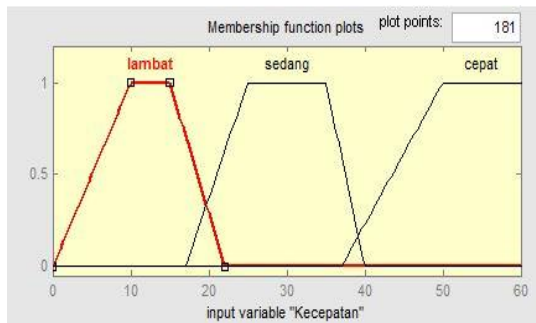
Pada himpunan jumlah kendaraan memiliki anggota yaitu sepi, sedang dan ramai.



Gambar 5 Himpunan jumlah kendaraan

Dapat dilihat pada gambar 6, untuk anggota sepi mempunyai nilai domain [0 10 15 22], anggota sedang [17 25 35 42] dan anggota ramai [35 50 70 100].

Untuk himpunan kecepatan kereta memiliki anggota lambat, sedang dan cepat.



Gambar 6 Himpunan kecepatan kereta

Untuk anggota lambat mempunyai nilai domain [0 10 15 22], anggota sedang [17 25 35 40] dan anggota cepat [37 50 80 100].

Dari kedua variabel *input* di atas menghasilkan inferensi *fuzzy* yang ditunjukkan pada *rule* yang nantinya akan menentukan hasil keputusan gerak turun palang.

Tabel 1 Fuzzy rule system

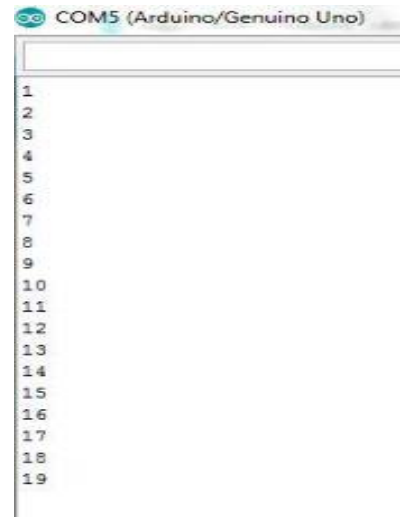
INPUT		KEPUTUSAN		
KECEPATAN KERETA	JUMLAH KENDARAAN	Lama (1)	Sedang (2)	Cepat (3)
Lambat	Sepi			✓
Lambat	Sedang	✓		
Lambat	Ramai	✓		
Sedang	Sepi			✓
Sedang	Sedang		✓	
Sedang	Ramai		✓	
Cepat	Sepi			✓
Cepat	Sedang		✓	
Cepat	Ramai		✓	

4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Dalam pengujian terdiri dari pengujian sistem yang terdiri dari pengujian sensor hitung kendaraan dan pengujian sensor baca kecepatan kereta, pengujian estimasi waktu data dan pengujian *fuzzy* terhadap sistem.

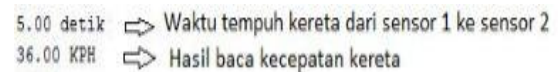
Pada pengujian hitung jumlah kendaraan bertujuan untuk mengetahui keberhasilan sistem dalam menghitung suatu benda dengan memanfaatkan perubahan nilai pada sensor. Pengujian ini dilakukan dengan menggerakkan benda sesuai *range* sensor secara berkala sehingga menyerupai kendaraan yang melintas.

Dijelaskan ketika sensor mengalami perubahan nilai, sistem akan mulai menghitung yang nantinya hasil hitungan akan ditampilkan pada serial monitor. Dapat dilihat pada gambar 7 bahwa sistem dapat menghitung dengan baik sesuai perubahan nilai pada sensor.



Gambar 7 Hasil uji coba sensor hitung kendaraan

Pada pengujian sensor baca kecepatan kereta bertujuan untuk mengetahui keberhasilan sistem dalam menghitung kecepatan. Cara kerjanya hampir sama dengan pengujian sensor hitung kendaraan yaitu dengan menggerakkan benda dengan asumsi kereta melintas. Akan tetapi sensor ini mempunyai 2 sensor yang cara kerjanya sesuai pada penjelasan perancangan perangkat lunak.



Gambar 8 Hasil baca kecepatan kereta

Berdasarkan pengujian sensor baca kecepatan kereta, sistem dapat menampilkan hasil kecepatan kereta dengan baik.

Pada pengujian estimasi waktu data bertujuan untuk mengetahui stabilitas waktu agar tidak lebih dari perhitungan waktu tempuh yang ditentukan. Hal ini berkaitan untuk mengetahui waktu tempuh kereta sebelum sampai pada pintu perlintasan kereta api.

Dari data hasil wawancara diperoleh, diketahui kecepatan kereta tercepat yang melintasi palang pintu kereta api daerah Karanglo, Malang adalah 60 km/jam. Sehingga menurut perhitungan berdasar rumus mencari waktu tempuh didapat 61,2 detik. Dalam rentang waktu tersebut, palang pintu perlintasan harus menutup sebelum kereta melintas. Maka dari itu, penulis melakukan percobaan sebanyak 15 kali untuk mengetahui kinerja sistem yang dibuat.

Ada beberapa kriteria dalam analisis hasil pengujian estimasi waktu data ini yaitu hasil pengujian waktu data terima, hasil pengujian waktu palang menutup dan hasil pengujian waktu eksekusi keseluruhan sistem.

Untuk hasil pengujian waktu data terima, menjelaskan tentang waktu yang diperlukan dalam mengirim dan menerima data dari *node sensor* ke *node palang*.

Berdasarkan pengujian sebanyak 15 kali didapat rentang waktu data terima pada sistem adalah 460-580 *milisecond* dengan jarak 38 cm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil pengujian waktu data terima

PERCOBAAN KE	LAMA DATA TERIMA (ms)
1	520
2	460
3	570
4	540
5	530
6	580
7	530
8	520
9	540
10	530
11	470
12	480
13	570
14	540
15	490

Untuk hasil pengujian palang menutup menjelaskan tentang waktu pergerakan palang dari 0⁰ sampai dengan 90⁰ sesuai dengan keputusan yaitu cepat, sedang dan lama. Dalam pengujian palang menutup membandingkan hasil waktu pada sistem dan hasil waktu yang dihasilkan oleh stopwatch guna memperoleh error waktu..

Pada tabel 3 dapat dilihat nilai perbandingan antara pembacaan lama palang menutup pada sistem dan pembacaan lama palang menutup pada *stopwatch* tidak memiliki perbedaan yang jauh. Dari 15 data yang dihasilkan didapat nilai *error* dengan rata-rata yaitu 4,6%.

Tabel 3 Perbandingan lama palang sistem dan palang perhitungan pada stopwatch

Percobaan ke	Lama Palang Menutup pada Sistem (ms)	Lama Palang Menutup pada Stopwatch (ms)	Selisih (ms)	%error	Keputusan
1	18000	17100	900	5%	Lama
2	18001	17200	801	4%	Lama
3	18001	17200	801	4%	Lama
4	18001	17600	401	2%	Lama
5	8502	7700	802	9%	Sedang
6	8500	8500	0	0%	Sedang
7	8502	7300	1202	14%	Sedang
8	5501	5400	101	2%	Cepat
9	8501	8000	501	6%	Sedang
10	8501	7200	1301	15%	Sedang
11	5501	5500	1	0%	Cepat
12	18002	17600	402	2%	Lama
13	5501	5300	201	4%	Cepat
14	5501	5400	101	2%	Cepat
15	5502	5500	2	0%	Cepat
		Rata-rata	501,13	4,6%	

Untuk hasil pengujian waktu eksekusi keseluruhan sistem, menjelaskan tentang waktu yang dibutuhkan sistem dalam menjalankan satu kali program keputusan pergerakan palang pintu kereta api, dimulai dari waktu terima data, alarm peringatan sampai dengan waktu pergerakan palang menutup.

Tabel 4 Hasil waktu eksekusi keseluruhan palang menutup cepat

DATA KE	Waktu eksekusi (ms)
1	10021
2	9971
3	10071
4	10041
5	9992

Berdasarkan pengujian, total waktu eksekusi sistem untuk palang cepat adalah 9971-10071 *milisecond*.

Tabel 5 Hasil waktu eksekusi keseluruhan palang menutup sedang

DATA KE	WAKTU EKSEKUSI (ms)
1	13032
2	13080
3	13032
4	13041
5	13031

Berdasarkan pengujian, total waktu eksekusi sistem untuk palang sedang adalah 13031-13080 *milisecond*.

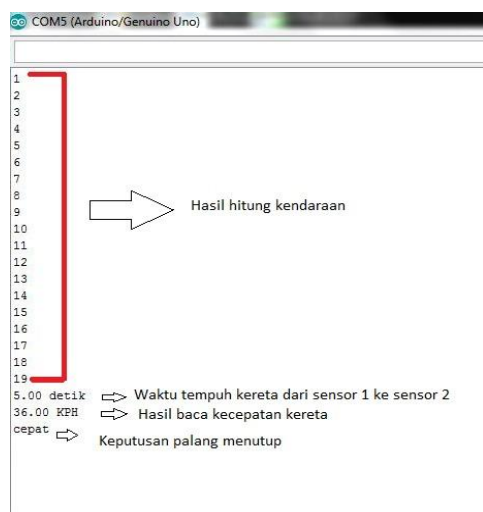
Tabel 6 Hasil waktu eksekusi keseluruhan palang menutup lama

DATA KE	WAKTU EKSEKUSI (ms)
1	22520

2	22461
3	22571
4	22541
5	22482

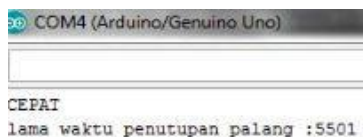
Berdasarkan pengujian, total waktu eksekusi sistem untuk palang lama adalah 22461-22571 *milisecond*.

Sedangkan pengujian *fuzzy* dilakukan untuk mengetahui apakah metode *fuzzy* yang digunakan dapat memberikan keluaran yang sesuai dengan *rule* yang telah ditetapkan dan telah diimplementasikan pada *hardware*.



Gambar 9 Hasil implementasi *fuzzy* pada *hardware* (node sensor)

Selanjutnya, hasil keputusan dari *node sensor* akan dikirim secara *wireless* ke *node palang* sehingga menghasilkan *output* keputusan.



Gambar 10 Hasil keputusan yang diterima oleh node palang

Untuk hasil pengujian *fuzzy* dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7 Hasil keputusan perhitungan manual fuzzy

Percobaan Ke	INPUT		Hasil Perhitungan Manual	Keputusan
	Jumlah Kendaraan	Kecepatan Kereta (Km/jam)		
1	35	19	1,36	Lama
2	31	12	1	Lama
3	28	19	1,37	Lama
4	49	11	1	Lama
5	20	60	2,43	Sedang
6	25	30	2	Sedang
7	28	45	2	Sedang
8	15	12,86	3	Cepat
9	32	22,5	2	Sedang
10	46	30	2	Sedang
11	19	36	2,56	Cepat
12	51	15	1	Lama
13	19	22,5	2,63	Cepat
14	18	16,36	2,64	Cepat
15	14	22	3	Cepat

Tabel 8 Perbandingan hasil keputusan perhitungan manual fuzzy dan keputusan pada sistem

Percobaan Ke	INPUT		Hasil Keputusan	Hasil Keputusan	Keterangan
	Jumlah Kendaraan	Kecepatan Kereta (Km/jam)	Perhitungan Manual	Sistem	
1	35	19	Lama	Lama	Sesuai
2	31	12	Lama	Lama	Sesuai
3	28	19	Lama	Lama	Sesuai
4	49	11	Lama	Lama	Sesuai
5	20	60	Sedang	Sedang	Sesuai
6	25	30	Sedang	Sedang	Sesuai
7	28	45	Sedang	Sedang	Sesuai
8	15	12,86	Cepat	Cepat	Sesuai
9	32	22,5	Sedang	Sedang	Sesuai
10	46	30	Sedang	Sedang	Sesuai
11	19	36	Cepat	Cepat	Sesuai
12	51	15	Lama	Lama	Sesuai
13	19	22,5	Cepat	Cepat	Sesuai
14	18	16,36	Cepat	Cepat	Sesuai
15	14	22	Cepat	Cepat	Sesuai

Berdasarkan kedua tabel diatas, bahwa keputusan pada sistem sesuai dengan keputusan berdasarkan perhitungan manual *fuzzy sugeno*.

Dari hasil pengujian diatas, maka didapatkan sebuah analisis yaitu, dari hasil pengujian sistem menjelaskan hasil data yang diperoleh dari masing-masing pengujian sensor, yaitu sensor hitung kendaraan dan sensor baca kecepatan kereta dapat bekerja sesuai yang diinginkan.

Dari hasil pengujian estimasi waktu data yang dihasilkan dari percobaan sebanyak 15 kali menunjukkan bahwa sistem dalam melakukan eksekusi sebuah keputusan tidak melebihi waktu yang ditentukan yaitu 61,2 detik sehingga dapat dikatakan sistem dapat bekerja dengan baik walaupun terdapat *error* sebesar 4,6% lebih lama dibandingkan waktu *realtime*.

Dari hasil pengujian metode *fuzzy* menunjukkan bahwa keputusan pada sistem menghasilkan *output* yang sama dengan *output* berdasarkan perhitungan manual *fuzzy*.

5. KESIMPULAN

Perancangan implementasi kendali palang pintu kereta api menggunakan ir sensor dan nrf24101 dilakukan tahap implementatif dengan melakukan perancangan *software* dan *hardware*.

Sistem yang dibuat oleh penulis berupa *prototype* dengan menggunakan ir sensor yang dirancang dan diprogram sebagai sensor hitung kendaraan dan baca kecepatan kereta. Penerapan implementasi kendali palang pintu kereta api menggunakan ir sensor dan nrf24l01 ini menggunakan metode *fuzzy sugeno* dengan tujuan menghasilkan keputusan dari *input* sensor berupa pergerakan palang pintu kereta lama, sedang dan cepat. Pengujian sistem hasil keputusan pergerakan palang dilakukan dengan cara membandingkan antara *rule* program penulis dengan perhitungan *fuzzy* secara manual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa program dapat melakukan pengambilan keputusan sesuai dengan *rule fuzzy*.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, eksekusi program dalam melakukan sebuah keputusan kurang dari batas waktu yang ditetapkan yaitu 61,2 detik sesuai desain yang diinginkan dengan perbandingan *error* waktu sistem dengan waktu *real time* 4,6%.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Arduino. Arduino UNO. (<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>), diakses tanggal 25 Januari 2016).
- Arduino. Servo Library. (<https://www.arduino.cc/en/reference/servo>), diakses tanggal 27 Januari 2016).
- Bustoni, Isna Alfi. (2014). *Peramalan Lalu-Lintas Jaringan UGM-Hotspot Menggunakan Metode Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average*. Yogyakarta: Program Studi Teknologi Informasi, Jurusan Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Dephub. (2005). *Peraturan Direktur Jendral Perhubungan Darat Nomor SK: 770/KA 401/DRJD/2005 Tentang Pedoman Teknis Perlindungan Sebidang Antara Jalan Dengan Jalur Kereta Api*. Departemen Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat.
- Dwiantoro, Bayu. (2008). *Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kewaspadaan Mahasiswa Saat Menyeberang Rel Kereta Pada Perlindungan KRL UI-Margonda Tahun 2007*. Jakarta: Departemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia.
- Findiastuti, Weny. (2005). *Analisa Human Error Dalam Kasus Kecelakaan Di Persilangan Kereta Api*. Madura: Laboratorium Ergonomi & Perancangan Sistem Kerja, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo.
- Firmansyah. (2008). *Palang Pintu Kereta Otomatis Dengan Indikator Suara Sebagai Peringatan Dini Berbasis Mikrokontroler AT89S51*. Jakarta: Teknik Elektro Universitas Gunadarma.
- Iswanto. (2011). *Aplikasi Motor Servo Dengan Mikrokontroler*. Yogyakarta: Staff Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Kompasiana. (2014). *Perlindungan Kereta Api Resmi Memprihatinkan Tidak Resmi Mengkhawatirkan*. (http://www.kompasiana.com/sujadi/perlindungan-kereta-api-resmi-memprihatinkan-tidak-resmi-mengkhawatirkan_54f94523a3331176178b49cf), diakses tanggal 20 Januari 2016).
- Nordicsemi. nRF24L01. (<http://www.nordicsemi.com/eng/Products/2.4GHz-RF/nRF24L01P/%28language%29eng-GB>), diakses tanggal 20 Januari 2016).
- Nugroho, Daniel Primadimas Grahito. (2011). *Pencitraan PT. Kereta Api Indonesia Terkait Kecelakaan Kereta (Analisis Framing Tentang Pencitraan PT. Kereta Api Indonesia Terkait Pemberitaan Surat Kabar Harian Kedaulatan Rakyat Mengenai Kecelakaan Kereta Api Yang Terjadi Di Tahun 2010)*. Yogyakarta: Program Studi Ilmu Komunikasi, Fakultas Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Prayoga, Yudhi., Wahyu Irawanto., Nurul Annisa S.W. (2013). *Sistem Otomasi Kendali Pintu Perlindungan Menyeberang Rel Kereta Pada Perlindungan KRL UI-Margonda Tahun 2007*. Depok: Departemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Pribadi, Abu Ismail. (2014). *Sistem Penghitung*

Jarak Dan Kecepatan Kereta Api Menggunakan Sensor Accelerometer MMA7361 Sebagai Sarana Informasi Bagi Pemumpang. Malang: Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

- Pwint, Hnin Ngwe Yee. (2014). *Automatic Railway Gate Control Sistem Using Microcontroller.* International Journal of Science, Engineering and technology Research (IJSETR), Vol.3, May 2014.
- Statistik, B. P. (2014). *Statistik Transportasi Darat 2014.* Jakarta: Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Susilo, F. (2006). *Himpunan Logika Kabur serta Aplikasinya.* Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Tim Penyusun. (2008). *Buku Pintar Belajar Fisika Berdasarkan Kurikulum 2006 (KTSP) untuk SMA/MA. Halaman 62-63.* Sagufindo Kinarya: Surabaya.
- Tjahjono, MT Ir. (2015). *Monitoring Dan Kontrol Lmapu Koridor Dan Taman Gedung A D4 Pens-ITS Untuk Penghematan Energi Dengan Menggunakan Wireless Sensor Network.*