

Sistem Lalu Lintas Terpadu

Embedded Traffic System

Muhammad Aria, Riezky Faizal

Teknik Elektro

Universitas Komputer Indonesia

Jl. Dipati ukur No 112, Bandung

Email : muhammad.aria@email.unikom.ac.id

Abstrak – Lampu lalu lintas adalah lampu yang digunakan untuk mengatur kelancaran lalu lintas di suatu persimpangan jalan dengan cara memberi kesempatan pengguna jalan dari masing-masing arah untuk berjalan secara bergantian. Karena fungsinya yang begitu penting maka lampu lalu lintas harus dapat mengendalikan atau mengontrol dengan cerdas mungkin. Sistem kerja yang digunakan pada perancangan lalu lintas ini ialah dengan cara mengetahui panjangnya antrian di masing-masing ruas jalan, kemudian seluruh ruas dibandingkan untuk menurutkan mulai dari terpanjang hingga terpendek. Dengan begitu, sistem pemroses informasi dari sensor akan menentukan ruas mana yang akan di dahulukan berdasarkan urutan tadi. Dari hasil percobaan yang dilakukan, proses pengurutan yang dilakukan oleh sistem tidak terjadi kesalahan sama sekali baik dalam mode *software* ataupun *hardware*. Selain itu proses pendeteksian logam menggunakan serangkaian modul sensor yang terdiri dari kumparan, driver sensor, dan komparator setelah dilakukan percobaan ternyata dapat secara sempurna mendeteksi ada tidaknya logam sesuai dengan jangkauan yang mampu dicapai oleh kumparan pendeteksi logam. Secara singkat alur kerja dari sistem ini dimulai dari sensor logam yang mendeteksi logam yang ada pada kendaraan dan mengukur hingga mendapatkan panjang antrian, kemudian diteruskan menuju mikrokontroler dan komputer untuk diproses hingga menghasilkan keputusan. Keputusan tersebut akan dijadikan output menuju LED untuk penyalaaan lampu-lampu lalu lintas. Mikrokontroler dan komputer selain menghasilkan keputusan, mereka pun mengolah informasi yang didapat dari sensor untuk ditampilkan di layar monitor yang berupa *interface* simulasi lalu lintas secara langsung sesuai dengan apa yang sedang terjadi di persimpangan lalu lintas sebenarnya.

Kata Kunci : *Traffic System*, Pengaturan lalu lintas, Lalu lintas cerdas, Logam detektor

Abstract – *The traffic lights are lights used to regulate traffic movement at a crossroads in a way allowing road users from each direction to run alternately. Because its function is so important that traffic lights should be able to control or control with smart as possible. Working system used in the design of this traffic is by knowing the length of queues at each road segment, then the entire segment compared to indulge ranging from longest to shortest. By doing so, the information processing system of sensors will determine which of the segments based on the order of precedence earlier. From the results of experiments conducted, the process of sorting performed by the system error does not occur at all either in software or hardware mode. Besides metal detection process uses a series of sensor module which consists of a coil, sensor drivers and comparators after the experiment turned out to be perfectly detect the presence or absence of metal in accordance with a range that can be achieved by a metal detector coil. In brief workflow of the system starting from the metal sensors that detect metal on the vehicle and measure up to get a long queue, and then forwarded to the microcontroller and the computer to be processed to produce a decision. The decision will be output to the LED for lighting of traffic lights. Microcontroller and computers in addition to producing a decision, they process the information obtained from the sensor to the display monitor in the form of traffic simulation interface directly corresponds to what is happening in the actual traffic intersection.*

Keyword – *Traffic System , Traffic management , intelligent traffic , Metal detectors*

I. PENDAHULUAN

Sistem kontrol pada pengaturan lampu lalu lintas di setiap persimpangan yang ada di kota-

kota besar di Negara Indonesia, sebenarnya memiliki sistem kontrol yang cukup baik dan sesuai standar, karena penentuan lamanya antara lampu merah, kuning dan hijau sudah terprogram

secara konstan. Namun apabila dibandingkan dengan negara-negara lain, teknologi lampu lalu lintas yang dipakai saat ini tergolong kedalam teknologi yang sudah tertinggal dikarenakan lampu lalu lintas saat ini dapat menentukan penyalan lampu lalu lintas untuk setiap ruas jalan secara cerdas dan adil. Alat tersebut dapat secara otomatis mendeteksi kepadatan lalu lintas untuk menentukan mana saja ruas yang harus didahulukan agar lalu lintas dapat berjalan secara tertib.

Jika kita pantau lalu lintas di Indonesia, banyak sekali pelanggaran-pelanggaran yang dilakukan pengendara karena penentuan lampu lalu lintas yang kurang adil dan kurang tepat. Sebagai contoh kadang terjadi kondisi dimana ruas jalan A dalam keadaan kosong namun lampu masih menunjukkan hijau, dan di sisi lain ruas jalan B dalam keadaan mengantri. Hal tersebut sangat memicu terjadinya pelanggaran berlalu lintas, oleh karena itu teknologi mengenai lalu lintas ini perlu diperhatikan oleh pemerintah Indonesia dengan cara meningkatkan kualitas sistem penyalan lalu lintas agar dapat bekerja dengan cermat, cerdas secara otomatis tanpa perlu menambah beban pekerjaan bagi pengadil lalu lintas yang ada.

Paper ini diorganisasi dalam lima bagian. Bagian kedua akan menjelaskan dasar teori dari perangkat lunak dan perangkat keras yang digunakan. Pada bagian ketiga akan dibahas perancangan sistem yang dilakukan. Pengujian sistem akan dibahas pada bagian empat. Sedangkan bagian lima adalah kesimpulan dan saran.

II. DASAR TEORI

A. LabVIEW

LabView merupakan program yang diciptakan oleh *National Instrument* yang berfungsi untuk mendesain sebuah sistem yang dapat menyerupai bentuk aslinya, dikarenakan visualisasi yang digunakan berbasis grafik berbeda dengan software pemrograman lain seperti C++, Delphi dan semacamnya.

Sehingga pada software ini dapat dibuat suatu interface yang mewakili komponen-komponen yang ada di lapangan. Bahkan para pengguna LabView pun dapat menghubungkan interface yang dibuatnya dengan perangkat lain seperti PLC

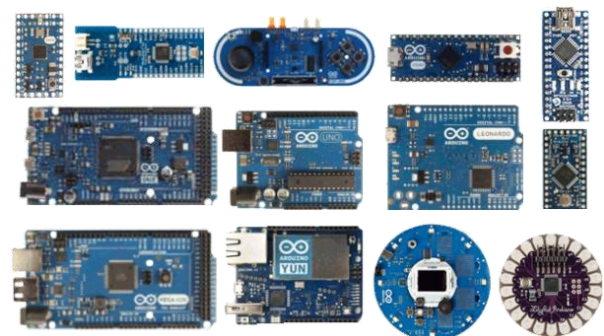
dengan syarat menggunakan software pendukung yang dimiliki LabVIEW.



Gambar 1. Program LabVIEW

B. Mikrokontroler Arduino

Arduino ialah sebuah perangkat hardware berbasis mikrokontroler yang diprogram menggunakan software IDE arduino dan menggunakan bahasa C arduino. Alat ini berfungsi sebagai perangkat inti pada proses pengolahan data dimana input didapatkan kemudian diproses oleh mikro sehingga menghasilkan suatu output.



Gambar 2. Macam-macam Arduino

C. Sensor Logam

Sensor ini merupakan sensor yang bekerja dengan cara mendeteksi keberadaan logam di sekitar lingkup jangkauannya. Proses sensor mendeteksi keberadaan logam yaitu dengan cara menimbulkan suatu medan elektromagnet yang dihasilkan dari kawat kumparan dan kemudian medan tersebut akan terganggu gelombangnya apabila terdapat logam disekitar medan tersebut sehingga driver sensor akan mendeteksi adanya perubahan tegangan pada sensor dan menjadikan perubahan tersebut sebagai output dari sensor.



Gambar 3. Contoh sensor logam

D. Komunikasi Data

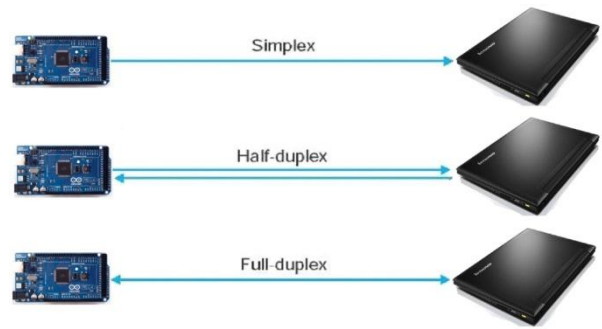
Komunikasi data merupakan proses pengiriman dan penerimaan data/informasi dari dua atau lebih *device* (alat, seperti komputer/laptop/printer/dan alat komunikasi lain) yang terhubung dalam sebuah jaringan baik jangkauan sempit/lokal maupun jangkauan yang lebih luas seperti internet.

Syarat dalam membangun suatu komunikasi data diharuskan memiliki 5 komponen ini diantaranya pengirim, penerima, data, media pengirim, dan protokol. Ke-5 komponen ini adalah syarat mutlak dalam melakukan suatu komunikasi data.



Gambar 4. Konfigurasi jalur komunikasi data

Kemudian komunikasi data pun memiliki konfigurasi jalur yang digunakan diantaranya *point-to-point* dan *multipoint*. Selain itu sistem transmisinya pun memiliki beberapa jenis yaitu *simplex*, *half duplex*, dan *full duplex*.

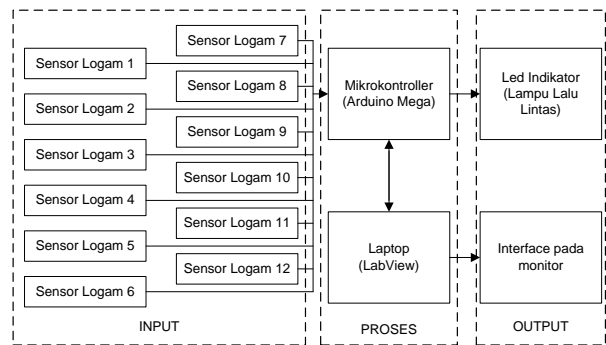


Gambar 5. Sistem transmisi komunikasi data

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Blok Diagram

Dalam merancang sebuah sistem, diperlukan suatu gambaran dasar alur kerja secara keseluruhan dengan cara membuat blok diagram agar proses perancangan dapat sesuai dengan sistem yang dikehendaki, berikut ialah blok diagram sistem pada alat yang akan dirancang pada penelitian ini.



Gambar 6. Blok Diagram

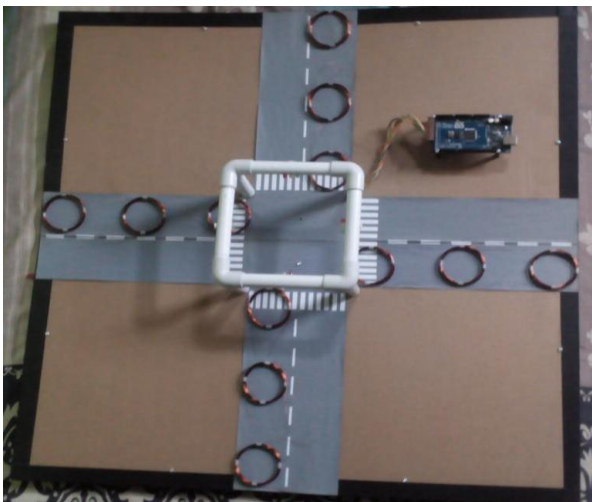
B. Perancangan Hardware

Proses perancangan hardware diawali dengan membuat sebuah driver sensor logam yang berfungsi sebagai otak dari keseluruhan sensor yang dipakai pada papan simulasi lalu lintas. Driver ini bekerja dengan cara mengirimkan aliran listrik pada kumparan agar timbulnya sebuah medan elektromagnet yang kemudian akan mendeteksi keberadaan logam yang berada pada medan tersebut sehingga logam akan mengganggu kestabilan medan yang timbul. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa disekitar sensor terdapat logam yang terdeteksi.



Gambar 7. Bentuk asli driver

Proses berikutnya ialah merancang papan simulasi lalu lintas. Miniatur lalu lintas ini berperan sebagai pengganti lalu lintas sebenarnya, dikarenakan apabila menggunakan lalu lintas aslinya dipastikan akan mendapatkan kesulitan dalam pemasangan sensor logam yang harus tertanam dibawah jalan raya. Oleh sebab itu miniatur ini dirancang agar dapat menyerupai persimpangan lalu lintas dan memiliki karakteristik yang semirip mungkin dengan lalu lintas aslinya.



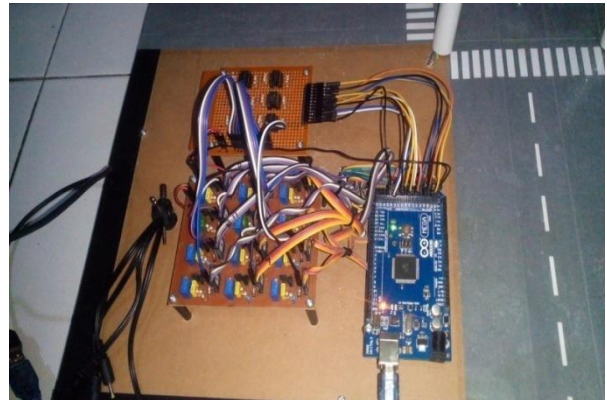
Gambar 8. Desain hardware dan penempatan posisi sensor logam

Setelah desain miniatur telah terbentuk sebagian, maka selanjutnya ialah pengkabelan pada sensor-sensor diikuti dengan pemasangan kabel pada Led menuju mikro. Secara lengkap bila diurutkan dimulai dari input proses lalu output, miniatur ini terdiri dari beberapa bagian dengan spesifikasi diantaranya.

- 12 kumparan sensor yang ditempatkan di bagian bawah papan
- 1 buah driver sensor untuk mengontrol 12 kumparan sensor
- 1 buah mikrokontroler arduino mega
- 1 buah laptop dengan program LabView di dalamnya
- 12 Led ukuran 3mm dengan masing-masing warna 4 merah, 4 kuning, dan 4 hijau

- Sebuah papan akrilik yang dapat dilipat dengan background persimpangan jalan raya
- 14 spacer sebagai kaki dari miniatur dan penopang tiang miniatur lalu lintas

Untuk proses pengkabelan pada bagian sensor, mikrokontroler, dan Led miniatur ditunjukkan seperti gambar berikut.



Gambar 9. Pengkabelan

C. Perancangan Software

Dalam melakukan kegiatan pengolahan data diperlukan perangkat lunak yang secara cerdas dapat memproses data yang didapatkan dari sensor yang dijadikan sebagai input, sehingga menghasilkan suatu output sebagai hasil akhir dari rancangan alat yang dibuat. Dalam hal ini yang disebut sebagai software ialah program yang di download ke dalam mikrokontroler dan interface yang dibuat menggunakan LabView pada komputer/laptop.

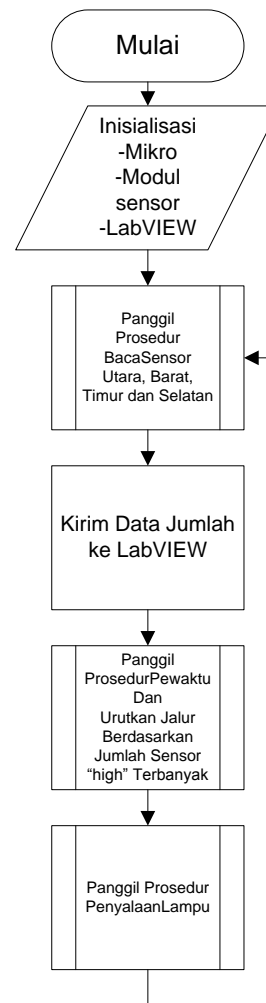
Untuk software yang di download ke dalam mikrokontroler ialah sketch arduino yang disediakan oleh LIFA pada LabView.

Kemudian file tersebut didownload ke dalam mikrokontroler arduino untuk proses selanjutnya. Seperti dijelaskan pada bahasan di atas, perancangan software terdiri dari program pada arduino serta interface pada LabView maka selanjutnya ialah merancang interface sebagai alat monitoring serta simulasi seperti ditunjukkan pada gambar berikut contoh interface yang telah dirancang sebelumnya.



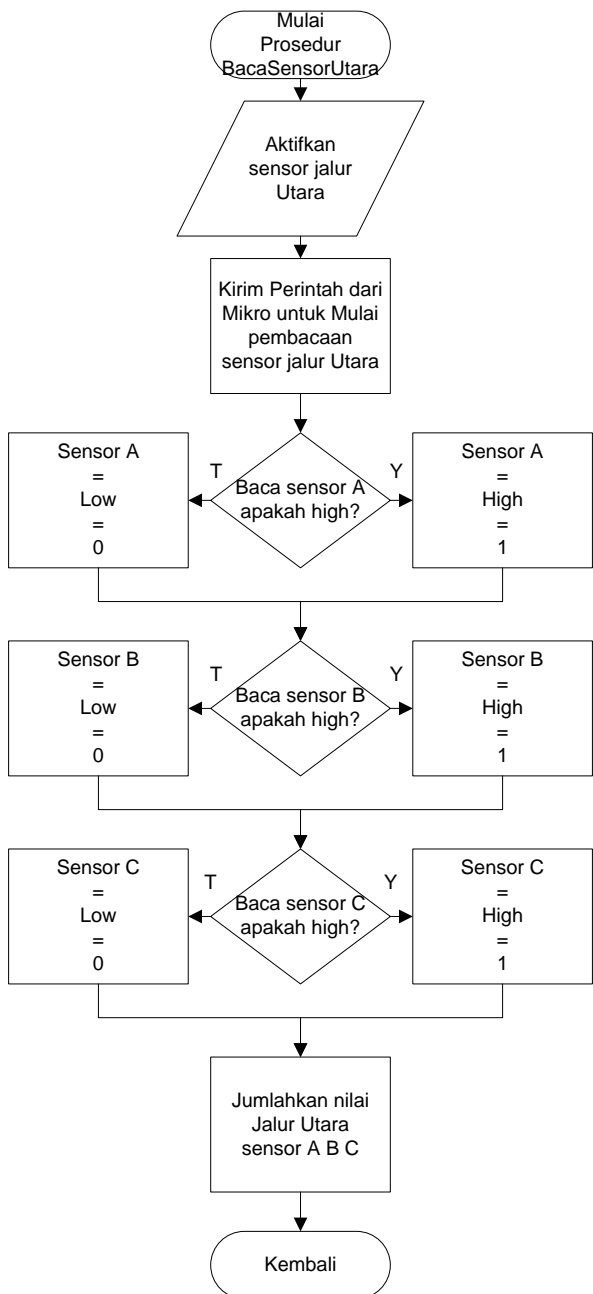
Gambar 10. Interface pada LabView

Program-program di atas memiliki peran yang sangat penting dalam perancangan alat ini, karena program tadi bertugas untuk memproses data yang masuk kemudian diproses hingga menghasilkan suatu instruksi penyalan lampu lalu lintas. Secara singkatnya ialah sensor mendeteksi keberadaan mobil kemudian diteruskan menuju mikrokontroler dan komputer untuk ditampilkan pada monitor serta melakukan penyalan lampu-lampu. Langkah kerja atau alur secara beruntun terdapat pada flowchart berikut.

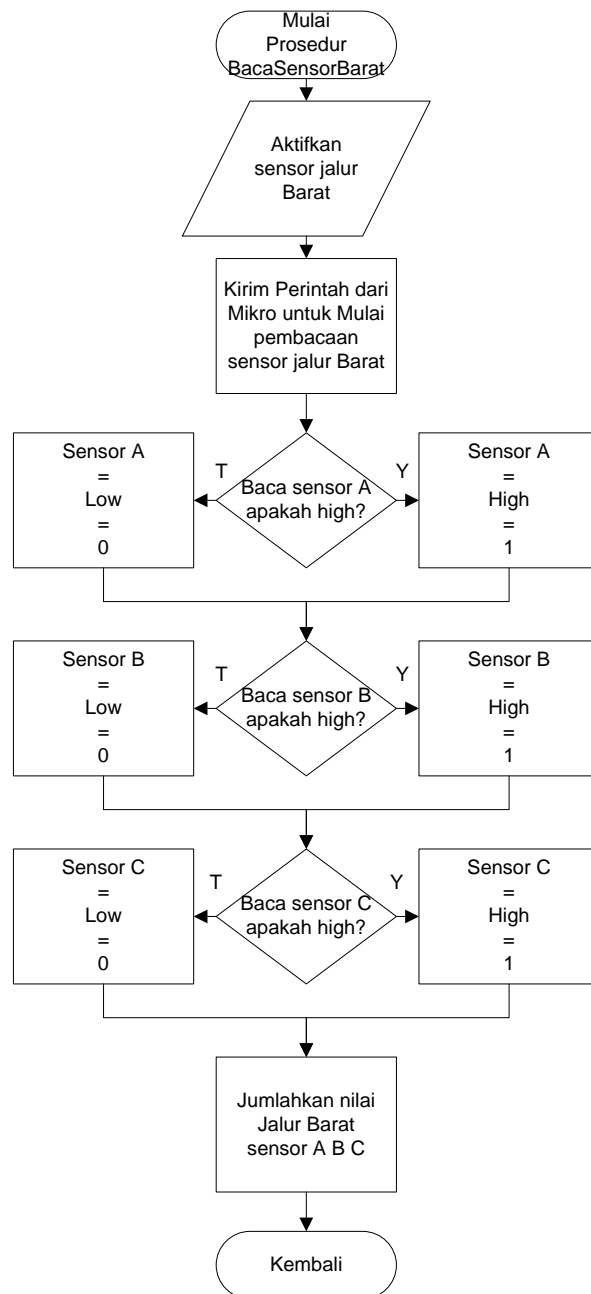


Gambar 11. Diagram *Embedded Traffic System*

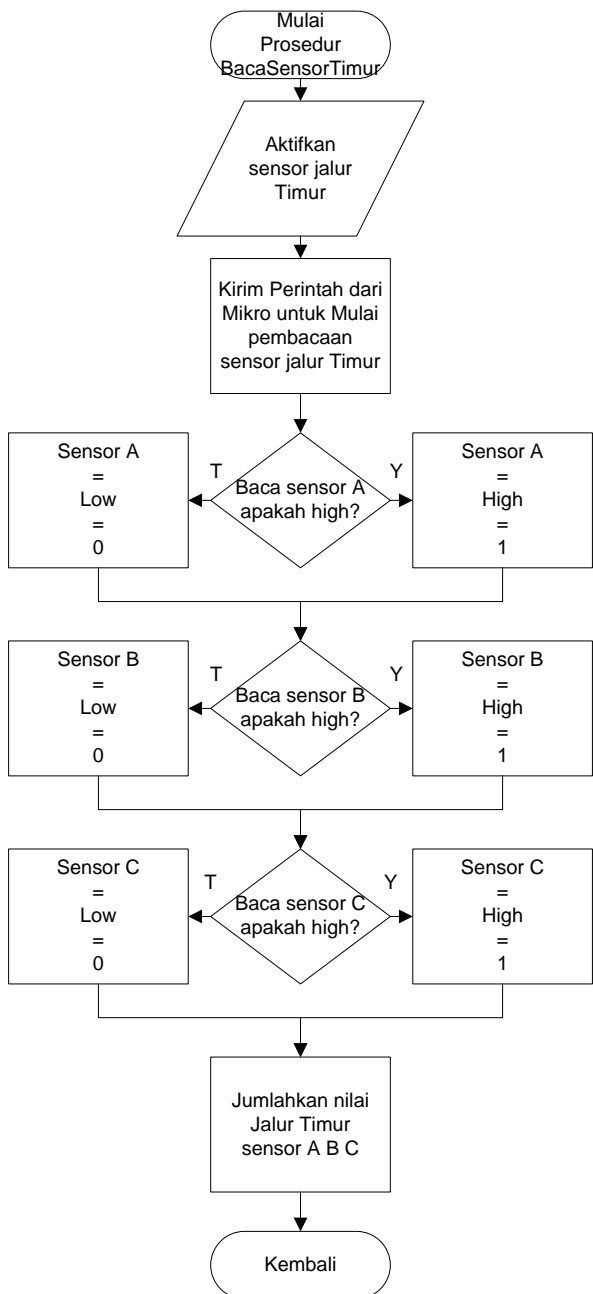
Diagram di atas menjelaskan secara singkat langkah-langkah yang dilakukan dimulai dari inisialisasi mikrokontroler dan sensor, kemudian proses pendeteksian kendaraan dilanjutkan dengan pengiriman data menuju LabVIEW untuk diproses agar dapat mengetahui jalur mana yang terpanjang dan yang harus didahulukan dengan lamanya penyalan lampu berdasarkan panjangnya antrian kendaraan di masing-masing jalur.



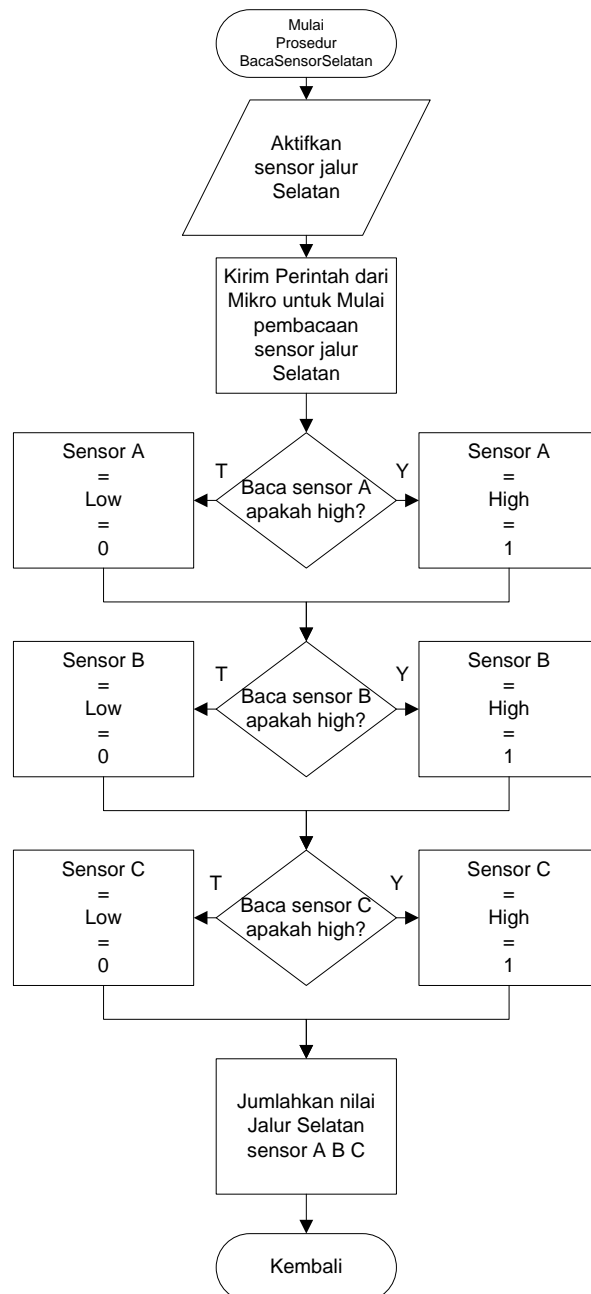
Gambar 12. Diagram Prosedur Baca Sensor Utara



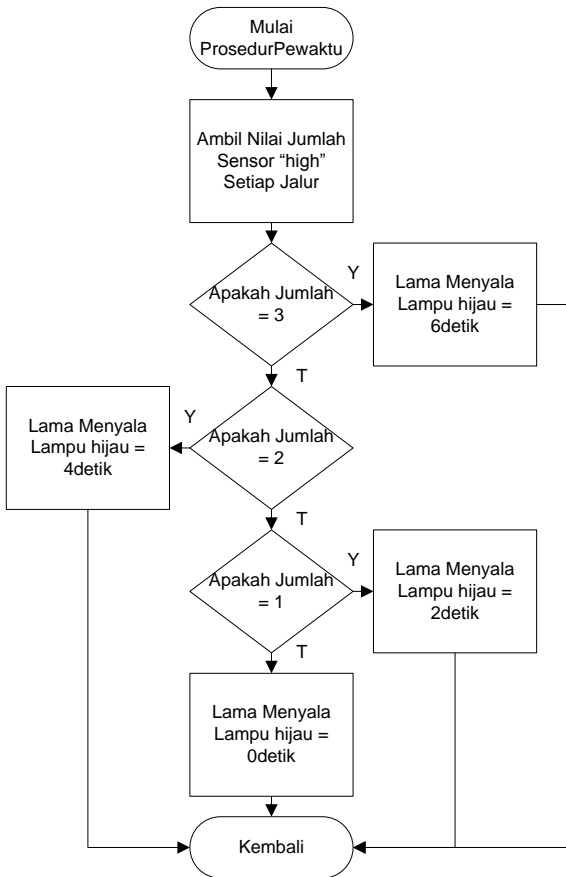
Gambar 13. Diagram Prosedur Baca Sensor Barat



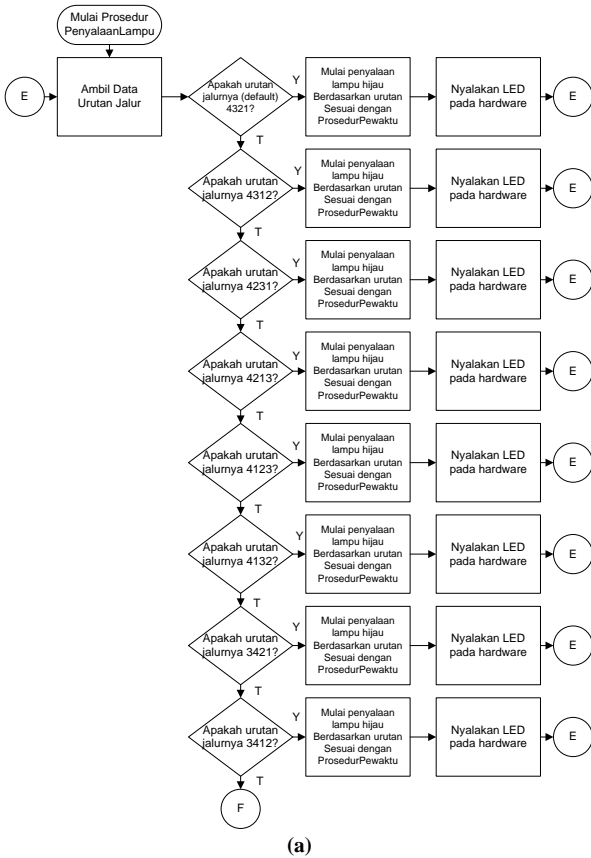
Gambar 14. Diagram Prosedur Baca Sensor Timur



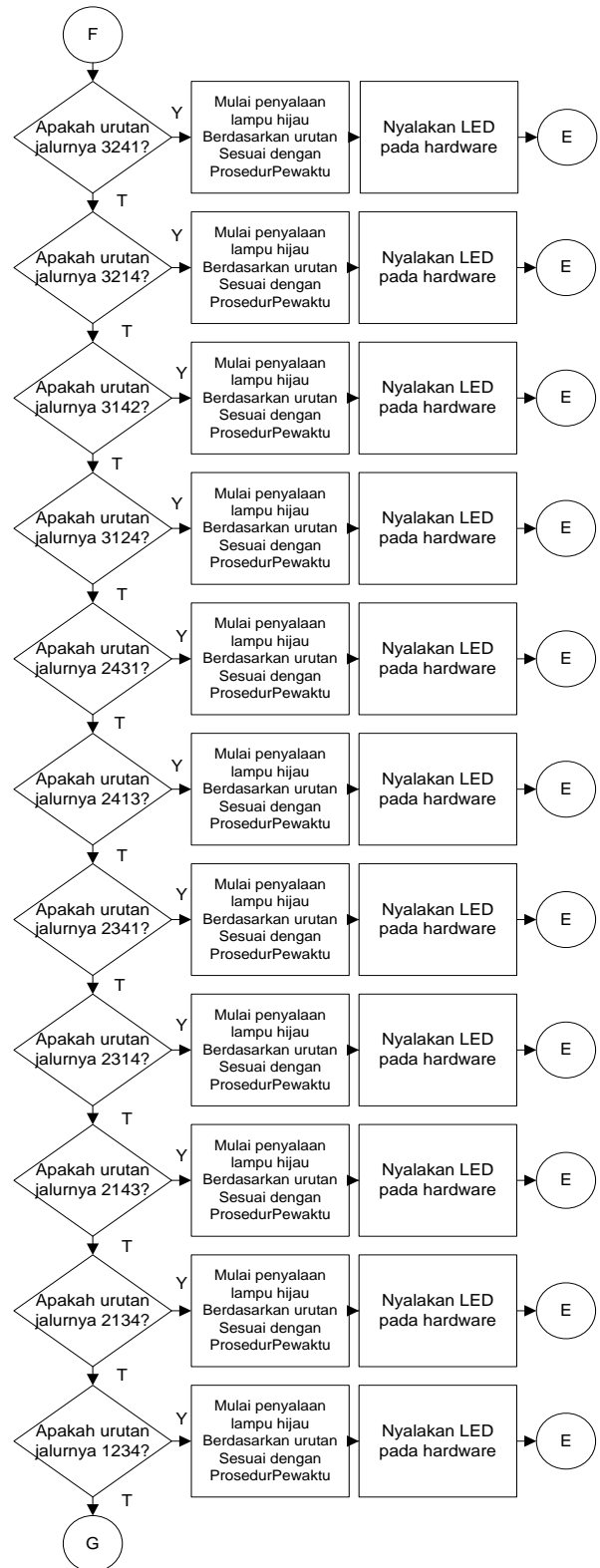
Gambar 15. Diagram Prosedur Baca Sensor Selatan



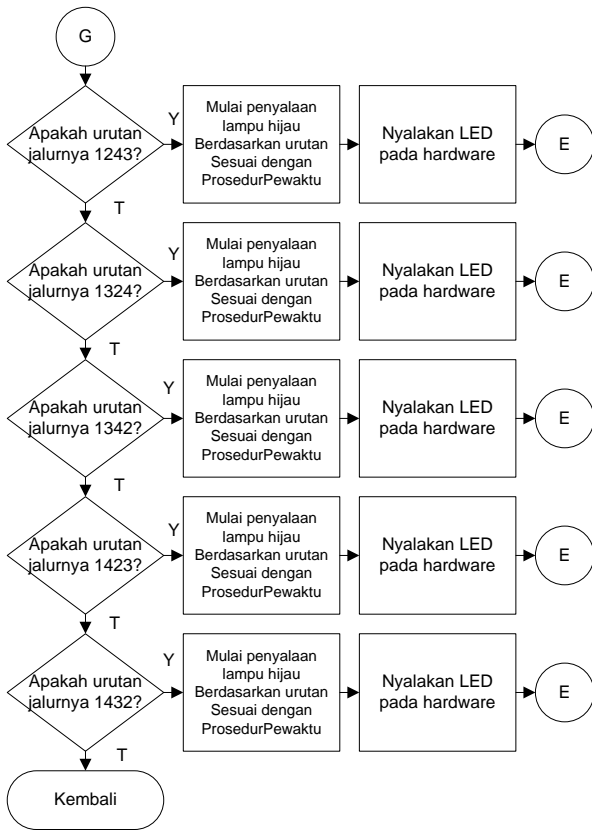
Gambar 16. Diagram Prosedur Pewaktu



(a)



(b)



(c)
Gambar 17. Diagram Prosedur Penyalaan Lampu

Tabel I. Pengujian pada seluruh kumparan

No Kumparan	Jarak Logam ke kumparan (cm)	Mendeteksi Logam	Tegangan Output low (volt)	Tegangan Output high (volt)
0	0.3	Ya	3.41	3.58
1	0.3	Ya	3.44	3.62
2	0.3	Ya	3.46	3.65
3	0.3	Ya	3.42	3.60
4	0.3	Ya	3.39	3.55
5	0.3	Ya	3.42	3.59
6	0.3	Ya	3.43	3.60
7	0.3	Ya	3.35	3.57
8	0.3	Ya	3.47	3.61
9	0.3	Ya	3.47	3.63
10	0.3	Ya	3.44	3.61
11	0.3	Ya	3.45	3.62

Dari hasil pengujian keseluruhan kumparan sensor yang akan digunakan, seluruh kumparan dapat mendeteksi keberadaan logam. Hanya saja tegangan yang dihasilkan untuk setiap kumparan sensor dalam kondisi “high” atau “low” masing-masingnya terdapat sedikit perbedaan, hal ini disebabkan karena proses pembuatan lilitan dilakukan secara manual tanpa bantuan mesin sehingga kontruksi yang dihasilkan tidak mirip satu sama lain oleh karena itu karakteristik masing-masing sensor memiliki perbedaan. Selain itu komponen driver yang digunakan pun mempengaruhi kesetabilan tegangan suplay yang dialirkan menuju kumparan itu sendiri.

IV. PENGUJIAN SISTEM

Hal yang paling penting dalam merancang sebuah alat adalah berada pada pengujian alat tersebut, apakah alat yang dirancang telah memenuhi target yang di tentukan atau tidak. Dengan dicapainya tujuan yang telah ditargetkan maka alat tersebut dapat dikatakan proses perancangannya pun telah rampung.

A. Pengujian Kumparan Sensor

Langkah pertama untuk mengetahui apakah alat ini telah mencapai tujuan atau tidak ialah dengan melakukan pengujian pada bagian inputnya. Pada bagian input ini meliputi kumparan sensor dan driver sensor. Untuk pengujian sampel diambil sebuah kumparan sensor nomor 11, kemudian dilakukan pengujian dengan melakukan pengambilan data terhadap perubahan jarak logam dari kumparan sensor.

B. Pengujian Driver Sensor

Selain dari kumparan sensor, bagian input juga terdapat rangkaian driver sensor yang berfungsi untuk mengendalikan sensitivitas sensor dalam mendeteksi keberadaan logam dan juga berfungsi sebagai penghubung antara kumparan dengan mikrokontroler melalui komparator.

Tabel II. Pengujian seluruh driver sensor

No Driver Kumparan	Nilai Variabel Resistor “ohm”	Mendeteksi Logam	Tegangan Output low (volt)	Tegangan Output high (volt)
0	310	Ya	1.48	2.69
1	341	Ya	1.54	2.41
2	299	Ya	1.51	2.25
3	160	Ya	1.44	2.64
4	287	Ya	1.62	2.66
5	326	Ya	1.57	2.73
6	215	Ya	1.96	2.76
7	257	Ya	1.58	2.27
8	349	Ya	1.62	2.74
9	263	Ya	1.59	2.18
10	284	Ya	1.53	2.72
11	293	Ya	1.83	2.34

Pada pengujian keseluruhan driver sensor didapatkan hasil yaitu berupa nilai variabel resistor yang digunakan. Rata-rata nilai variabel

resistor yang digunakan ialah berada di angka 200-an meskipun ada beberapa sensor yang nilai variabel nya di angka 100-an dan 300-an, hal ini disebabkan karena komponen yang digunakan memiliki nilai toleransi berbeda-beda sehingga nilai variabel resistor yang digunakan agar dapat mendeteksi keberadaan logam pun berbeda-beda setiap drivernya. Selain itu nilai tegangan output sebelum adanya logam berada di sekitar 1.5 V DC. dan setelah mendeteksi logam nilai outputnya berubah menjadi sekitar 2.6-2.7 V DC.

C. Pengujian Komparator

Rangkaian komparator ini dibutuhkan untuk membandingkan nilai output dari driver sensor yang mengalami fluktuasi/kurang stabil dengan tegangan referensi (*set point*) agar keluaran yang kemudian akan dilanjutkan menuju mikrokontroler dapat berbentuk digital (“high” atau “low”).

Tabel III. Pengujian pada seluruh rangkaian komparator

No	Vref (volt)	Tegangan Output low (volt)	Tegangan Output high (volt)
0	2.6	0.30	2.14
1	2.6	0.21	2.10
2	2.6	0.28	2.02
3	2.6	0.28	2.09
4	2.6	0.24	2.06
5	2.6	0.27	2.01
6	2.6	0.19	1.95
7	2.6	0.22	2.00
8	2.6	0.29	2.09
9	2.6	0.23	2.06
10	2.6	0.20	2.03
11	2.6	0.21	2.07

Setelah dilakukan pengujian pada seluruh rangkaian komparator, didapatkan hasil yaitu tegangan referensi bernilai 2.6 V DC karena sesuai dengan perhitungan pada bab sebelumnya nilai *set point* yang diinginkan ialah 2.6 V DC dengan nilai resistor sebagai pembagi tegangan yang tiap-tiap rangkaian bernilai sama. Sedangkan untuk nilai tegangan output saat “low” berada di sekitar 0.2 V DC dan output saat “high” sekitar 2.00 V DC.

D. Pengujian Simulasi Mode Software

Pengujian selanjutnya ialah pengujian pada sistem lalu lintasnya. Pada penelitian ini, mode pengujian terdiri dari 2 yaitu antara mode *software* dan mode *hardware*. Pengujian sistem yang pertama dilakukan ialah pada mode *software*.

Tabel IV. Tabel pengujian pada mode *software*

No Percobaan	Jumlah Sensor Aktif Jalur A (utara)	Jumlah Sensor Aktif Jalur B (barat)	Jumlah Sensor Aktif Jalur C (timur)	Jumlah Sensor Aktif Jalur D (selatan)	Hasil Pengurutan	Kesesuaian (%)
1	3	2	2	3	ADBC	100
2	2	3	0	1	BADC	100
3	1	1	2	0	CABD	100
4	1	2	1	2	BDAC	100
5	2	1	3	0	CABD	100
6	1	3	2	2	BCDA	100
7	3	0	1	1	ACDB	100
8	0	2	1	1	BCDA	100
9	1	0	3	3	CDAB	100
10	0	1	0	2	DBAC	100
Rata-rata						100

Dari hasil yang didapatkan setelah dilakukan percobaan yang dapat dilihat pada tabel di atas dapat disimpulkan bahwa akurasi pengurutan jalur sesuai dengan antrian kendaraan terpanjang mencapai 100%, hal ini membuktikan bahwa sistem yang dirancang telah memenuhi tujuan yaitu mempertimbangkan penyalan lampu berdasarkan panjang antrian kendaraan.

E. Pengujian Simulasi Mode Hardware

Terakhir ialah pengujian yang dilakukan pada hardware. Setelah dilakukan pengujian pada hardware dengan menempatkan beberapa logam di masing-masing jalur sesuai dengan data pada tabel di bawah, didapatkan hasil pengurutan jalur dari terpanjang hingga terpendek antriannya.

Tabel V. Tabel pengujian pada mode *hardware*

No Percobaan	Jumlah Sensor Aktif Jalur A	Jumlah Sensor Aktif Jalur B	Jumlah Sensor Aktif Jalur C	Jumlah Sensor Aktif Jalur D	Hasil Pengurutan	Kesesuaian (%)
1	2	3	1	0	BACD	100
2	3	1	1	2	ADBC	100
3	1	2	0	2	BDAC	100
4	2	0	2	2	ACDB	100
5	1	3	0	1	BADC	100
6	0	3	1	1	BCDA	100
7	2	2	3	3	CDAB	100
8	0	1	2	1	CBDA	100
9	1	0	2	0	CABD	100
10	3	2	1	2	ABDC	100
Rata-rata						100

Data pada tabel di atas didapatkan setelah dilakukan pengujian pada alat dengan berada pada mode *hardware*. Pada mode *hardware* ini pengujian dilakukan secara menyeluruh, karena tiap-tiap komponen diuji kondisinya apakah dalam keadaan baik atau tidak diantaranya yaitu

kondisi kumparan sensor, driver sensor, rangkaian komparator, mikrokontroler, sistem pada LabVIEW hingga output yaitu pada penyalaan lampu lalu lintas berupa LED.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah dilakukan berbagai pengujian pada alat yang dirancang, dapat ditarik beberapa kesimpulan seperti berikut.

- Sistem pengaturan lalu lintas yang dirancang dapat secara otomatis mempertimbangkan penyalaan lampunya berdasarkan dengan antrian kendaraan dari yang terpanjang hingga terpendek dengan tingkat akurasi 100% dalam pengurutannya baik dalam mode *software* ataupun *hardware*.
- Sensor logam yang dirancang dapat mendeteksi keberadaan logam, dan telah dirancang sedemikian rupa hingga akhirnya setelah dilakukan pengujian hasilnya sensor logam dapat mendeteksi panjangnya antrian kendaraan dengan cara mendeteksi logam yang ada pada kendaraan dan menentukan seberapa panjang antrian kendaraan tersebut.

B. Saran

Adapun saran yang sebaiknya dilakukan dalam mengembangkan penelitian ini diantaranya.

- Memadukan sensor logam dengan kamera agar tingkat kepadatan dapat dihitung secara akurat hingga mengetahui jumlah kendaraan yang ada pada saat itu.

- Sistem monitoring yang dilakukan alangkah baiknya ditempatkan pada satu tempat dan terhubung ke seluruh persimpangan yang ada disekitar tempat tersebut sehingga apabila terjadi masalah dapat secara cepat ditangani.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Khalid, Marzuki. Kiang, Tan Kok. Dan Rubiah, Yusop. *Intelligent Traffic Light Control by Fuzzy Logic*. Kuala Lumpur: Universiti Teknologi Malaysia.
- [2] Djuandi, Feri. 2011. *Pengenalan Arduino*. Jakarta: Universitas Trisakti.
- [3] Halvorsen, Hans Peter. 2011. *Control and Simulation in LabView*. Norway: Telemark University College.
- [4] Al-Alawi, Raida. 2009. *Web-Based Intelligent Traffic Management System*. WCECS. Member IAENG.
- [5] Tjia May On, Pono Budi Mardjoko dan Nato Martanto. 2007. *Sistem Pengaturan Lalu lintas secara Sentral dari jarak jauh*. Jurnal Teknik Elektro. Tesla.
- [6] Manto. 2011. *Perangkat pengatur timer lampu lalu lintas berdasarkan antrian kendaraan*. Depok: FTUI kampus baru Universitas Indonesia.
- [7] Marktel. 2014. [http:// bandung.marktel.co/ about/](http://bandung.marktel.co/about/). Diakses tanggal 23 Februari 2016 Pukul 15.20 WIB.
- [8] Sakamautoservice “Lampu lalu lintas canggih di Washington bisa deteksi kemacetan”. [http:// www.sakamautoservice.com/ 2015/ 05/ lampu- lalu-lintas- canggih- di- washington- bisa-deteksi- kemacetan. html](http://www.sakamautoservice.com/2015/05/lampu-lalu-lintas-canggih-di-washington-bisa-deteksi-kemacetan.html). Diakses tanggal 23 Februari 2016 Pukul 15.25 WIB.
- [9] Tribun News. *Jumlah kendaraan di Indonesia*. [http:// www.tribunnews.com/ otomotif/ 2014/ 04/ 15/ jumlah-kendaraan- di-indonesia- capai- 104211- juta- unit](http://www.tribunnews.com/otomotif/2014/04/15/jumlah-kendaraan-di-indonesia-capai-104211-juta-unit). Diakses tanggal 23 Februari 2016 Pukul 15.30 WIB.
- [10] National Instruments. 2014. *LIFA*. [https:// decibel.ni.com/ content/ groups/ labview- interface- for- arduino](https://decibel.ni.com/content/groups/labview-interface-for-arduino). Diakses tanggal 23 Februari 2016 Pukul 15.35 WIB.
- [11] Arduino. 2014. <http://www.arduino.cc>. Diakses tanggal 23 Februari 2016 Pukul 15.40 WIB.
- [12] Ilmu Sipil. 2014. *Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi*. [http:// www.ilmusipil.com/ klasifikasi- jalan- menurut- fungsi](http://www.ilmusipil.com/klasifikasi-jalan-menurut-fungsi). Diakses tanggal 23 Februari 2016 Pukul 15.35 WIB.